

# Modulhandbuch

*M.Sc. Materials Science and Engineering*  
Studiengangsbündel Interdisciplinary Engineering  
Technische Universität München

[www.tum.de/](http://www.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 1107

### [20221] Materials Science and Engineering | Materials Science and Engineering

<b>Master's Thesis</b>   Master's Thesis	24
<b>[ED100053] Master's Thesis Materials Science and Engineering</b>   Master's Thesis Materials Science and Engineering	24 - 26
<b>Required Modules</b>   Required Modules	27
<b>[BGU35016] Advanced Rheology</b>   Advanced Rheology [Advanced Rheology ]	27 - 29
<b>[MA9805] Mathematical Modeling of Materials</b>	30 - 31
<b>[MW2359] Multiscale Modeling</b>   Multiscale Modeling	32 - 34
<b>[MW2360] Probability Theory and Uncertainty Quantification</b>   Probability Theory and Uncertainty Quantification	35 - 37
<b>[MW2361] Physics of Fluids</b>   Physics of Fluids	38 - 40
<b>[MW2368] Nonlinear Continuum Mechanics</b>   Nonlinear Continuum Mechanics	41 - 43
<b>[PH9031] Materialwissenschaften (MS&amp;E)</b>   Materials Sciences (MS&E)	44 - 45
<b>[PH9032] Mess- und Sensortechnologie (MS&amp;E)</b>   Measurement and Sensor Technology (MS&E)	46 - 48
<b>[E1_MMP] Multiscale Material Principles (Electives I)</b>   Multiscale Material Principles (Electives I)	49
<b>[ED010002] Recognized Modules</b>   Recognized Modules	49 - 50
<b>[BV330003] Computational Plasticity</b>   Computational Plasticity [Bau-CompPlas]	51 - 52
<b>[BV330004] Fracture &amp; Damage</b>   Fracture & Damage [Bau-Fracdam]	53 - 54
<b>[BV490049T2] Mineralische Rohstoffe 1</b>   Mineral Resources 1 [W-02]	55 - 57
<b>[CH4108] Quantenmechanik</b>   Quantum Mechanics	58 - 60
<b>[ED130005] Probabilistische Ersatzmodellierung</b>   Uncertainty Quantification with Surrogate Models	61 - 62
<b>[ED160034] Kunststoffcharakterisierung und -analyse</b>   Analysis and Testing of Plastics [AToP]	63 - 65
<b>[EI71066] Simulation of Semiconductor Properties</b>   Simulation of Semiconductor Properties [SSP]	66 - 68
<b>[EI73751] Quantum Nanoelectronics</b>   Quantum Nanoelectronics	69 - 70
<b>[EI7388] Technologie der III-V-Halbleiterbauelemente</b>   Technology of III/V Semiconductor Devices	71 - 72
<b>[MW0136] Verbrennung</b>   Combustion	73 - 74
<b>[MW0357] Gasdynamik</b>   Gas Dynamics [Gdy]	75 - 77
<b>[MW0357] Gasdynamik</b>   Gas Dynamics [Gdy]	78 - 80
<b>[MW0595] Turbulente Strömungen</b>   Turbulent Flows [TS]	81 - 82
<b>[MW0798] Grenzschichttheorie</b>   Boundary-Layer Theory [GST]	83 - 84

<b>[MW1394] Faser-, Matrix-, und Verbundwerkstoffe mit ihren Eigenschaften</b>   Composite Materials and Structure-Property Relationship [FME]	85 - 87
<b>[MW1412] Prozesssimulation und Materialmodellierung von Composites</b>   Process Simulation and Material Modelling of Composites [PMC]	88 - 90
<b>[MW1948] Biomaterialcharakterisierung für Ingenieure</b>   Characterization of Biomaterials for Engineers [BCI]	91 - 92
<b>[MW2217] Plasma-Material-Wechselwirkung</b>   Plasma Material Interaction	93 - 94
<b>[MW2458] Werkstoffe in der Füge- und Additiven Fertigung</b>   Materials in Joining and Additive Manufacturing	95 - 97
<b>[PH2027] Nichtlineare Dynamik und komplexe Systeme 1</b>   Nonlinear Dynamics and Complex Systems 1	98 - 100
<b>[PH2046] Polymerphysik 1</b>   Polymer Physics 1	101 - 103
<b>[PH2048] Nanostrukturierte, Weiche Materialien 1</b>   Nanostructured Soft Materials 1	104 - 106
<b>[PH2071] Grundlagen der Oberflächen- und Nanowissenschaften</b>   Fundamentals of Surface and Nanoscale Science	107 - 108
<b>[PH2104] Nanomaterialien 1</b>   Nano Materials 1	109 - 110
<b>[PH2134] Analyse von neuartigen funktionellen Materialien mit Synchrotronstrahlung: Techniken und Anwendungen</b>   Advanced Materials Analysis with Synchrotron Radiation: Techniques and Applications	111 - 113
<b>[PH2166] Physik und Chemie funktionaler Grenzflächen</b>   Physics and Chemistry of Functional Interfaces	114 - 115
<b>[PH2170] Nanoelektronik und Nanooptik</b>   Nanoelectronics and Nanooptics	116 - 117
<b>[PH2173] Nanoplasmonik</b>   Nanoplasmonics	118 - 119
<b>[PH2189] Halbleitersynthese und Nanoanalytik</b>   Semiconductor Synthesis and Nanoanalytics	120 - 122
<b>[PH2189] Halbleitersynthese und Nanoanalytik</b>   Semiconductor Synthesis and Nanoanalytics	123 - 125
<b>[PH2196] Fusionsforschung</b>   Fusion Research	126 - 128
<b>[PH2201] Energie-Materialien 1</b>   Energy Materials 1	129 - 130
<b>[PH2218] Materialphysik auf atomarer Skala 1</b>   Materials Physics on an Atomistic Scale 1	131 - 133
<b>[E1_MCTS] Material Characterization, Testing &amp; Surveillance (Electives I)</b>   Material Characterization, Testing & Surveillance (Electives I)	134
<b>[ED010002] Recognized Modules</b>   Recognized Modules	134 - 135
<b>[LS50017] Polymers in Wood Science and Technology</b>   Polymers in Wood Science and Technology	136 - 138
<b>[BV330003] Computational Plasticity</b>   Computational Plasticity [Bau-CompPlas]	139 - 140

<b>[BV330004] Fracture &amp; Damage</b>   Fracture & Damage [Bau-Fracdam]	141 - 142
<b>[BV640007] Zerstörungsfreie Prüfung</b>   Non-destructive Testing	143 - 146
<b>[CH0805] Spektroskopische Methoden</b>   Spectroscopical Methods	147 - 149
<b>[CH3063] Angewandte Elektrochemie</b>   Applied Electrochemistry	150 - 152
<b>[CH3065] Grundlagen der Elektrochemie</b>   Fundamental Electrochemistry	153 - 155
<b>[CH3070] Zeitabhängige Spektroskopie</b>   Time-dependent Spectroscopy	156 - 157
<b>[ED160034] Kunststoffcharakterisierung und -analyse</b>   Analysis and Testing of Plastics [AToP]	158 - 160
<b>[ED170003] Wood and Biomaterials Mechanics and Physics</b>   Wood and Biomaterials Mechanics and Physics [WBMP]	161 - 162
<b>[ME0012] Auslegung, Herstellung und Prüfung medizinischer Implantate</b>   Design, Production and Testing of Biomedical Implants [AHPmedI]	163 - 164
<b>[MW1948] Biomaterialcharakterisierung für Ingenieure</b>   Characterization of Biomaterials for Engineers [BCI]	165 - 166
<b>[MW1995] Experimentelle Schwingungsanalyse</b>   Experimental Vibration Analysis [ExSa]	167 - 168
<b>[MW2152] Modeling, Control and Design of Wind Energy Systems</b>   Modeling, Control and Design of Wind Energy Systems	169 - 171
<b>[MW2463] Additive Fertigung mit Kunststoffen</b>   Additive Manufacturing with Plastics	172 - 173
<b>[PH1317] Neutronen in Forschung und Industrie</b>   Neutrons in Research and Industry	174 - 175
<b>[PH2046] Polymerphysik 1</b>   Polymer Physics 1	176 - 178
<b>[PH2047] Polymerphysik 2</b>   Polymer Physics 2	179 - 181
<b>[PH2107] Magnetische und elektronische Messverfahren</b>   Magnetic and Electronic Measurement Techniques	182 - 184
<b>[PH2134] Analyse von neuartigen funktionellen Materialien mit Synchrotronstrahlung: Techniken und Anwendungen</b>   Advanced Materials Analysis with Synchrotron Radiation: Techniques and Applications	185 - 187
<b>[PH2140] Nanoscience mittels Rastersondenmikroskopie</b>   Nanoscience using Scanning Probe Microscopy	188 - 189
<b>[PH2173] Nanoplasmonik</b>   Nanoplasmonics	190 - 191
<b>[E1_MiEA] Materials in Engineering Applications (Electives I)</b>   Materials in Engineering Applications (Electives I)	192
<b>[ED010002] Recognized Modules</b>   Recognized Modules	192 - 193
<b>[BV330003] Computational Plasticity</b>   Computational Plasticity [Bau-CompPlas]	194 - 195
<b>[BV330004] Fracture &amp; Damage</b>   Fracture & Damage [Bau-Fracdam]	196 - 197
<b>[BV640006] Zerstörungsfreie Prüfung im Ingenieurwesen</b>   Non-destructive Testing in Engineering	198 - 200
<b>[CH3063] Angewandte Elektrochemie</b>   Applied Electrochemistry	201 - 203

<b>[CH3065] Grundlagen der Elektrochemie</b>   Fundamental Electrochemistry	204 - 206
<b>[CH3099] Polymerisationstechnik</b>   Technical Polymerisation	207 - 209
<b>[CH4108] Quantenmechanik</b>   Quantum Mechanics	210 - 212
<b>[ED160034] Kunststoffcharakterisierung und -analyse</b>   Analysis and Testing of Plastics [AToP]	213 - 215
<b>[ED170003] Wood and Biomaterials Mechanics and Physics</b>   Wood and Biomaterials Mechanics and Physics [WBMP]	216 - 217
<b>[EI71066] Simulation of Semiconductor Properties</b>   Simulation of Semiconductor Properties [SSP]	218 - 220
<b>[EI73751] Quantum Nanoelectronics</b>   Quantum Nanoelectronics	221 - 222
<b>[EI7388] Technologie der III-V-Halbleiterbauelemente</b>   Technology of III/V Semiconductor Devices	223 - 224
<b>[IN2026] Wissenschaftliche Visualisierung</b>   Scientific Visualization	225 - 226
<b>[IN2182] Praktikum Scientific Computing (CSE)</b>   Scientific Computing Lab	227 - 229
<b>[MW0136] Verbrennung</b>   Combustion	230 - 231
<b>[MW0510] Flugantriebe 1 und Gasturbinen</b>   Flight Propulsions 1 and Gas Turbines [FA1]	232 - 234
<b>[MW0595] Turbulente Strömungen</b>   Turbulent Flows [TS]	235 - 236
<b>[MW0612] Finite Elemente</b>   Finite Elements [FE]	237 - 238
<b>[MW0620] Nichtlineare Finite-Element-Methoden</b>   Nonlinear Finite Element Methods [NiliFEM]	239 - 240
<b>[MW0799] Einführung in die Kernenergie</b>   Introduction to Nuclear Energy [NUK 1]	241 - 242
<b>[MW1392] Fertigungsverfahren für Composite-Bauteile</b>   Production Technologies for Composite Parts [FCB]	243 - 244
<b>[MW1393] Auslegung und Bauweisen von Composite Strukturen</b>   Analysis and Design of Composite Structures [ADCS]	245 - 247
<b>[MW1394] Faser-, Matrix-, und Verbundwerkstoffe mit ihren Eigenschaften</b>   Composite Materials and Structure-Property Relationship [FME]	248 - 250
<b>[MW1412] Prozesssimulation und Materialmodellierung von Composites</b>   Process Simulation and Material Modelling of Composites [PMC]	251 - 253
<b>[MW1419] Thermodynamics for Energy Conversion</b>   Thermodynamics for Energy Conversion [TEC]	254 - 256
<b>[MW1532] Thermal Power Plants (MSPE)</b>   Thermal Power Plants (MSPE)	257 - 259
<b>[MW1948] Biomaterialcharakterisierung für Ingenieure</b>   Characterization of Biomaterials for Engineers [BCI]	260 - 261
<b>[MW2152] Modeling, Control and Design of Wind Energy Systems</b>   Modeling, Control and Design of Wind Energy Systems	262 - 264

<b>[MW2458] Werkstoffe in der Fügetechnik und Additiven Fertigung  </b> Materials in Joining and Additive Manufacturing	265 - 267
<b>[MW2463] Additive Fertigung mit Kunststoffen  </b> Additive Manufacturing with Plastics	268 - 269
<b>[MW2476] Additive Fertigung mit Metallen  </b> Additive Manufacturing with Metals [AFM]	270 - 271
<b>[MW2479] Bioprinting: Fundamentals and Applications  </b> Bioprinting: Fundamentals and Applications [Bioprinting]	272 - 274
<b>[PH2172] Zweidimensionale Materialien  </b> Two Dimensional Materials	275 - 278
<b>[PH2189] Halbleitersynthese und Nanoanalytik  </b> Semiconductor Synthesis and Nanoanalytics	279 - 281
<b>[PH2201] Energie-Materialien 1  </b> Energy Materials 1	282 - 283
<b>[PH2291] Optische Spektroskopie von Halbleiter-Nanomaterialien und Nanostrukturen  </b> Optical Spectroscopy of Semiconductor Nanomaterials and Nanostructures	284 - 285
<b>[E1_UQaMM] Uncertainty Quantification and Mathematical Modeling (Electives I)  </b> Uncertainty Quantification and Mathematical Modeling (Electives I)	286
<b>[ED010002] Recognized Modules  </b> Recognized Modules	286 - 287
<b>[BGU60020] Risikoanalyse  </b> Risk Analysis [RA]	288 - 290
<b>[BV330003] Computational Plasticity  </b> Computational Plasticity [Bau- CompPlas]	291 - 292
<b>[BV330004] Fracture &amp; Damage  </b> Fracture & Damage [Bau-Fracdam]	293 - 294
<b>[BV600001] Risikoanalyse  </b> Risk Analysis [RA1]	295 - 297
<b>[CH3333] Fortgeschrittene elektronische Struktur  </b> Advanced Electronic Structure	298 - 299
<b>[ED130005] Probabilistische Ersatzmodellierung  </b> Uncertainty Quantification with Surrogate Models	300 - 301
<b>[ED160034] Kunststoffcharakterisierung und -analyse  </b> Analysis and Testing of Plastics [AToP]	302 - 304
<b>[EI0671] Simulation elektromechanischer Aktoren  </b> Simulation of Electromechanical Actuators	305 - 306
<b>[EI71055] Computational Materials Design  </b> Computational Materials Design [CMD]	307 - 309
<b>[IN2026] Wissenschaftliche Visualisierung  </b> Scientific Visualization	310 - 311
<b>[IN2124] Basic Mathematical Methods for Imaging and Visualization  </b> Basic Mathematical Methods for Imaging and Visualization	312 - 314
<b>[IN2182] Praktikum Scientific Computing (CSE)  </b> Scientific Computing Lab	315 - 317
<b>[MA4803] Probabilistische Techniken und Algorithmen in der Datenanalyse  </b> Probabilistic Techniques and Algorithms in Data Analysis	318 - 320
<b>[MW0376] Biofluid Mechanics  </b> Biofluid Mechanics	321 - 322

<b>[MW0595] Turbulente Strömungen</b>   Turbulent Flows [TS]	323 - 324
<b>[MW0612] Finite Elemente</b>   Finite Elements [FE]	325 - 326
<b>[MW0620] Nichtlineare Finite-Element-Methoden</b>   Nonlinear Finite Element Methods [NiliFEM]	327 - 328
<b>[MW0798] Grenzschichttheorie</b>   Boundary-Layer Theory [GST]	329 - 330
<b>[MW1412] Prozesssimulation und Materialmodellierung von Composites</b>   Process Simulation and Material Modelling of Composites [PMC]	331 - 333
<b>[MW1628] Angewandte CFD</b>   Applied CFD	334 - 335
<b>[MW1746] Advanced Parallel Computing and Solvers for Large Problems in Engineering</b>   Advanced Parallel Computing and Solvers for Large Problems in Engineering [ParComp]	336 - 337
<b>[MW2335] Numerische Kontakt- und Interfacemechanik</b>   Computational contact and interface mechanics [CCIM]	338 - 340
<b>[MW2337] Numerische Methoden für Erhaltungsgleichungen</b>   Numerical Methods for Conservation Laws [NME]	341 - 342
<b>[MW2450] Physikbasiertes Machine Learning</b>   Physics-Informed Machine Learning [PhysML]	343 - 344
<b>[MW2453] Diskontinuierliche Galerkin-Verfahren in der Numerischen Simulation</b>   Discontinuous Galerkin Methods for Numerical Simulation [DisGal]	345 - 347
<b>[PH2019] Molekulardynamik-Simulationen</b>   Molecular Dynamics Simulations	348 - 350
<b>Uncertainty Quantification and Mathematical Modeling (Multiphase) (Electives I)</b>   Uncertainty Quantification and Mathematical Modeling (Multiphase) (Electives I)	351
<b>[ED140025] Multiphaseflow in Engineering Systems</b>   Multiphaseflow in Engineering Systems	351 - 354
<b>[E2_IE] Individuell Electives (Electives II)</b>   Individuell Electives (Electives II)	355
<b>General Module (Electives II)</b>   General Modules (Electives II)	355
<b>[ED010002] Recognized Modules</b>   Recognized Modules	355 - 356
<b>[BGU42012T2] Bruchmechanik und Ermüdung</b>   Fatigue and Fracture [Bruchmechanik und Ermüdung]	357 - 359
<b>[BGU60019] Stochastische Finite Elemente Methode</b>   Stochastic Finite Element Methods [SFEM]	360 - 362
<b>[BV600001] Risikoanalyse</b>   Risk Analysis [RA1]	363 - 365
<b>[BV600004] Zuverlässigkeitstheorie</b>   Structural Reliability [SR]	366 - 368
<b>[ED160034] Kunststoffcharakterisierung und -analyse</b>   Analysis and Testing of Plastics [AToP]	369 - 371

<b>[ED160037] Circular Economy Spotlights: Technologische Innovationen und Nachhaltigkeitsperspektiven der Kreislaufwirtschaft</b>   Circular Economy Spotlights: Technological Innovations and Sustainable Perspectives of the Circular Economy	372 - 375
<b>[IN2379] Fortgeschrittene Datenverarbeitungs- und Visualisierungstechniken</b>   Advanced Data Handling and Visualization Techniques	376 - 378
<b>[IN2379] Fortgeschrittene Datenverarbeitungs- und Visualisierungstechniken</b>   Advanced Data Handling and Visualization Techniques	379 - 381
<b>[MW0357] Gasdynamik</b>   Gas Dynamics [Gdy]	382 - 384
<b>[MW0510] Flugantriebe 1 und Gasturbinen</b>   Flight Propulsions 1 and Gas Turbines [FA1]	385 - 387
<b>[MW0595] Turbulente Strömungen</b>   Turbulent Flows [TS]	388 - 389
<b>[MW0620] Nichtlineare Finite-Element-Methoden</b>   Nonlinear Finite Element Methods [NiliFEM]	390 - 391
<b>[MW0798] Grenzschichttheorie</b>   Boundary-Layer Theory [GST]	392 - 393
<b>[MW0799] Einführung in die Kernenergie</b>   Introduction to Nuclear Energy [NUK 1]	394 - 395
<b>[MW0877] Aerodynamik des Flugzeugs 2</b>   Aerodynamics of Aircraft 2 [Aero II]	396 - 397
<b>[MW1419] Thermodynamics for Energy Conversion</b>   Thermodynamics for Energy Conversion [TEC]	398 - 400
<b>[MW1532] Thermal Power Plants (MSPE)</b>   Thermal Power Plants (MSPE)	401 - 403
<b>[MW1628] Angewandte CFD</b>   Applied CFD	404 - 405
<b>[MW1692] Aeroakustik</b>   Aeroacoustics [AA]	406 - 407
<b>[MW2228] Aeroelastik</b>   Aeroelasticity	408 - 409
<b>[PH2027] Nichtlineare Dynamik und komplexe Systeme 1</b>   Nonlinear Dynamics and Complex Systems 1	410 - 412
<b>[PH2028] Nichtlineare Dynamik und komplexe Systeme 2</b>   Nonlinear Dynamics and Complex Systems 2	413 - 415
<b>[PH2194] Turbulenter Transport in Fusionsplasmen</b>   Turbulent Transport in Fusion Plasmas	416 - 417
<b>[PH2201] Energie-Materialien 1</b>   Energy Materials 1	418 - 419
<b>[PH2207] Energie-Materialien 2</b>   Energy Materials 2	420 - 421
<b>Multiscale Material Principles (Electives II)</b>   Multiscale Material Principles (Electives II)	422
<b>[ED010002] Recognized Modules</b>   Recognized Modules	422 - 423
<b>[BGU37016] Anwendungsgerechte Optimierung mineralischer Baustoffe</b>   Optimization of building materials for practical applications	424 - 426
<b>[BGU43012T2] Technische Akustik</b>   Technical Acoustics	427 - 429

<b>[BGU51024] Holz im Bauwesen   Timber in Construction</b>	430 - 431
<b>[BGU53045] Geodätische Sensorik und Methodik 1   Geodetic Sensors and Methods 1</b>	432 - 434
<b>[BGU53046] Geodätische Sensorik und Methodik 2   Geodetic Sensors and Methods 2</b>	435 - 437
<b>[BGU60017] Probabilistische Lebenszyklusanalyse und Unterhaltsmanagement von Infrastrukturbauten   Probabilistic Life Cycle Analysis and Integrity Management of Infrastructures</b>	438 - 440
<b>[BV490050T2] Mineralische Rohstoffe 2   Mineral Resources 2 [W-03]</b>	441 - 443
<b>[CH0300] Angewandte Biopolymere und Biomaterialien   Applied Biopolymers and Biomaterials</b>	444 - 446
<b>[CH0805] Spektroskopische Methoden   Spectroscopical Methods</b>	447 - 449
<b>[CH0852] Bauchemische Materialien   Construction Chemicals and Materials</b>	450 - 451
<b>[CH3008] Hybridmaterialien - Struktur-Funktionsbeziehungen   Hybrid Materials - Structure-Function-Relationships</b>	452 - 453
<b>[CH3009] Festkörpermateriale: Vom Design über die Chemie bis zu funktionalen Bauelementen   Solid State Materials: From Design, Chemistry to Functional Devices</b>	454 - 455
<b>[CH3154] Nanomaterialien   Nano Materials</b>	456 - 457
<b>[CH3334] Methoden der molekularen Simulation   Methods of Molecular Simulation</b>	458 - 459
<b>[CIT4430005] Photonic Quantum Technologies   Photonic Quantum Technologies</b>	460 - 461
<b>[ED120057] Naturbaustoffe   Natural Building Materials</b>	462 - 464
<b>[ED120122] Architektonische Oberflächenmaterialien wissenschaftlich erforschen   Unveiling architectural surface materials through science</b>	465 - 467
<b>[ED140016] Computational Flow Stability and Transition   Computational Flow Stability and Transition</b>	468 - 470
<b>[EI70740] Nanotechnology for Energy Systems   Nanotechnology for Energy Systems [NTES]</b>	471 - 473
<b>[EI70760] Simulation of Quantum Devices   Simulation of Quantum Devices [SQD]</b>	474 - 475
<b>[EI71055] Computational Materials Design   Computational Materials Design [CMD]</b>	476 - 478
<b>[IN2298] Advanced Deep Learning for Physics   Advanced Deep Learning for Physics</b>	479 - 481
<b>[MW0040] Fertigungstechnologien   Production Engineering</b>	482 - 484

<b>[MW0254] Werkstoffe für Motoren und Antriebssysteme: Luftstrahlantriebe, extreme Anforderungen an besondere Materialien</b>   Materials for Engines and Propulsion Systems: Jet Engines, Extreme Requirements on Special Materials [WfMuA - L]	485 - 487
<b>[MW1384] Kohlenstoff und Graphit - Hochleistungswerkstoffe für Schlüsselindustrien</b>   Carbon and Graphite - High Performance Materials for Key Industries [C&G]	488 - 490
<b>[MW1393] Auslegung und Bauweisen von Composite Strukturen</b>   Analysis and Design of Composite Structures [ADCS]	491 - 493
<b>[MW1419] Thermodynamics for Energy Conversion</b>   Thermodynamics for Energy Conversion [TEC]	494 - 496
<b>[MW1532] Thermal Power Plants (MSPE)</b>   Thermal Power Plants (MSPE)	497 - 499
<b>[MW1692] Aeroakustik</b>   Aeroacoustics [AA]	500 - 501
<b>[MW2228] Aeroelastik</b>   Aeroelasticity	502 - 503
<b>[PH1006] Theorie stochastischer Prozesse</b>   Theory of Stochastic Processes	504 - 506
<b>[PH1317] Neutronen in Forschung und Industrie</b>   Neutrons in Research and Industry	507 - 508
<b>[PH1413] Elektrisch geladene Fest/Flüssig-Grenzflächen: von der Theorie zu Anwendungen</b>   Electrified Solid/Liquid Interfaces: from Theory to Applications	509 - 510
<b>[PH2019] Molekulardynamik-Simulationen</b>   Molecular Dynamics Simulations	511 - 513
<b>[PH2028] Nichtlineare Dynamik und komplexe Systeme 2</b>   Nonlinear Dynamics and Complex Systems 2	514 - 516
<b>[PH2035] Plasmaphysik 1</b>   Plasma Physics 1	517 - 519
<b>[PH2036] Plasmaphysik 2</b>   Plasma Physics 2	520 - 522
<b>[PH2038] Flüssigkeiten ohne Stöße: Einführung in die kinetische Plasmaphysik</b>   Fluids without Collisions: Introduction to Kinetic Plasma Physics	523 - 524
<b>[PH2047] Polymerphysik 2</b>   Polymer Physics 2	525 - 527
<b>[PH2049] Nanostrukturierte, Weiche Materialien 2</b>   Nanostructured Soft Materials 2	528 - 530
<b>[PH2072] Aktuelle Themengebiete der Oberflächen- und Nanowissenschaften</b>   Frontiers of Surface and Nanoscale Science	531 - 533
<b>[PH2105] Nanomaterialien 2</b>   Nano Materials 2	534 - 535
<b>[PH2140] Nanoscience mittels Rastersondenmikroskopie</b>   Nanoscience using Scanning Probe Microscopy	536 - 537
<b>[PH2169] Strukturierte Photonische Nanomaterialien</b>   Structured Photonic Nano-Materials	538 - 539

<b>[PH2191] Strukturaufklärung, Bauprinzipien und Synthese kristalliner Materialien in zwei und drei Dimensionen</b>   Structure Determination, Building Principles, and Synthesis of Crystalline Materials in Two and Three Dimensions	540 - 542
<b>[PH2194] Turbulenter Transport in Fusionsplasmen</b>   Turbulent Transport in Fusion Plasmas	543 - 544
<b>[PH2207] Energie-Materialien 2</b>   Energy Materials 2	545 - 546
<b>[PH2219] Materialphysik auf atomarer Skala 2</b>   Materials Physics on an Atomistic Scale 2	547 - 550
<b>[PH2223] Vakuum, Oberflächen und dünne Schichten</b>   Vacuum, Surfaces and Thin Films	551 - 552
<b>[PH2255] Nano- und Optomechanik</b>   Nano- and Optomechanics	553 - 554
<b>[PH2283] Topologische Elektronik und Materialien</b>   Topological Electronics and Materials	555 - 556
<b>[PH2290] Halbleiter-Quantenelektronik</b>   Semiconductor Quantum Electronics	557 - 558
<b>Uncertainty Quantification and Mathematical Modeling (Electives II)</b>   Uncertainty Quantification and Mathematical Modeling (Electives II)	559
<b>[ED010002] Recognized Modules</b>   Recognized Modules	559 - 560
<b>[BGU51024] Holz im Bauwesen</b>   Timber in Construction	561 - 562
<b>[BGU53045] Geodätische Sensorik und Methodik 1</b>   Geodetic Sensors and Methods 1	563 - 565
<b>[BGU53046] Geodätische Sensorik und Methodik 2</b>   Geodetic Sensors and Methods 2	566 - 568
<b>[BGU60017] Probabilistische Lebenszyklusanalyse und Unterhaltsmanagement von Infrastrukturbauten</b>   Probabilistic Life Cycle Analysis and Integrity Management of Infrastructures	569 - 571
<b>[BGU60018] Abschätzung von seltenen Ereignissen und Versagenswahrscheinlichkeiten</b>   Estimation of Rare Events and Failure Probabilities	572 - 574
<b>[BGU60021] Risikobewertung und Systemzuverlässigkeit</b>   Risk Assessment and Reliability of Engineering Systems [RA&SR]	575 - 577
<b>[BV600004] Zuverlässigkeitstheorie</b>   Structural Reliability [SR]	578 - 580
<b>[CH0300] Angewandte Biopolymere und Biomaterialien</b>   Applied Biopolymers and Biomaterials	581 - 583
<b>[CH3008] Hybridmaterialien - Struktur-Funktionsbeziehungen</b>   Hybrid Materials - Structure-Function-Relationships	584 - 585
<b>[CH3009] Festkörpermateriale: Vom Design über die Chemie bis zu funktionalen Bauelementen</b>   Solid State Materials: From Design, Chemistry to Functional Devices	586 - 587
<b>[CH3154] Nanomaterialien</b>   Nano Materials	588 - 589

<b>[CH3334] Methoden der molekularen Simulation</b>   Methods of Molecular Simulation	590 - 591
<b>[ED120122] Architektonische Oberflächenmaterialien wissenschaftlich erforschen</b>   Unveiling architectural surface materials through science	592 - 594
<b>[ED140016] Computational Flow Stability and Transition</b>   Computational Flow Stability and Transition	595 - 597
<b>[ED170002] Microstructural Modifications through Additive Manufacturing</b>   Microstructural Modifications through Additive Manufacturing	598 - 599
<b>[EI71101] Computational Methods for Nanoelectronics: Quantum Models</b>   Computational Methods for Nanoelectronics: Quantum Models [CMN-QM]	600 - 602
<b>[IN0008] Grundlagen: Datenbanken</b>   Fundamentals of Databases	603 - 604
<b>[IN2001] Algorithms for Scientific Computing</b>   Algorithms for Scientific Computing	605 - 607
<b>[IN2023] Bildverstehen I: Methoden der industriellen Bildverarbeitung</b>   Image Understanding I: Machine Vision Algorithms	608 - 609
<b>[IN2118] Database Systems on Modern CPU Architectures</b>   Database Systems on Modern CPU Architectures	610 - 611
<b>[IN2298] Advanced Deep Learning for Physics</b>   Advanced Deep Learning for Physics	612 - 614
<b>[IN2346] Introduction to Deep Learning</b>   Introduction to Deep Learning	615 - 616
<b>[MA5610] Statistical Inference for Stochastic Biochemical Processes</b>   Statistical Inference for Stochastic Biochemical Processes [PE 2]	617 - 619
<b>[MW0040] Fertigungstechnologien</b>   Production Engineering	620 - 622
<b>[MW0254] Werkstoffe für Motoren und Antriebssysteme: Luftstrahlantriebe, extreme Anforderungen an besondere Materialien</b>   Materials for Engines and Propulsion Systems: Jet Engines, Extreme Requirements on Special Materials [WfMuA - L]	623 - 625
<b>[MW0254] Werkstoffe für Motoren und Antriebssysteme: Luftstrahlantriebe, extreme Anforderungen an besondere Materialien</b>   Materials for Engines and Propulsion Systems: Jet Engines, Extreme Requirements on Special Materials [WfMuA - L]	626 - 628
<b>[MW0416] Strömungsphysik und Modellgesetze</b>   Flow Physics and Similarity Laws [Strö. Physik]	629 - 630
<b>[MW0642] An Introduction to Microfluidic Simulations</b>   An Introduction to Microfluidic Simulations	631 - 632
<b>[MW0696] Particle-Simulation Methods for Fluid Dynamics</b>   Particle-Simulation Methods for Fluid Dynamics [PSM]	633 - 635
<b>[MW1393] Auslegung und Bauweisen von Composite Strukturen</b>   Analysis and Design of Composite Structures [ADCS]	636 - 638

<b>[MW1817] Biomechanik - Grundlagen und Modellbildung  </b> Biomechanics - Fundamentals and Modeling	639 - 641
<b>[MW2089] Seminar Kerntechnische Sicherheitsprinzipien   Seminar</b> Nuclear Safety Principles [Seminar ]	642 - 644
<b>[MW2228] Aeroelastik   Aeroelasticity</b>	645 - 646
<b>[MW2461] Machine Learning and Uncertainty Quantification for Physics-Based Models   Machine Learning and Uncertainty Quantification for Physics-Based Models [MLUQPBM]</b>	647 - 649
<b>[PH2047] Polymerphysik 2   Polymer Physics 2</b>	650 - 652
<b>Materials in Engineering Applications (Electives II)   Materials in Engineering Applications (Electives II)</b>	653
<b>[ED010002] Recognized Modules   Recognized Modules</b>	653 - 654
<b>[BGU35013] Grundlagen der Lebensdauerbemessung und Instandhaltung von Massivbauwerken   Basics of Service Life Design, Protection and Rehabilitation of Reinforced Concrete Structures [Grundlagen der Lebensdauerbemessung und Instandhaltung von Massivbauwerken]</b>	655 - 657
<b>[BGU37016] Anwendungsgerechte Optimierung mineralischer Baustoffe   Optimization of building materials for practical applications</b>	658 - 660
<b>[BGU43012T2] Technische Akustik   Technical Acoustics</b>	661 - 663
<b>[BGU51024] Holz im Bauwesen   Timber in Construction</b>	664 - 665
<b>[BGU53045] Geodätische Sensorik und Methodik 1   Geodetic Sensors and Methods 1</b>	666 - 668
<b>[BGU53046] Geodätische Sensorik und Methodik 2   Geodetic Sensors and Methods 2</b>	669 - 671
<b>[BGU60017] Probabilistische Lebenszyklusanalyse und Unterhaltsmanagement von Infrastrukturbauten   Probabilistic Life Cycle Analysis and Integrity Management of Infrastructures</b>	672 - 674
<b>[BGU60021] Risikobewertung und Systemzuverlässigkeit   Risk Assessment and Reliability of Engineering Systems [RA&amp;SR]</b>	675 - 677
<b>[BV350003] Lebensdauerbemessung sowie Schutz und Instandsetzung von Stahlbetonbauteilen   Life Cycle Design, Protection and Rehabilitation of Reinforced Concrete</b>	678 - 679
<b>[CH0300] Angewandte Biopolymere und Biomaterialien   Applied Biopolymers and Biomaterials</b>	680 - 682
<b>[CH3008] Hybridmaterialien - Struktur-Funktionsbeziehungen   Hybrid Materials - Structure-Function-Relationships</b>	683 - 684
<b>[CH3009] Festkörpermateriale: Vom Design über die Chemie bis zu funktionalen Bauelementen   Solid State Materials: From Design, Chemistry to Functional Devices</b>	685 - 686
<b>[CH3154] Nanomaterialien   Nano Materials</b>	687 - 688

<b>[ED120122] Architektonische Oberflächenmaterialien</b>	689 - 691
wissenschaftlich erforschen   Unveiling architectural surface materials through science	
<b>[ED140016] Computational Flow Stability and Transition  </b>	692 - 694
Computational Flow Stability and Transition	
<b>[ED170002] Microstructural Modifications through Additive Manufacturing  </b>	695 - 696
Microstructural Modifications through Additive Manufacturing	
<b>[EI70760] Simulation of Quantum Devices  </b>	697 - 698
Simulation of Quantum Devices [SQD]	
<b>[EI71055] Computational Materials Design  </b>	699 - 701
Computational Materials Design [CMD]	
<b>[IN2124] Basic Mathematical Methods for Imaging and Visualization  </b>	702 - 704
Basic Mathematical Methods for Imaging and Visualization	
<b>[IN2298] Advanced Deep Learning for Physics  </b>	705 - 707
Advanced Deep Learning for Physics	
<b>[ME0012] Auslegung, Herstellung und Prüfung medizinischer Implantate  </b>	708 - 709
Design, Production and Testing of Biomedical Implants [AHPmedI]	
<b>[MW0007] Aerodynamik des Flugzeugs 1  </b>	710 - 712
Aerodynamics of Aircraft 1 [Aero I]	
<b>[MW0017] Medizintechnik 2 - ein organsystembasierter Ansatz  </b>	713 - 715
Medical Technology 2 - An Organ System Based Approach	
<b>[MW0040] Fertigungstechnologien  </b>	716 - 718
Production Engineering	
<b>[MW0056] Medizintechnik 1 - ein organsystembasierter Ansatz  </b>	719 - 721
Medical Technology 1 - An Organ System Based Approach	
<b>[MW0254] Werkstoffe für Motoren und Antriebssysteme: Luftstrahlantriebe, extreme Anforderungen an besondere Materialien  </b>	722 - 724
Materials for Engines and Propulsion Systems: Jet Engines, Extreme Requirements on Special Materials [WfMuA - L]	
<b>[MW0416] Strömungsphysik und Modellgesetze  </b>	725 - 726
Flow Physics and Similarity Laws [Strö. Physik]	
<b>[MW0798] Grenzschichttheorie  </b>	727 - 728
Boundary-Layer Theory [GST]	
<b>[MW1384] Kohlenstoff und Graphit - Hochleistungswerkstoffe für Schlüsselindustrien  </b>	729 - 731
Carbon and Graphite - High Performance Materials for Key Industries [C&G]	
<b>[MW1692] Aeroakustik  </b>	732 - 733
Aeroacoustics [AA]	
<b>[MW1817] Biomechanik - Grundlagen und Modellbildung  </b>	734 - 736
Biomechanics - Fundamentals and Modeling	
<b>[MW1828] Designprinzipien in Biomaterialien - die Natur als Ingenieur  </b>	737 - 738
Design Principles in Biomatter - Nature as an Engineer [DIB]	
<b>[MW2228] Aeroelastik  </b>	739 - 740
Aeroelasticity	

<b>[MW2335] Numerische Kontakt- und Interfacemechanik  </b> Computational contact and interface mechanics [CCIM]	741 - 743
<b>[MW2380] Ringvorlesung: Additive Fertigung  </b> Lecture Series: Additive Manufacturing	744 - 746
<b>[PH2038] Flüssigkeiten ohne Stöße: Einführung in die kinetische Plasmaphysik  </b> Fluids without Collisions: Introduction to Kinetic Plasma Physics	747 - 748
<b>[PH2047] Polymerphysik 2  </b> Polymer Physics 2	749 - 751
<b>[PH2051] Reaktorphysik 2 und neue Konzepte in der Kerntechnik  </b> Reactor Physics 2 and new Concepts in Nuclear Technology	752 - 754
<b>[PH2207] Energie-Materialien 2  </b> Energy Materials 2	755 - 756
<b>[PH2255] Nano- und Optomechanik  </b> Nano- and Optomechanics	757 - 758
<b>[PH2283] Topologische Elektronik und Materialien  </b> Topological Electronics and Materials	759 - 760
<b>[PH2290] Halbleiter-Quantenelektronik  </b> Semiconductor Quantum Electronics	761 - 762
<b>[WZ2702] Materialeigenschaften von Holz  </b> Material Properties of Wood	763 - 765
<b>Material Characterization, Testing and Surveillance (Electives II)  </b>	766
Material Characterization, Testing and Surveillance (Electives II)	
<b>[ED010002] Recognized Modules  </b> Recognized Modules	766 - 767
<b>[BGU51024] Holz im Bauwesen  </b> Timber in Construction	768 - 769
<b>[BGU53045] Geodätische Sensorik und Methodik 1  </b> Geodetic Sensors and Methods 1	770 - 772
<b>[BGU53046] Geodätische Sensorik und Methodik 2  </b> Geodetic Sensors and Methods 2	773 - 775
<b>[BGU60017] Probabilistische Lebenszyklusanalyse und Unterhaltsmanagement von Infrastrukturbauten  </b> Probabilistic Life Cycle Analysis and Integrity Management of Infrastructures	776 - 778
<b>[BV600011] Datenanalyse für IngenieurInnen mit Matlab  </b> Engineering Data Analysis with Matlab [DAM]	779 - 780
<b>[BV640003] Seminar Zerstörungsfreie Prüfung  </b> Seminar Non-destructive Testing [SZfP]	781 - 782
<b>[CH0300] Angewandte Biopolymere und Biomaterialien  </b> Applied Biopolymers and Biomaterials	783 - 785
<b>[CH3008] Hybridmaterialien - Struktur-Funktionsbeziehungen  </b> Hybrid Materials - Structure-Function-Relationships	786 - 787
<b>[CH3009] Festkörpermaterialien: Vom Design über die Chemie bis zu funktionalen Bauelementen  </b> Solid State Materials: From Design, Chemistry to Functional Devices	788 - 789
<b>[CH3154] Nanomaterialien  </b> Nano Materials	790 - 791
<b>[CH3154] Nanomaterialien  </b> Nano Materials	792 - 793

<b>[ED120122] Architektonische Oberflächenmaterialien</b>	794 - 796
wissenschaftlich erforschen   Unveiling architectural surface materials through science	
<b>[ED140016] Computational Flow Stability and Transition  </b>	797 - 799
Computational Flow Stability and Transition	
<b>[ED170002] Microstructural Modifications through Additive Manufacturing  </b>	800 - 801
Microstructural Modifications through Additive Manufacturing	
<b>[EI71055] Computational Materials Design  </b>	802 - 804
Computational Materials Design [CMD]	
<b>[EI7465] Environmental Sensing and Modeling  </b>	805 - 806
Environmental Sensing and Modeling [ESM]	
<b>[IN2298] Advanced Deep Learning for Physics  </b>	807 - 809
Advanced Deep Learning for Physics	
<b>[MW0040] Fertigungstechnologien  </b>	810 - 812
Production Engineering	
<b>[MW0254] Werkstoffe für Motoren und Antriebssysteme: Luftstrahlantriebe, extreme Anforderungen an besondere Materialien  </b>	813 - 815
Materials for Engines and Propulsion Systems: Jet Engines, Extreme Requirements on Special Materials [WfMuA - L]	
<b>[MW1393] Auslegung und Bauweisen von Composite Strukturen  </b>	816 - 818
Analysis and Design of Composite Structures [ADCS]	
<b>[MW1948] Biomaterialcharakterisierung für Ingenieure  </b>	819 - 820
Characterization of Biomaterials for Engineers [BCI]	
<b>Uncertainty Quantification and Mathematical Modeling (Multiphase) (Electives II)  </b>	821
Uncertainty Quantification and Mathematical Modeling (Multiphase) (Electives II)	
<b>[MW0696] Particle-Simulation Methods for Fluid Dynamics  </b>	821 - 823
Particle-Simulation Methods for Fluid Dynamics [PSM]	
<b>Wahlbereich Praktika</b>	824
<b>[PC_Add] Zusätzlich wählbare Praktika  </b>	824
Additional Practical Courses	
<b>[ED010003] Recognized Practical Courses  </b>	824 - 825
Recognized Practical Courses	
<b>[EI7365] Praktikum Hochspannungstechnik  </b>	826 - 827
Laboratory Course on High Voltage Engineering	
<b>[EI74491] Modellierung von Lithium-Ionen-Zellen  </b>	828 - 830
Modelling of Lithium-Ion Cells [MLZ]	
<b>[IN2311] Turbulent Flow Simulation on HPC-Systems  </b>	831 - 833
Turbulent Flow Simulation on HPC-Systems	
<b>[MW0285] Mechanikpraktikum  </b>	834 - 836
Lab on Mechanics for Advanced Students [PraktMS]	
<b>[MW0305] Experimentelle Strömungsmechanik  </b>	837 - 838
Experimental Fluid Mechanics [EXPSM]	

<b>[MW0690] CFD-Auslegung von Turbomaschinen</b>   CFD Design of Turbo Machinery	839 - 840
<b>[MW1104] Einführung in die nukleare Sicherheitsanalyse von Kernreaktoren mit Reaktorsicherheitssoftware</b>   Introduction to Nuclear Safety Analysis of Nuclear Reactors with State-of-Art Computer Programs [NTech P1]	841 - 843
<b>[MW1277] Simulation of Thermofluids with Open Source Tools</b>   Simulation of Thermofluids with Open Source Tools	844 - 846
<b>[MW1846] Praktikum Numerische Strömungssimulation</b>   Computational Fluid Dynamics - Practical Course [PNSS]	847 - 848
<b>[MW2079] Weltraumthermalsimulation</b>   Thermal Space Simulation	849 - 850
<b>[MW2121] FEM-Anwendung im Turbomaschinenbau</b>   FEM for Turbomachinery [FEM]	851 - 852
<b>[MW2134] Computational Thermo-Fluid Dynamics</b>   Computational Thermo-Fluid Dynamics [CTFD]	853 - 855
<b>[MW2268] Praktikum Numerische Strömungsakustik</b>   Computational Aeroacoustics - Practical Course	856 - 858
<b>[PC_MCTS] Practical Courses: Material Characterization, Testing &amp; Surveillance</b>   Practical Courses: Material Characterization, Testing & Surveillance	859
<b>[ED010003] Recognized Practical Courses</b>   Recognized Practical Courses	859 - 860
<b>[MW0312] Thermofluid-dynamisches Praktikum</b>   Thermofluid-dynamic Lab [TFDPrak]	861 - 862
<b>[BGU64010] Zerstörungsfreie Werkstoffprüfung für Ingenieure</b>   Non-destructive Material Testing for Engineers [ZFP-PR]	863 - 865
<b>[BV070006] Praktikum Analytik und Prüftechnik</b>   Practical Course Analysis and Testing	866 - 868
<b>[MW0285] Mechanikpraktikum</b>   Lab on Mechanics for Advanced Students [PraktMS]	869 - 871
<b>[MW0305] Experimentelle Strömungsmechanik</b>   Experimental Fluid Mechanics [EXPSM]	872 - 873
<b>[MW0450] Praktikum Industrielle Softwareentwicklung für Ingenieure / C++</b>   Practical Course Industrial Software Engineering / C++ [SEPR]	874 - 875
<b>[MW1068] Composite-Bauweisen - Praktikum</b>   Practical Training in Materials and Process Technologies for Carbon Composites [PCB]	876 - 877
<b>[MW1381] Fertigungstechnologien für Composite-Bauteile</b>   Manufacturing Technologies for Composite Parts [FCB]	878 - 880
<b>[MW2382] Visualisierungstechniken in der Numerischen Mechanik Praktikum</b>   Visualization Techniques in Computational Mechanics Practical Course [VNMP]	881 - 882

<b>[MW2477] Thermomechanisches Werkstoffverhalten in der additiven und schweißtechnischen Fertigung</b>   Thermomechanical Material Behaviour in Additive Manufacturing and Welding [TMWV]	883 - 885
<b>[PC_MiEA] Practical Courses: Materials in Engineering Applications</b>   Practical Courses: Materials in Engineering Applications	886
<b>[ED010003] Recognized Practical Courses</b>   Recognized Practical Courses	886 - 887
<b>[BV070006] Praktikum Analytik und Prüftechnik</b>   Practical Course Analysis and Testing	888 - 890
<b>[BV410004] Fluidmechanik Praktikum</b>   Fluid Mechanics Lab [FMLAB]	891 - 893
<b>[EI4585] Projektpraktikum: Wirtschaftliche Aspekte der Nanotechnologie</b>   Project: Economic Aspects of Nanotechnology	894 - 895
<b>[MW0270] Energietechnisches Praktikum</b>   Thermal Power Systems [EnP]	896 - 897
<b>[MW0285] Mechanikpraktikum</b>   Lab on Mechanics for Advanced Students [PraktMS]	898 - 900
<b>[MW0288] Thermische Strömungsmaschinen und Flugantriebe</b>   Thermal Fluid Machinery and Flight Propulsion [TSF]	901 - 902
<b>[MW0305] Experimentelle Strömungsmechanik</b>   Experimental Fluid Mechanics [EXPSM]	903 - 904
<b>[MW0312] Thermofluiddynamisches Praktikum</b>   Thermofluid-dynamic Lab [TFDPrak]	905 - 906
<b>[MW0450] Praktikum Industrielle Softwareentwicklung für Ingenieure / C++</b>   Practical Course Industrial Software Engineering / C++ [SEPR]	907 - 908
<b>[MW0690] CFD-Auslegung von Turbomaschinen</b>   CFD Design of Turbo Machinery	909 - 910
<b>[MW1068] Composite-Bauweisen - Praktikum</b>   Practical Training in Materials and Process Technologies for Carbon Composites [PCB]	911 - 912
<b>[MW1381] Fertigungstechnologien für Composite-Bauteile</b>   Manufacturing Technologies for Composite Parts [FCB]	913 - 915
<b>[MW1382] Simulation von Composites</b>   Simulation of Composites [SOC]	916 - 917
<b>[MW1383] Konstruktion von Composite-Strukturen mit Catia V5</b>   Design of Composite Structures with CATIA V5 [KCS]	918 - 919
<b>[MW2079] Weltraumthermalsimulation</b>   Thermal Space Simulation	920 - 921
<b>[MW2134] Computational Thermo-Fluid Dynamics</b>   Computational Thermo-Fluid Dynamics [CTFD]	922 - 924
<b>[MW2138] Verbrennungstechnisches Praktikum</b>   Combustion Technology Lab [VbtPrak]	925 - 926
<b>[MW2181] Praktikum Windkraftanlagen Simulation</b>   Lab Course Wind Turbine Simulation	927 - 928

<b>[MW2233] Praktikum Additive Fertigung</b>   Practical Course Additive Manufacturing	929 - 930
<b>[MW2313] MATLAB/Simulink for Computer Aided Engineering Lab</b>   MATLAB/Simulink for Computer Aided Engineering Lab [P-MSCAE]	931 - 933
<b>[MW2326] Industriennahe FE-Analyse in der Vibroakustik</b>   Industry related FE-Analysis in Vibroacoustics	934 - 935
<b>[MW2382] Visualisierungstechniken in der Numerischen Mechanik Praktikum</b>   Visualization Techniques in Computational Mechanics Practical Course [VNMP]	936 - 937
<b>[MW2477] Thermomechanisches Werkstoffverhalten in der additiven und schweißtechnischen Fertigung</b>   Thermomechanical Material Behaviour in Additive Manufacturing and Welding [TMWV]	938 - 940
<b>[PC_MMP] Practical Courses: Multiscale Material Principles</b>   Practical Courses: Multiscale Material Principles	941
<b>[ED010003] Recognized Practical Courses</b>   Recognized Practical Courses	941 - 942
<b>[BGU64010] Zerstörungsfreie Werkstoffprüfung für Ingenieure</b>   Non-destructive Material Testing for Engineers [ZFP-PR]	943 - 945
<b>[BV410004] Fluidmechanik Praktikum</b>   Fluid Mechanics Lab [FMLAB]	946 - 948
<b>[CH1046] Materialchemisches Praktikum</b>   Laboratory Course in Materials Chemistry	949 - 950
<b>[EI74491] Modellierung von Lithium-Ionen-Zellen</b>   Modelling of Lithium-Ion Cells [MLZ]	951 - 953
<b>[MW0285] Mechanikpraktikum</b>   Lab on Mechanics for Advanced Students [PraktMS]	954 - 956
<b>[MW0305] Experimentelle Strömungsmechanik</b>   Experimental Fluid Mechanics [EXPSM]	957 - 958
<b>[MW0312] Thermofluiddynamisches Praktikum</b>   Thermofluid-dynamic Lab [TFDPrak]	959 - 960
<b>[MW0450] Praktikum Industrielle Softwareentwicklung für Ingenieure / C++</b>   Practical Course Industrial Software Engineering / C++ [SEPR]	961 - 962
<b>[MW2138] Verbrennungstechnisches Praktikum</b>   Combustion Technology Lab [VbtPrak]	963 - 964
<b>[PC_UQaMM] Practical Courses: Uncertainty Quantification and Mathematical Modeling</b>   Practical Courses: Uncertainty Quantification and Mathematical Modeling	965
<b>[ED010003] Recognized Practical Courses</b>   Recognized Practical Courses	965 - 966
<b>[EI4585] Projektpraktikum: Wirtschaftliche Aspekte der Nanotechnologie</b>   Project: Economic Aspects of Nanotechnology	967 - 968
<b>[EI7274] Praktikum Design and Simulation of Nanodevices</b>   Practical Course Design and Simulation of Nanodevices [PDSon]	969 - 970

<b>[EI74491] Modellierung von Lithium-Ionen-Zellen</b>   Modelling of Lithium-Ion Cells [MLZ]	971 - 973
<b>[MW0285] Mechanikpraktikum</b>   Lab on Mechanics for Advanced Students [PraktMS]	974 - 976
<b>[MW0450] Praktikum Industrielle Softwareentwicklung für Ingenieure / C++</b>   Practical Course Industrial Software Engineering / C++ [SEPR]	977 - 978
<b>[MW0678] Angewandte FE-Simulation in Ur- und Umformtechnik</b>   Applied FE-Simulation in Casting and Metal Forming [PFE]	979 - 980
<b>[MW1068] Composite-Bauweisen - Praktikum</b>   Practical Training in Materials and Process Technologies for Carbon Composites [PCB]	981 - 982
<b>[MW1104] Einführung in die nukleare Sicherheitsanalyse von Kernreaktoren mit Reaktorsicherheitssoftware</b>   Introduction to Nuclear Safety Analysis of Nuclear Reactors with State-of-Art Computer Programs [NTech P1]	983 - 985
<b>[MW1277] Simulation of Thermofluids with Open Source Tools</b>   Simulation of Thermofluids with Open Source Tools	986 - 988
<b>[MW1382] Simulation von Composites</b>   Simulation of Composites [SOC]	989 - 990
<b>[MW1846] Praktikum Numerische Strömungssimulation</b>   Computational Fluid Dynamics - Practical Course [PNSS]	991 - 992
<b>[MW2079] Weltraumthermalsimulation</b>   Thermal Space Simulation	993 - 994
<b>[MW2133] Numerical Thermo-Fluids - From Differential Equations to Deep Learning</b>   Numerical Thermo-Fluids - From Differential Equations to Deep Learning [NTF]	995 - 996
<b>[MW2134] Computational Thermo-Fluid Dynamics</b>   Computational Thermo-Fluid Dynamics [CTFD]	997 - 999
<b>[MW2181] Praktikum Windkraftanlagen Simulation</b>   Lab Course Wind Turbine Simulation	1000 - 1001
<b>[MW2268] Praktikum Numerische Strömungsakustik</b>   Computational Aeroacoustics - Practical Course	1002 - 1004
<b>[MW2313] MATLAB/Simulink for Computer Aided Engineering Lab</b>   MATLAB/Simulink for Computer Aided Engineering Lab [P-MSCAE]	1005 - 1007
<b>[MW2382] Visualisierungstechniken in der Numerischen Mechanik Praktikum</b>   Visualization Techniques in Computational Mechanics Practical Course [VNMP]	1008 - 1009
<b>[MW2382] Visualisierungstechniken in der Numerischen Mechanik Praktikum</b>   Visualization Techniques in Computational Mechanics Practical Course [VNMP]	1010 - 1011
<b>[MW2414] Numerische Akustik in Python</b>   Computational Acoustics in Python	1012 - 1013
<b>[MW2451] Praktisches Deep Learning</b>   Hands-on Deep Learning	1014 - 1015

<b>Practical Courses: Uncertainty Quantification and Mathematical Modeling (Multiphase)</b>   Practical Courses: Uncertainty Quantification and Mathematical Modeling (Multiphase)	1016
<b>[MW1277] Simulation of Thermofluids with Open Source Tools</b>   Simulation of Thermofluids with Open Source Tools	1016 - 1018
<b>[MW2134] Computational Thermo-Fluid Dynamics</b>   Computational Thermo-Fluid Dynamics [CTFD]	1019 - 1021
<b>[MW2451] Praktisches Deep Learning</b>   Hands-on Deep Learning	1022 - 1023
<b>[CLA10450] Wenn aus Ingenieuren Manager werden</b>   When Engineers Become Managers	1024 - 1025
<b>[CLA11313] Konfliktmanagement und Gesprächsführung</b>   Conflict Management and Conducting Discussions	1026 - 1027
<b>[CLA20267] Kommunikation und Präsentation</b>   Communication and Presentation	1028 - 1029
<b>[CLA20710] Global Diversity Training</b>   Global Diversity Training	1030 - 1031
<b>[CLA21114] Perspektiven der Technikfolgenabschätzung</b>   Perspectives of Technology Assessment	1032 - 1033
<b>[CLA30622] Von der Erfindung zum Patent</b>   From Invention to Patent	1034 - 1035
<b>[ED0141] Logik</b>   Logic	1036 - 1037
<b>[ED100051] Selbstmanagement - Stress bewältigen und die eigene Resilienz stärken</b>   Self-Management - Coping with Stress and Building your own Resilience	1038 - 1041
<b>[IN2270] BGCE Ferienakademie</b>   BGCE Ferienakademie	1042 - 1043
<b>[MCTS0053] Intercultural Communication</b>   Intercultural Communication	1044 - 1045
<b>[MW1535] Patent-, Marken- und Musterrecht für Ingenieure: Eine Einführung</b>   Introduction to Patent, Trademark and Design Law for Engineers [Patentrecht]	1046 - 1047
<b>[NAT0127] Theorie und Praxis zum Datenmanagement in der Chemie</b>   Theory and Practice on Data Management in Chemistry	1048 - 1049
<b>[PH6003] Präsentationsseminar für Naturwissenschaftler</b>   Presentation Skills for Natural Scientists	1050 - 1051
<b>[POL00011] Politics for Rocket Scientists: Einführung in die Politikwissenschaft für Nicht-Politikwissenschaftler</b>   Politics for Rocket Scientists: An Introduction to Political Science for Non-Political Scientists	1052 - 1054
<b>[POL60900] Information Technologies, Protest, and Conflict</b>   Information Technologies, Protest, and Conflict	1055 - 1057
<b>[SE1005] Interkulturelle Kompetenzen</b>   Intercultural Competencies [IKK]	1058 - 1059
<b>[SOT86066] Machine Learning and Society (3 ECTS)</b>   Machine Learning and Society (3 ECTS)	1060 - 1062
<b>[SOT86080] Risk &amp; Crisis Communication (6 ECTS)</b>   Risk & Crisis Communication (6 ECTS)	1063 - 1065

<b>[SOT86083] Start-up Skills - Legal Fundamentals</b>   Start-up Skills - Legal Fundamentals	1066 - 1067
<b>[SOT86084] Introduction to Business Law</b>   Introduction to Business Law	1068 - 1070
<b>[SOT86085] Sustainable Transitions</b>   Sustainable Transitions	1071 - 1073
<b>[SOT86097] Aligning Generative AI to Social Values (3 ECTS)</b>   Aligning Generative AI to Social Values (3 ECTS)	1074 - 1076
<b>[SOT86701] EuroTeQ Collider. Enhancing Connections for Sustainable Futures (MSc)</b>   EuroTeQ Collider. Enhancing Connections for Sustainable Futures (MSc)	1077 - 1079
<b>[SZ0330] Deutsch für Ingenieur/innen B2</b>   German for Engineers B2	1080 - 1081
<b>[SZ0331] Deutsch für Ingenieur/innen C1</b>   German for Engineers C1	1082 - 1083
<b>[SZ0346] Deutsch als Fremdsprache C1.2 - Professionell kommunizieren in Wissenschaft und Beruf</b>   German as a Foreign Language C1.2: Communicating Professionally in Science and Business	1084 - 1086
<b>[SZ0349] Deutsch als Fremdsprache C1 - Kommunikation im Unternehmen</b>   German as a Foreign Language C1 - Communication in Companies	1087 - 1088
<b>[SZ0406] Englisch - Writing Academic Research Papers C2</b>   English - Writing Academic Research Papers C2	1089 - 1090
<b>[SZ0425] Englisch - Introduction to Academic Writing C1</b>   English - Introduction to Academic Writing C1	1091 - 1092
<b>[SZ0429] Englisch - English for Scientific Purposes C1</b>   English - English for Scientific Purposes C1	1093 - 1094
<b>[SZ0453] Englisch - Scientific Presentation and Writing C2</b>   English - Scientific Presentation and Writing C2	1095 - 1096
<b>[SZ0471] Englisch - Intensive Thesis Writers' Workshop C2</b>   English - Intensive Thesis Writers' Workshop C2	1097 - 1098
<b>[WI000264] Project Management</b>   Project Management [PM]	1099 - 1101
<b>Advanced Research Internship</b>   Advanced Research Internship	1102
<b>[SE0208] Advanced Research Internship (ARI)</b>   Advanced Research Internship (ARI)	1102 - 1104
<b>Green Line Research Project (EMJM Multiphase)</b>   Green Line Research Project (EMJM Multiphase)	1105
<b>[ED100054] Green Line Research Project 3 (TUM)</b>   Green Line Research Project 3 (TUM)	1105 - 1106

## Master's Thesis | Master's Thesis

### Modulbeschreibung

## ED100053: Master's Thesis Materials Science and Engineering | Master's Thesis Materials Science and Engineering

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2024/25

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester/ Sommersemester
<b>Credits:*</b> 30	<b>Gesamtstunden:</b> 900	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 900	<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 der Master's Thesis (100%) und einem Vortrag über deren Inhalt. Der Vortrag geht nicht in die Benotung ein.

Die Master's Thesis ist eine auf Englisch verfasste schriftliche Abschlussarbeit, für deren Erarbeitung sechs Monate vorgesehen sind. Sie hat einen interdisziplinären Charakter. Mit der Master's Thesis wird geprüft, ob die im Laufe des Masterstudiums erlernten Inhalte und Methoden, insbesondere diejenigen des gewählten Vertiefungsbereiches, die Studierenden befähigt, Transferleistungen zu erbringen und folglich ein wissenschaftliches Projekt im Bereich der Material- und Werkstoffkunde in der Anwendung im Ingenieurwesen oder den Naturwissenschaften

- zu planen (Recherche, Bewertung der Forschung, Erkennen von Forschungsdesideraten und/ oder Sachproblemen, Entwicklung einer Fragestellung),
- durchzuführen (theoretische Grundlagen, Methoden, Laborarbeiten)
- und in der vorgegebenen Zeit mit der schriftlichen Dokumentation der Prozesse und Ergebnisse abzuschließen. Die schriftliche Dokumentation (Master's Thesis) hat auf nachvollziehbare Weise, in adäquater Form (Einleitung, Problemstellung und Zielsetzung, theoretische Grundlagen, Methoden, Ergebnisse, Zusammenfassung, Anhang mit Literaturverzeichnis) und unter Berücksichtigung der Regeln guter wissenschaftlicher Praxis zu erfolgen.

Hilfsmittel, zu denen die Studierenden für den geplanten Bearbeitungszeitraum Zugang erhalten, sind Literatur, Messinstrumente und Versuchsanlagen in Laboren und Technika, Rechner und Software.

### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

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

Es wird empfohlen, die Master's Thesis nach erfolgreicher Ablegung aller anderen Modulprüfungen zu beginnen. Auf Antrag beim Prüfungsausschuss können Studierende vorzeitig zugelassen werden, wenn sie 60 Credits erbracht haben.

### **Inhalt:**

Im Modul Master's Thesis bearbeiten die Studierenden nach wissenschaftlichen Standards und mit wissenschaftlichen Verfahren ein spezifisches Forschungsthema zu einem material- und werkstoffkundlichen Aspekt, der für die Ingenieurdisziplinen von Relevanz und in der bisherigen Forschung noch nicht oder nicht zufriedenstellend bearbeitet worden ist. Idealerweise gehört das Thema demjenigen Vertiefungsbereich des Studiengangs an, für den sich die oder der jeweilige Studierende im Rahmen der Wahlbereiche I und II entschieden hat.

### **Lernergebnisse:**

Nach erfolgreich bestandenen Modul sind die Studierenden in der Lage, ein wissenschaftliches Projekt im Bereich der Material- und Werkstoffkunde in ihrer Anwendung in den Ingenieurdisziplinen eigenständig, systematisch und unter Beachtung der Richtlinien zur guten wissenschaftlichen Praxis zu bearbeiten und im Fachgespräch zu bestehen. Im Detail haben die Studierenden die Fähigkeiten erworben,

- eine wissenschaftliche Recherche auszuführen und die bisherigen Forschungsergebnisse zu bewerten,
- Forschungsdefizite zu erkennen und daraus eigenständig eine Forschungsfrage abzuleiten,
- Methoden zu entwickeln, die für die Bearbeitung der spezifischen Fragestellung geeignet sind,
- Berechnungen und praktische Versuche durchzuführen, die das gestellte Sachproblem lösen respektive das festgestellte Forschungsdesiderat erfüllen,
- Prozesse und Ergebnisse in klarer und nachvollziehbarer Weise schriftlich festzuhalten und
- Ergebnisse konsistent und verständlich vorzutragen, in einer wissenschaftlichen Diskussion zu verteidigen und in einen größeren fachlichen Kontext einzuordnen.

Die Studierenden haben dabei außerdem gelernt, unter gegebenen Rahmenbedingungen ein anvisiertes Ziel zu erreichen (Projektmanagement), und sind methodisch und kognitiv ideal auf weitere Tätigkeiten in Forschung und Entwicklung, insbesondere auch auf eine Promotion, vorbereitet.

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

Das Modul Master's Thesis setzt auf die eigenständige, systematische und wissenschaftliche Erarbeitung und Durchdringung eines spezifischen Forschungsthemas durch die Studierenden. Die Studierenden stellen damit Fähigkeiten unter Beweis, die nach ihrem Abschluss des Masterstudiengangs Materials Science and Engineering in ihrer weiteren Karriere in Wissenschaft oder Industrie vorausgesetzt werden.

Die inhaltliche und methodische Beratung durch die Betreuer\*innen und Mentor\*innen während der Bearbeitungszeit gewährleistet dabei ein bestmögliches Lernergebnis. Fakultativ belegbare Kurse zu Schlüsselkompetenzen wie beispielsweise Academic Writing oder Präsentation unterstützen den Lernprozess zusätzlich.

**Medienform:**

**Literatur:**

Einschlägige Literatur; TUM Richtlinien zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis und für den Umgang mit wissenschaftlichem Fehlverhalten ([https://portal.mytum.de/archiv/kompendium\\_rechtsangelegenheiten/sonstiges/wiss\\_Fehlverh.pdf/view](https://portal.mytum.de/archiv/kompendium_rechtsangelegenheiten/sonstiges/wiss_Fehlverh.pdf/view))

**Modulverantwortliche(r):**

Gee, Michael; 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](#).

## Required Modules | Required Modules

### Modulbeschreibung

#### **BGU35016: Advanced Rheology | Advanced Rheology [Advanced Rheology ]**

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab 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> 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:**

Der Lernerfolg der Vorlesungsreihe "Advanced Rheology" wird am Ende des Semesters durch eine 90-minütige schriftliche Prüfung bestätigt. Außer einem Taschenrechner sind keine weiteren Hilfsmittel zugelassen.

In der Klausur sollen die Studierenden zeigen, dass rheologische Schlüsselparameter verstanden und wiedergegeben sowie in komplexe, rheologische Stoffmodelle übertragen werden können. Die Studierenden sollen die rheologischen Parameter anwenden, um das Verformungsverhalten viskoelastischer Flüssigkeiten und Feststoffen beschreiben. Außerdem sollen die Studierenden in der Lage sein, geeignete Prüfmethode auszuwählen und einen Versuchsaufbau für die Charakterisierung dieser Materialien (z.B. Polymerlösungen, Zementsuspensionen, Emulsionen, Schäume) zu entwickeln.

#### **Wiederholungsmöglichkeit:**

Folgesemester

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

Sicherer Umgang in der Mathematik, Vorkenntnisse im Bereich Werkstoffkunde sind von Vorteil.

#### **Inhalt:**

Im Modul "Advanced Rheology" lernen die Studierenden rheologische Prinzipien sowie deren Anwendung für die Analyse und Modellierung des Verformungsverhaltens von viskoelastischen Flüssigkeiten und Feststoffen kennen.

Das Modul besteht im Wesentlichen aus den folgenden Teilbereichen:

- Definition rheologischer Parameter (Scherwiderstand, Viskosität, Thixotropie)

- Anwendung der rheologischen Parameter, um rheologische Stoffmodelle zu erstellen und das Verformungsverhalten von viskoelastischen Flüssigkeiten zu beschreiben.
- Beziehungen zwischen Rheologie und mikrostrukturellen Effekten, z.B. Interpartikel-Wechselwirkungen, Reaktionskinetik, Strukturbildung, strukturelle Rheologie
- Grundlagen der rheometrischen Messmethoden
- Auswahl geeigneter rheometrischer Messmethoden zur Analyse des Deformationsverhaltens unterschiedlicher Materialien
- Durchführung von rheologischen Untersuchungen, einschließlich derer Analyse und Auswertung der Ergebnisse.

### **Lernergebnisse:**

Nach erfolgreicher Teilnahme am Modul "Advanced Rheology", sind die Studierenden in der Lage, das Verformungsverhalten von viskoelastischen Flüssigkeiten und Feststoffen mit Hilfe rheologischer Parameter zu beschreiben. Zusätzlich können die Studierenden das phänomenologische Verformungsverhalten den entsprechenden rheologischen Modellen, welche die Grundlage für die Vorhersage von Verformungsverhalten sind, zuordnen. Darüber hinaus sind die Studierenden in der Lage, erste Rückschlüsse des rheologischen Verhaltens einer viskoelastischen Flüssigkeit auf ihre mikrostrukturelle Zusammensetzung zu ziehen. Dafür werden die Studierenden befähigt, die Auswirkungen von Interpartikel-Wechselwirkungen, Reaktionskinetik, Strukturbildung und strukturelle Rheologie zu diskutieren.

In dem Modul lernen die Studierenden verschiedene rheometrische Messmethoden kennen sowie diese experimentell anzuwenden, um das rheologische Verformungsverhalten von viskoelastischen Flüssigkeiten zu analysieren und durch eine anschließende Ingenieurbewertung in ein geeignetes rheologisches Stoffmodell zu implementieren.

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

Der Dozent präsentiert und erklärt den Inhalt des Moduls anhand von PowerPoint-Präsentationen und Tafelanschriften. Die Vorlesungsunterlagen stehen den Studierenden auf der Plattform moodle zum Download zur Verfügung.

In der begleitenden Übung erarbeiten die Studierenden eine Messsequenz für rheologische Untersuchungen und führen im Labor Untersuchungen in Kleinstgruppen durch, analysieren das Messergebnis und ordnen das ermittelte Materialverhalten einem rheologischen Verformungsverhalten viskoelastischer Flüssigkeiten und Feststoffe zu. Durch die experimentelle Arbeit in Kleinstgruppen kann das in der Vorlesung erlangte theoretische Wissen mit der Praxis verknüpft werden, sodass die Studierenden optimal auf ihren späteren Berufsweg vorbereitet sind.

### **Medienform:**

Folien, Tafelarbeit, PowerPoint, Filme.

### **Literatur:**

- Morrison, F.A.: Understanding Rheology, 2001
- Mezger, Th., Das Rheologie-Handbuch, Vincentz Verlag, 2000
- Chabra, R.P., Richardson, J.F., Non-Newtonian Flow and Applied Rheology: Engineering Applications, 2008

- Larson, R.G., The Structure and Rheology of Complex Fluids, 1999
- Roussel, N.: Understanding the Rheology of Concrete, 2016
- Findley, W. N., Lai, J. S., Onaran, K.: Creep and Relaxation of Nonlinear Viscoelastic Materials, 2011

**Modulverantwortliche(r):**

Gehlen, Christoph; Prof. Dr.-Ing.

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

Advanced Rheology (Vorlesung, 2 SWS)

Kränkel T

Advanced Rheology (Übung, 1 SWS)

Kränkel T

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

## Modulbeschreibung

### MA9805: Mathematical Modeling of Materials

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2021

<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 Prüfungsleistung wird in einer 90-minütigen Klausur erbracht. In dieser sollen die Studierenden grundlegende Definitionen und mathematische Werkzeuge aus den Bereichen Lineare Finite-Element-Analyse, a-posteriori Fehlerschätzung, Energiefunktionale in Lebesgue- und Sobolevräumen, und Gamma-Konvergenz abrufen, erläutern und auf ausgewählte Beispiele anwenden.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

MA9803 Modellierung und Simulation mit gewöhnlichen Differentialgleichungen (MSE)

MA9804 Numerische Behandlung Partieller Differentialgleichungen (MSE)

Programmieren in Python oder C++

#### Inhalt:

Lineare Finite-Elemente-Analyse: 2D und 3D Probleme in der Elastizität. Gemischte FEMs und Volumen-Locking. A-posteriori-Fehlerschätzer (ZZ Schätzer, residuen-basiert, ziel-orientiert). Ausgewählte Themen der nichtlinearen FEA: geometrische und Material-Nichtlinearitäten, Kontaktprobleme. XFEM: Zerlegung der Eins, Enrichment-Funktionen, Interface-Beschreibung durch Level-Set-Funktionen. Energiefunktionale in Lebesgue- und Sobolevräumen. Schwache und starke Topologien. Notwendige und hinreichende Bedingungen für Unterhalbstetigkeit von Integral-Funktionalen unter Voraussetzungen and die Energiedichte. Gamma-Konvergenz. Atomistische und Kontinuum-Limits für Phasenübergänge und Bruch-Probleme.

#### Lernergebnisse:

Nach der erfolgreichen Teilnahme am Modul können die Studierenden lineare und nichtlineare Finite-Element-Analysen für PDE-basierte mathematische Modelle in der Kontinuumsmechanik

verstehen und anwenden. Die Studierenden erinnern ferner weiterführende Finite-Element-Verfahren, z.B. gemischte Methoden, a posteriori-Fehlerschätzer und XFEMs und können diese Techniken mit Hilfe von geeigneter Software anwenden (z.B. FEniCS). Daneben können die Studierenden Variationsprobleme in der Kontinuumsmechanik, Phasenübergänge und Bruchmechanik formulieren und Werkzeuge aus der Variationsrechnung und die Gamma-Konvergenz anwenden.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Vorlesung, Übung und Hausaufgaben zum Selbststudium.

Der Modul wird als Vorlesung mit begleitenden Übungen angeboten. In der Vorlesung werden die Lerninhalte durch einen Vortrag mit begleitenden Beispielen präsentiert und mit den Studierenden diskutiert. Die Vorlesung soll die Studierenden motivieren, selbstständige Analysen der präsentierten Themen durchzuführen und die relevante Fachliteratur zu lesen. Begleitend zur Vorlesung werden praktische Übungen angeboten. Dazu werden Übungsblätter und Musterlösungen bereitgestellt. Damit können die Studierenden ihr Verständnis der Methoden vertiefen und selbständig ihre Lernfortschritte kontrollieren.

**Medienform:**

Vortrag, Übungsblätter, Programmieraufgaben

**Literatur:**

Hughes: The Finite Element Method. Linear Static and Dynamic Finite Element Analysis, Dover Publications, 2000.

Belytschko, Liu, Moran: Nonlinear Finite Elements for Continua and Structures. Wiley, 2013.

Weiser: Inside Finite Elements. DeGruyter, 2016.

Langtane, Logg: Solving PDEs in Python: The FEniCS tutorial. Springer, 2017.

Ciarlet: Mathematical Elasticity - volume 1, Studies in Mathematics and its Applications, Elsevier 2004

Braides: Gamma-convergence for Beginners, Oxford lecture series in mathematics and its applications, OUP 2002

**Modulverantwortliche(r):**

Ullmann, Elisabeth; Prof. Dr. rer. nat.

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

Mathematical Modeling of Materials [MA9805] (Vorlesung, 2 SWS)

Cicalese M, Ullmann E

Exercises for Mathematical Modeling of Materials [MA9805] (Übung, 1 SWS)

Cicalese M, 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

### MW2359: Multiscale Modeling | Multiscale Modeling

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2018/19

<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:

Am Ende des Semesters wird im Rahmen einer schriftlichen Klausur (Bearbeitungsdauer: 90 Minuten, zugelassene Hilfsmittel: alle, außer programmierbare Taschenrechner, Notebook und Laptop) überprüft, inwieweit die Studierenden beispielsweise multi-skalige Probleme und Grundlagen der Molekulardynamik-Simulation verstanden haben, inwieweit sie mit der Anwendung numerischer, multi-auflösender und multi-skaliger Techniken vertraut sind und ob sie bestehende Modelle in diesem Bereich bewerten können.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Mathematische Grundlagen (multivariate calculus), Kontinuumsmechanik, Thermodynamik, Lineare Algebra, Numerische Modellierung und Diskretisierung, Wahrscheinlichkeitstheorie

#### Inhalt:

Diese Lehrveranstaltung schafft einen systematischen Überblick von Entwicklungen und Herausforderungen im Bereich der Multiskalenmodellierung. Obwohl spezielle Anwendungen diskutiert werden, liegt der Fokus auf Vermittlung fundamentaler Prinzipien und interdisziplinärer Themen. Der erste Teil der Veranstaltung, lehrt notwendiges Hintergrundwissen, ausgehend von Beschreibungen in der Kontinuumsmechanik bis hin zu atomistischen Simulationen und zur Quantenmechanik. Darüber hinaus werden numerische Methoden, die konzeptuelle Ideen der Multiskalenmodellierung verfolgen, diskutiert. Der zweite Teil behandelt multi-physikalische Modelle sowie numerische Methoden zur Beschreibung des makroskopischen Verhaltens komplexer Systeme basierend auf mikroskopischen Modellen. Insbesondere werden partielle Differentialgleichungen mit multi-skalen Koeffizienten, hauptsächlich vorkommend bei der Modellierung heterogener Medien, sowie gewöhnliche Differentialgleichungen mit verschiedenen Zeitskalen, vorkommend in Coarse-Grained Molekulardynamik Simulationen, diskutiert.

### **Lernergebnisse:**

Nach erfolgreicher Teilnahme am Modul

- haben Studierende ein erweitertes Wissen über die fundamentalen Herausforderungen in multi-skaligen Problemen.
- sind Studierende mit verschiedenen physikalischen Modellen, angewandt auf diverse Skalen, vertraut.
- verstehen Studierende die Grundlagen der Molekulardynamik-Simulation sowie damit verbundener Software.
- verfügen Studierende über Grundkenntnisse zu verschiedenen numerischen, multi-auflösenden sowie multi-skaligen Techniken zur Bearbeitung einer großen Bandbreite diverser Beispielprobleme.
- sind Studierende fähig, Verbindungen zwischen Beispielmodellen und allgemeinen Problemen in Forschung sowie im Ingenieurwesen zu erkennen.
- können Studierende passende Simulationstechniken auf elliptische partielle Differentialgleichungen mit multi-skaligen Koeffizienten anwenden.
- sind Studierende fähig, angemessene Methoden auf gewöhnliche Differentialgleichungen mit verschiedenen Zeitskalen anzuwenden.
- können Studierende coarse-grained Modelle für Molekulardynamik-Simulationen erstellen.
- können Studierende die Grenzen existierender Modelle und Herausforderungen in zukünftiger Forschung erkennen

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

Die Lernziele dieser Lehrveranstaltung werden mittels diversen Lehrkomponenten erreicht. Die Vorlesung, in der mathematische Herleitungen und die theoretischen Grundlagen erläutert werden, wird ergänzt durch Animationen sowie numerische Beispiele, die Fähigkeiten behandelte Methoden und Algorithmen im Kontext verschiedener ingenieurwissenschaftlicher Probleme (z.B. Molekulardynamik Simulationen) demonstrieren. Zusätzlich umfasst das Modul Übungsmaterial, das zum Verständnis des Vorlesungsmaterials vertiefend beiträgt. Übungen basieren auf Matlab und Python Skripte, die ein Gerüst der besprochenen Methoden bilden. Studierende werden dazu ergänzend fehlende Bausteine implementieren, um Aufgaben des Coarse-Grainings zu bearbeiten und damit makro-skalige Eigenschaften zu berechnen. Zusätzliche Aufgaben außerhalb des Vorlesungs- und Übungsbetriebs stehen zum Selbststudium bereit. Betreuer beantworten individuelle Fragen und beraten außerhalb der Vorlesungs-/Übungszeiten.

### **Medienform:**

Präsentation  
Vorlesungsfolien  
Übungsaufgaben

### **Literatur:**

Vorlesungsfolien sowie umfassende Literatur aus verschiedenen Quellen werden während des Semester zur Verfügung gestellt. Empfohlen wird folgendes Buch: Principles of Multiscale Modeling, Autor: Weinan E., 2011, Cambridge.

**Modulverantwortliche(r):**

Phaedon-Stelios Koutsourelakis, 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

### MW2360: Probability Theory and Uncertainty Quantification | Probability Theory and Uncertainty Quantification

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab 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> 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:

Am Ende des Semesters wird im Rahmen einer schriftlichen Klausur (Bearbeitungsdauer: 120 Minuten, zugelassene Hilfsmittel: alle, außer programmierbare Taschenrechner, Notebook und Laptop) überprüft, inwieweit die Studierenden beispielsweise die grundlegenden Methoden der Unsicherheitenquantifizierung kennen und inwieweit sie Unsicherheiten mathematisch ausdrücken und quantifizieren können, um auf diese Weise technische Systeme zu optimieren

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Mathematische Grundlagen (Analysis in mehreren Variablen), Wahrscheinlichkeitsrechnung und Statistik, Lineare Algebra, Numerische Modellierung und Diskretisierung, Programmierung

#### Inhalt:

Die Vorlesung konzentriert sich auf Modellierungsansätze und numerische Methoden, um stochastisches Verhalten in Simulationen physikalischer und technischer Systeme abzubilden (Probabilistic Modeling) und die daraus resultierenden Unsicherheiten zu quantifizieren (Uncertainty Quantification). Nach einer kurzen Abhandlung der Grundlagen der Wahrscheinlichkeitsrechnung wird sich die Vorlesung auf die folgenden drei Themengebiete konzentrieren:

- 1) Propagierung von Unsicherheiten: in diesem Abschnitt werden Methoden zur Propagierung von Unsicherheiten sowie die damit verbundenen Herausforderungen im Kontext von komplexen numerischen Modellen diskutiert.
- 2) Rückpropagierung von Unsicherheiten: hier werden Methoden und Herausforderungen vorgestellt welche mit der Assimilierung von Daten in das Modell einhergehen, das heißt die

Durchführung von Modellkalibrierung mit einem besonderen Schwerpunkt auf Bayesische Methoden.

3) Design unter Berücksichtigung von Unsicherheiten: Behandlung numerischer Methoden zur Optimierung von System die durch stochastisches, nichtdeterministisches Verhalten geprägt sind.

### **Lernergebnisse:**

Die Teilnahme am Modul bietet den Studierenden neben einem verständlichen Einstieg in die grundlegenden Methoden der Unsicherheitenquantifizierung auch einen Einblick in den aktuellen Forschungsstand und versetzt die Studierenden in die Lage, mit Unsicherheiten und nichtdeterministischem Verhalten in ihrem respektiven Fachgebiet umzugehen. Insbesondere verfügen Studierende nach Besuch über

- Grundlagenwissen bezüglich der prinzipiellen Herausforderungen, welche bei der Propagierung von Unsicherheiten auftreten.
- Kenntnisse zu aktuellen und performanten numerischen Methoden für eine Reihe von Modellproblemen.
- mathematische Ausdrucksmethoden für die Unsicherheiten in den Parametern eines physikalischen Modells.
- die Fähigkeit, Modellkalibrierung und Validierung für ein weites Spektrum an mathematischen Modellen durchzuführen.
- die Fähigkeit, die mit Modellparametern assoziierten Unsicherheiten mittels des physikalischen Modells zu propagieren, um die dadurch induzierte Unsicherheit der Modellvorhersagen zu quantifizieren.
- die Fähigkeit, Optimierungen für ein weites Spektrum an technischen System unter Berücksichtigung von Unsicherheiten durchzuführen.
- die Befähigung zu einer probabilistischen Denkweise und Herangehensweise im Kontext von Ingenieursproblemen.

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

Um die gesetzten Lernziele des Moduls zu erreichen kommen mehrere aufeinander abgestimmte Komponenten zum Einsatz. Die Vorlesung, in der mathematische Herleitungen und die theoretischen Grundlagen erläutert werden, wird begleitet von Visualisierungen und numerischen Beispielen, welche die Anwendungsmöglichkeiten und Performanz der vorgestellten Methoden und Algorithmen darlegen. Zusätzlich werden den Studierenden Übungsaufgaben gestellt, welche auf Matlab und Python Skripten beruhen und angedacht sind, ein tieferes Verständnis der diskutierten Methoden und Algorithmen herbeizuführen. Den Studierenden wird hierbei abverlangt, das Grundgerüst eines Quellcodes um entsprechende fehlenden Komponenten zu erweitern um die vorgestellten numerischen Methoden anzuwenden (Modellkalibrierung, Propagierung von Unsicherheiten, Optimierung unter Unsicherheit). Nicht zuletzt werden den Studierenden Hausaufgaben für das eigenständige Studium und die weitergehende Vertiefung der Lehrinhalte zu Hause gestellt.

Die für die Übung verantwortliche Person wird zur Verfügung stehen um Fragen zu beantworten und steht darüber hinaus auch außerhalb der Übungs- und Vorlesungszeiten zur Verfügung.

**Medienform:**

Präsentation  
Vorlesungsfolien  
Übungsaufgaben

**Literatur:**

Den Studierenden werden im Verlaufe des Semesters die Vorlesungsfolien sowie Auszüge aus mehreren Quellen zur Verfügung gestellt.

Exemplarische Lehrbücher:

- Uncertainty Quantification Theory, Implementation, and Applications, by R.C. Smith, 2013, SIAM
- Introduction to Uncertainty Quantification, T.J. Sullivan, 2015, Springer

**Modulverantwortliche(r):**

Phaedon-Stelios Koutsourelakis, Ph.D.

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

Probability Theory and Uncertainty Quantification (Vorlesung, 3 SWS)

Koutsourelakis F [L], Chatzopoulos M, Koutsourelakis F

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

## Modulbeschreibung

### MW2361: Physics of Fluids | Physics of Fluids

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2019/20

<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 Note wird festgelegt durch eine 90 Minuten dauernde schriftliche Klausur. Die Studierenden sollen zeigen, dass sie in begrenzter Zeit und mit begrenzten Mitteln (erlaubt: Formelsammlung, Taschenrechner) richtige Lösungen auf Probleme des Themengebiets „Physik der Fluide“ finden. In der Prüfung sollen die Studierenden ihre Kompetenzen auf diesem Gebiet demonstrieren. Theoretische Aspekte, die Flüssigkeiten und Festkörper betreffen, werden in Kurzfragen über ein Multiskalen Flüssigkeits-Strömungsmodell abgefragt. Problemlösungsfähigkeiten zu Flüssigkeitsströmungsanalysen werden in einem zweiten Teil abgefragt, in dem man rechnen darf.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Mathematische Grundlagen (mehrdimensionale Berechnungsverfahren), Kontinuumsmechanik, Ingenieursmäßige Fluidmechanik und Thermodynamik.

#### Inhalt:

Dieser Kurs zeigt die Grundlagen der Physik der Fluide durch konstitutive modellierende Evolutionsgesetze und Phänomene, die die Multiskalen Modellannäherung als unterstützendes Leitprinzip verwenden. Es baut auf die Einführungskurse zu klassischer Kontinuumsmechanik und klassischer Ingenieurs-Fluidmechanik auf, nähert sich aber dem Thema von der molekularen Sicht und verwendet dabei Systematik, die sich grobem Korn annähert. Es führt ein in die molekulare Dynamik und kinetische Theorie als Konzepte, die die Kontinuums-Fluidmechanik unterstützen. In die kinetische Theorie wird eingeführt nach einer Wiederholung der Hamiltonian'schen Mechanik und Elementen der statischen Thermodynamik. Die Kontinuumsbeschreibung der Gasdynamikwellendynamik wird abgeleitet und mit mikroskopischen Strukturen verbunden. Die Wirkung der Eigendynamikverteilung auf Grenzschichten und deren analytische Beschreibung werden diskutiert. In Modelle für grenzflächenaktive Strömungen und Strömungen mit

Phasenübergang wird eingeführt. Dem zugrundeliegenden Konzept der Multiskalen folgend wird das Auftauchen von Multiskalen durch Strömungsinstabilitäten analysiert und führt zu dem chaotischen Materialverhalten und der Entwicklung von Strömungsturbulenzen.

**Lernergebnisse:**

Nach der Teilnahme an diesem Modul

- sind die Studierenden in der Lage, grundlegende Multiskalenkonzepte zu verstehen, die dem Kontinuumskonzept der Fluidmechanik zugrunde liegen
- sind die Studierenden in der Lage, physikalische Mechanismen von reibungsfreien, dickflüssigen und grenzflächenaktiven Dynamiken von Flüssigkeitsströmungen zu verstehen
- sie haben die Fähigkeit entwickelt, Flüssigkeitsströmungen zu analysieren und Modelle von Flüssigkeitsströmungen zu kreieren

**Lehr- und Lernmethoden:**

Die Inhalte werden während der Vorlesung anhand eines Vortrages (Frontalunterricht), unterstützt durch Tafelanschriften, experimentelle und numerische Visualisierungen und Matlab Tools vermittelt. Ziel dabei ist Strömungsanalysefähigkeiten zu entwickeln und Fachkenntnisse zu erwerben. Anhand von Beispiellösungen und mit Hilfe des Skriptes, das den Studierenden in gedruckter Form/zum Download zur Verfügung gestellt wird, werden die wesentlichen Konzepte (Multiskalenkonzepte, Kontinuumskonzept) und Mechanismen der Fluidmechanik sowie verschiedener Phänomene von Flüssigkeits- und Gasströmungen erklärt. Fachliteraturempfehlungen werden zur selbstständigen Nachbereitung der Inhalte bekanntgegeben. In Übungen werden Strömungsprobleme und konkrete Fallbeispiele analysiert und gelöst. Außerdem können die Studierenden ihre Probleme im direkten Gespräch mit den Modulverantwortlichen klären und erhalten somit ein tieferes Verständnis über die Thematik der Physik der Fluide erwerben.

**Medienform:**

Tafelanschriften, Paper

**Literatur:**

Das Skript steht zum Download bereit, Beispiellösungen und empfohlene Literatur werden während der Vorlesung und den Übungen ausgeteilt.

- Tuckerman: Theory and Molecular Simulation
- Toro: Riemann solvers and numerical methods for fluid dynamics: a practical introduction

**Modulverantwortliche(r):**

Zavadlav Koller, Julija; Prof. Dr.

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

Physik der Fluide - Übung (Übung, 1 SWS)

Fuchs P

Physik der Fluide (MW 2361) (Vorlesung, 2 SWS)

Zavadlav Koller J [L], Zavadlav Koller J

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

## Modulbeschreibung

### MW2368: Nonlinear Continuum Mechanics | Nonlinear Continuum Mechanics

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2017/18

<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 Prüfungsleistung besteht aus einer schriftlichen Klausur (Bearbeitungsdauer 90 min), in der die Studierenden nachweisen, dass sie die mathematische Formulierung der nichtlinearen Kontinuumsmechanik beherrschen und zum anderen makroskopisches, physikalisches Verhalten von Materie in diese Theorie einordnen können. Außer Schreibmaterialien sind keine Hilfsmittel erlaubt.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Kenntnisse der Axiome der Newton-Mechanik und der Thermodynamik sowie der Tensorrechnung in kartesischen Basen, grundlegende Kenntnisse in zumindest linearisierter Kontinuumsmechanik, grundlegende Kenntnisse in linearen gewöhnlichen und partiellen Differentialgleichungen sowie lineare Algebra werden vorausgesetzt.

#### Inhalt:

Das Modul beschäftigt sich mit der mathematischen Beschreibung der Mechanik materieller Körper, welche als räumlich kontinuierlich modelliert werden können. Es baut auf einem Grundverständnis der Gesetze der Newton-Mechanik und der Thermodynamik auf und erweitert dieses durch mathematische Modelle, welche in der Lage sind Grundprinzipien der Newton-Mechanik und Thermodynamik auf räumlich und zeitlich aufgelösten materiellen Körpern zu verwirklichen.

Dazu werden:

- (1) der Begriff des Kontinuums erläutert
- (2) die mathematische Beschreibung von räumlich und zeitlich aufgelöster großer Deformation eingeführt (Kinematik)

(3) der Begriff der Spannung wiederholt und erweitert

(4) basierend auf der Kinematik und dem Spannungsbegriff Bilanzgleichungen der Newton-Mechanik und der Thermodynamik hergeleitet

(5) mögliche Beziehungen zwischen Deformation und Spannung durch gebräuchliche Materialgesetze erläutert, insbesondere solche der makroskopischen Beschreibung von Plastizität und (Visko-)Hyperelastizität.

### **Lernergebnisse:**

Nach erfolgreicher Teilnahme an dieser Vorlesung besitzen Studierende zum einen ein vertieftes Verständnis für die mathematische Formulierung der nichtlinearen Kontinuumsmechanik, zum anderen können sie makroskopisches, physikalisches Verhalten von Materie in diese Theorie einordnen. Insbesondere können/haben Studierende nach erfolgreicher Teilnahme an der Vorlesung:

- mit kinematischen Größen (Verschiebung, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Dehnung, Verzerrung, ...) als kontinuierliche, tensorielle Feldgrößen umgehen und deren Bedeutung erläutern.
- ein grundlegendes Verständnis für die Unterschiede mathematischer Gleichungen, welche aus der gewählten Konfiguration (materiell, räumlich) resultieren.
- phänomenologisches Materialverhalten kontinuumsmechanischen Materialgesetzen zuordnen.
- die Erweiterbarkeit der vorgestellten Konzepte erkannt, sodass sie nach erfolgtem Selbststudium weiterführende, komplexe Modelle der Kontinuumsmechanik eigenständig verstehen und analysieren können.

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

Die Vorlesung findet als Vortragsreihe mit klar kommunizierten und abgestimmten Inhalten ab. Die Studierenden übertragen wichtige Zusammenhänge und Kernaussagen nichtlinearer Kontinuumsmechanik, welche während der Vorlesung am Tablet-PC angeschrieben werden, in ein Lückenskript. Übungen dienen dazu die Theorie aus der Vorlesung anhand von vorgerechneten Beispielen komplexer Modelle der Kontinuumsmechanik zu veranschaulichen.

### **Medienform:**

Folien, die in der Vorlesung handschriftlich vervollständigt werden, Manuskript.

### **Literatur:**

Lückenskript zur Vorlesung sowie darin ein begleitendes und weiterführendes Literaturverzeichnis werden bereitgestellt.

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

Gee, Michael; Prof. Dr.-Ing.

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

Nonlinear Continuum Mechanics (Vorlesung, 2 SWS)

Gee M, Kratzer C, Rinderer L

Nonlinear Continuum Mechanics - Uebung (Übung, 1 SWS)

Gee M, Kratzer C, Rinderer L

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

## Modulbeschreibung

### PH9031: Materialwissenschaften (MS&E) | Materials Sciences (MS&E)

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2025/26

<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:

Es findet eine schriftliche Klausur von 90 Minuten Dauer statt. Darin wird exemplarisch das Erreichen der im Abschnitt Lernergebnisse dargestellten Kompetenzen mindestens in der dort angegebenen Erkenntnisstufe durch Rechenaufgaben und Verständnisfragen überprüft.

Prüfungsaufgabe könnte beispielsweise sein: Questions regarding fundamentals of crystallography, imperfections in solids, diffusion processes, dislocations and strengthening mechanisms, failure, phase diagrams, phase transformations, and corrosion and degradation, as well as the fundamental mechanical, electronic, thermal, magnetic, and optical properties of important material classes (such as semiconductors, metals, polymers, ceramics, and composite materials)..

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

#### Inhalt:

#### Lernergebnisse:

#### Lehr- und Lernmethoden:

#### Medienform:

**Literatur:**

**Modulverantwortliche(r):**

Auwärter, Wilhelm; Prof. Dr.sc.nat.

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

Übung zu Materialwissenschaften (MS&E) (Übung, 1 SWS)

Auwärter W, Rupp J ( Avellone E )

Materialwissenschaften (MS&E) (Vorlesung, 2 SWS)

Auwärter W, Rupp J ( Kim K )

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

## Modulbeschreibung

### PH9032: Mess- und Sensortechnologie (MS&E) | Measurement and Sensor Technology (MS&E)

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2025

<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:

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 und Beispiele überprüft.

Prüfungsaufgabe könnte beispielsweise sein: a) Describe the operating principle of non-destructive testing methods phenomenologically. b) Explain structure and configurations of sensor heads using words, drawings and diagrams. c) Describe how physical and technical properties of different materials and varying testing parameters influence the measurement results d) Design a test setup for a given non-destructive testing task.

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:

Semesterende

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Keine Vorkenntnisse nötig, die über die Zulassungsvoraussetzungen zum Masterstudium hinausgehen

#### Inhalt:

Dieses Modul gibt eine Einführung in die Mess- und Sensortechnologie basierend auf grundlegenden Konzepten. Moderne Messmethoden entsprechend dem aktuellen Forschungsstand werden behandelt und mit ausgewählten Beispielen veranschaulicht. Folgende Kapitel sind vorgesehen:

Teil 1:

- Einführung, Messungen, Koordinatensysteme

- Optische Mikroskopie, Elektronenmikroskopie, Atomkraftmikroskopie
- Röntgen- und Neutronenstreuung, Beugungs- und Kleinwinkelstreuung
- X-ray and neutron scattering, diffraction and small angle scattering
- Röntgenbasierte Analyse dünner Filme
- Infrarot- und UVvis-Spektroskopie

Teil 2:

- Aktive und passive Sensorik (Inspektion und Monitoring)
- Systeme, Signale und Zeitserien; Sensorkonzepte und Kalibration
- Fehlerauswirkungskonzept anhand von CFRC-Teilen für leichtgewichtige Strukturen

Effect of defect concept (explained for CFRC parts for lightweight structures)

- Klassifizierung der Messergebnisse; Entdeckungswahrscheinlichkeit (PoD) für NDT-Anwendungen

Classification of measuring results; Probability of Detection (PoD) for NDT applications

- Überblick über nicht-destruktive Testmethoden
- NDT-Anwendungen in Automobil- und Luftfahrtindustrie

o Optische Lock-In-Thermografie bei CFRC

Optical lock-in thermography at CFRC

o Phasengesteuerte ???? und Totalfokussierungsmethoden mit Ultraschall

Phased-array and total focusing methods using ultrasound

o Drahtlose Sensortechnik und Sensornetzwerke in struktureller Gesundheitsüberwachung

### **Lernergebnisse:**

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

Vortrag, Beamerpräsentation, Tafelarbeit, Übungen in Einzel- und Gruppenarbeit

### **Medienform:**

Übungsblätter

### **Literatur:**

a) Grosse, Christian: Grundlagen der Zerstörungsfreien Prüfung - Vorlesungsskript. Technische Universität München, Lehrstuhl für Zerstörungsfreie Prüfung, SS2019, 2019, 228 S.

b) Erhard, Anton: Verfahren der Zerstörungsfreien Materialprüfung - Grundlagen, DVS Media GmbH, Düsseldorf 2014

c) Schiebold, Karlheinz: Zerstörungsfreie Werkstoffprüfung. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2015 (5 Bände zu Ultraschallprüfung, Sichtprüfung, Durchstrahlungsprüfung, Eindringprüfung, Magnetpulverprüfung) - als PDF erhältlich über Shibboleth

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

Müller-Buschbaum, Peter; 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](#).

## E1\_MMP: Multiscale Material Principles (Electives I) | Multiscale Material Principles (Electives I)

### Modulbeschreibung

#### ED010002: Recognized Modules | Recognized Modules

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2024

<b>Modulniveau:</b>	<b>Sprache:</b>	<b>Semesterdauer:</b>	<b>Häufigkeit:</b>
<b>Credits:*</b> 5	<b>Gesamtstunden:</b>	<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:

#### Wiederholungsmöglichkeit:

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

#### Inhalt:

#### Lernergebnisse:

#### Lehr- und Lernmethoden:

#### Medienform:

#### Literatur:

**Modulverantwortliche(r):**

**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

### **BV330003: Computational Plasticity | Computational Plasticity [Bau-CompPlas]**

*Numerik der Plastizitätstheorie*

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2020

<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 Modulleistung wird in Form einer 60-minütigen Klausur (ohne Hilfsmittel) erbracht. Mit der Klausur weisen die Studierenden nach, dass sie die verschiedenen Modelle und numerischen Ansätze zur Berechnung von Plastizitätsvorgängen einschließlich ihrer Herleitungen und der damit verbundenen Annahmen verstanden haben und anwenden können. Ferner zeigen die Studierenden, dass sie die algorithmische Umsetzung dieser Phänomene beschreiben und beurteilen können.

#### **Wiederholungsmöglichkeit:**

Folgesemester

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

Kenntnisse der Materialmechanik und –modellierung (z.B. Computational Material Modelling 1), der Finite-Element-Methoden und der Kontinuumsmechanik

#### **Inhalt:**

- Mathematische Grundlagen für die Plastizitätsmodellierung (ein- und mehrdimensional),
- Plastizitätsmodelle unter der Annahme kleiner Dehnungen (z.B. J2-Plastizität),
- Algorithmische Verfahren zur Behandlung von Fließkriterien, Verfestigungsgesetzen und plastischen Fließregeln,
- Assoziative und nicht-assoziative Plastizität,
- Return mapping algorithm (RMA);
- Plastizität unter der Annahme endlicher Dehnungen,
- Rechnerische und algorithmische Behandlung der Viskoplastizität,
- Limit Analysis für dynamische und statische Probleme.

### **Lernergebnisse:**

Nach erfolgreicher Teilnahme am Modul sind die Studierenden in der Lage, die prinzipiellen Methoden und Algorithmen zur Berechnung von Plastizitätsvorgängen zu verstehen und problembezogen korrekt anzuwenden. Im Einzelnen bedeutet dies, sie können:

- die wichtigsten Aspekte und Modelle der mathematischen und mechanischen Beschreibung der Plastizität erinnern,
- die zugrundeliegenden Annahmen und Vereinfachungen verstehen,
- die entsprechenden Modelle und Methoden im Bereich der SSP (small-strain plasticity) richtig anwenden,
- die Methoden der FSP (finite strain plasticity) richtig anwenden,
- die vereinfachten Ansätze zur Plastizität (Limit Analysis) für statische und dynamische Fälle korrekt anwenden,
- zugehörige Algorithmen (z.B. Return-Mapping-Algorithmus) analysieren,
- die Implementierung in verschiedenen Software-Programmen bewerten,
- Flussdiagramme und Pseudo-Codes für die Plastizitätsalgorithmen entwickeln.

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

Das Modul besteht aus einer Vorlesung. In der Vorlesung werden die Inhalte des Moduls durch kleine Anwendungsbeispiele bezüglich des plastischen Verhaltens typischer Materialien und der zugehörigen algorithmischen Implementierung (Pseudo-codes) veranschaulicht sowie durch die offene Diskussion mit den Studierenden vertieft. Die Studierenden werden während der Vorlesung motiviert, die besprochenen Themen durch Fachliteratur und eigenständige Studien selbständig zu erweitern. Durch Software-Demonstrationen (z.B. mit Python) werden weitere praktische Aspekte aufgezeigt.

### **Medienform:**

PowerPoint, Video, Tafelarbeit, Software-Demonstrationen

### **Literatur:**

E.A. de Souza Neto, D. Peric, and D.R.J Owen: Computational Methods for Plasticity – Theory and Applications. Wiley, 2008.

F. Dunne and N. Petrinic: Introduction to Computational Plasticity, Oxford Univ. Press, 2005.

J.C. Simo and T.J.R. Hughes: Computational Inelasticity, Springer, 2000.

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

Fabian Duddeck (duddeck@tum.de)

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

Computational Plasticity (Vorlesung, 2 SWS)

Duddeck F [L], Duddeck F ( Vargas Fajardo J )

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

## Modulbeschreibung

### **BV330004: Fracture & Damage | Fracture & Damage [Bau-Fracdam]** *Schädigungs- und Bruchmechanik*

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2020

<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 Modulleistung wird in Form einer 60-minütigen Klausur (ohne Hilfsmittel) erbracht. Mit der Klausur wird nachgewiesen, dass die Studierenden verschiedene Modelle der Schädigungs- und Bruchmechanik einschließlich ihrer Herleitung und der damit verbundenen Annahmen verstehen und anwenden können. Ferner wird überprüft, ob die numerische Modellierung dieser Phänomene mittels der Finite-Element-Methoden beschrieben und beurteilt werden kann.

#### **Wiederholungsmöglichkeit:**

Folgesemester

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

Kenntnisse der Materialmechanik und –modellierung (z.B. Computational Material Modelling 1) sowie der Finite-Element-Methoden

#### **Inhalt:**

- Isotrope und anisotrope Schädigungsmechanik
- Schädigungsmodelle für spröde und duktile Materialien
- Schädigungsmodelle für Ermüdung und Kriechen
- LEFM mit K-Faktoren, Griffithkriterien, J-Integral
- EPFM mit Modellierungen nach Dugdale, Irwin, J-Integral, HRR
- Finite-Element-Methoden für die Bruchmechanik
- Beispiele aus Fachliteratur und Softwareprogrammen zur Schädigungs- und Bruchmechanik

#### **Lernergebnisse:**

Nach erfolgreicher Teilnahme am Modul sind die Studierenden in der Lage, die prinzipiellen Methoden zur numerischen Modellierung von Problemen der Schädigungs- und Bruchmechanik zu verstehen und problembezogen korrekt anzuwenden. Im Einzelnen bedeutet dies, sie können:

- die wichtigsten Modelle der Schädigungs- und Bruchmechanik erinnern,
- die zugrundeliegenden Annahmen und Vereinfachungen verstehen,
- die Methoden der Kontinuumsmechanik zur Schädigungsmodellierung richtig anwenden,
- die korrekten Modelle für Probleme der LEFM (Linear Elastic Fracture Mechanics) und der EPFM (Elasto-Plastic Fracture Mechanics) anwenden,
- die mechanischen Modelle im zugehörigen Kontext analysieren,
- die zugehörige Fachliteratur bewerten,
- die Implementierung in verschiedenen Software-Programmen bewerten.
- den problemspezifisch besten Kompromiss entwickeln zwischen Komplexität des Modells und numerischer Effizienz der Modellierung.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Das Modul besteht aus einer Vorlesung. In der Vorlesung werden die Inhalte des Moduls durch kleine analytische und numerische Anwendungsbeispiele zur Schädigungs- und Bruchmechanik veranschaulicht und durch eine offene Diskussion mit den Studierenden vertieft. Die Studierenden werden während der Vorlesung motiviert, die besprochenen Themen durch Fachliteratur und Industriebeispiele selbständig zu erweitern.

**Medienform:**

PowerPoint, Video, Tafelarbeit.

**Literatur:**

Jean Lemaitre and Rodrigue Desmorat: Engineering Damage Mechanics - Ductile, Creep, Fatigue and Brittle Failures. Springer 2005.

Dietmar Gross and Thomas Seelig: Fracture Mechanics: With an Introduction to Micromechanics. Springer 2011.

**Modulverantwortliche(r):**

Fabian Duddeck (duddeck@tum.de)

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

Damage and Fracture (Vorlesung, 2 SWS)

Duddeck F [L], Duddeck F ( Vargas Fajardo J )

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

## Modulbeschreibung

### BV490049T2: Mineralische Rohstoffe 1 | Mineral Resources 1 [W-02]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2011/12

<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> 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:

Prüfungsleistung: Klausur; Studienleistung: Teilnahme und Bericht zur 2-tägigen Geländeübung (ohne Note)

Der Leistungsnachweis erfolgt in Form einer 60 minütigen Klausur. In der Klausur wird anhand von Wissens- und Transferfragen nachgewiesen, inwieweit die Studierenden die geologischen Vorkommen und Eigenschaften von Industriemineralen und Massenrohstoffen, ihre Aufbereitung und Verwendung präzise wiedergeben, sowie die wichtigsten Prozesse der Lagerstättenentstehung in begrenzter Zeit komprimiert beschreiben können. Desweiteren wird anhand kurzer Analysefragen überprüft, ob die Studierenden die unterschiedlichen Rohstoff-Qualitäten in ihren jeweiligen Anwendungsfeldern, die rohstoffbildenden Prozesse sowie die mögliche Substituierbarkeit selbständig bewerten können. In der Klausur sind keine Hilfsmittel zugelassen.

Zusätzlich ist ein Bericht zur 2-tägigen Geländeübungen in Rohstoff-fördernden Betrieben anzufertigen. Dabei wird überprüft, ob die Studierenden in der Lage sind, im Gelände die komplexen geologischen und genetischen Zusammenhänge zwischen Rohstoffen mit unterschiedlichen Qualitäten und ihren Nebengesteinen erfassen zu können und diese abstrahiert graphisch darzustellen.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Vorlesung: Veranstaltungen "Georessourcen und Umweltwissenschaften" im BSc-Studiengang Geowissenschaften.

#### Inhalt:

Industriemineralien und Massenrohstoffe: Definitionen, Bedeutung, Vorkommen, Entstehung, Abbau, Aufbereitung, Qualitätskriterien, Verwendung.

Speziell behandelt werden Gesteinskörnungen, Karbonate, Gips, Anhydrit, Salze, Phosphate, Muskovit, Perlit, Quarz, Fluorit, Baryt, Abrasiva, Spezialtone (Kaolin, Bentonit), grob- und feinkeramische Tone und keramische Erzeugnisse.

Regional liegt der Schwerpunkt auf den Lagerstätten in Mitteleuropa. Die Geländeübung umfasst deswegen auch Besuche und Untersuchungen an wichtigen Lagerstätten und Betrieben der Mineralwirtschaft in diesem Raum.

### **Lernergebnisse:**

Nach der Teilnahme an der Modulveranstaltung ist der Studierende in der Lage,

- die wichtigsten Industriemineralien und Massenrohstoffe, ihr Vorkommen, Entstehung, Eigenschaften und Verwendung zu erinnern
- geeignete Aufsuchungs- und

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

Das Modul besteht aus einer Vorlesung mit einem Anteil an interaktiver Entwicklung der Themen durch Mitwirken der Studierenden und eine ergänzende Geländeübung zu Betrieben der Rohstoffgewinnung. Themen werden teilweise durch Präsentationen, durch Tafelanschriften aber auch durch Filmausschnitte vorgestellt. Im Teil über die Rohstoffe werden Minerale und Gesteine als Anschauungsmaterial vorgelegt. Nur durch die eigene Begutachtung der Handstücke im Unterricht ist ein sicheres Erkennen der Rohstoffe und ihrer unterschiedlichen Qualitäten möglich. Bei der Besprechung der Verwendung von Industriemineralen werden Aufbereitungsprodukte oder Endprodukte vorgezeigt. Die begleitende Geländeübung zeigt die volle Produktionskette vom Rohstoff, über die Gewinnung und Verarbeitung, bis zu den Endprodukten. Nur die Begutachtung der Rohstoffe im Gelände ermöglicht es den Studierenden die Lagerungsverhältnisse der Erze im Gesteinsverband zu erkennen und die damit verbundenen genetischen Prozesse zu verstehen.

### **Medienform:**

Tafelanschriften und PowerPointpräsentationen, ergänzende Verteilungsblätter und Internetlinks auf ergänzende Informationen werden auf der e-Learning-Plattform angeboten, eigene Mitschrift erforderlich. Demonstrationsobjekte werden vorgelegt. Besuch von Rohstoffgewinnungsstätten und Begutachtung der Rohstoffe im Gelände.

### **Literatur:**

HARBEN, P. W. & KUZVART, M. (1996): Industrial minerals. A global geology.- 462 S.; London (Industrial Minerals Information Ltd.).

LORENZ, W. & GWOSDZ, W. (1997-2003): Bewertungskriterien für Industriemineralien, Steine und Erden.- Hannover (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe).

MANNING, D. A. C. (1995): Industrial Minerals.- 276 S.; London (Chapman & Hall).

WEINIG, H., DOBNER, A., LAGALY, U., STEPHAN, W., STREIT, R., & WEINELT W. (1984): Oberflächennahe mineralische Rohstoffe von Bayern.- Geologica Bavarica, Bd. 86, 563 S.

Außerdem wird die Lektüre der Zeitschriften Industrial Minerals und Naturstein bzw. Steinbruch und Sandgrube (Handbibliothek Lehrstuhl für Ingenieurgeologie) empfohlen.

**Modulverantwortliche(r):**

H. Albert Gilg (agilg@tum.de)

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

Industrieminerale und Massenrohstoffe, 2 SWS VO

Geländeübung, 2 GT (Geländetage)

Prof. Dr. H. Albert Gilg agilg@tum.de

Dr. Gerhard Lehrberger lehrberger@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

### CH4108: Quantenmechanik | Quantum Mechanics

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2023/24

<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> 75	<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 Prüfungsleistung wird schriftlich in Form einer Klausur (120 Min.) erbracht. In dieser sollen die Studierenden nachweisen, dass sie sich an grundlegende Prinzipien, Methoden und Sachverhalte aus der Quantenmechanik erinnern, ein Problem erkennen und mathematisch formulieren und in begrenzter Zeit ohne Hilfsmittel Wege zu einer Lösung finden können. Die Antworten erfordern teils eigene Berechnungen und Formulierungen teils Ankreuzen von vorgegebenen Mehrfachantworten.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Semesterende

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

"Mathematische Methoden der Chemie 1", "Mathematische Methoden der Chemie 2", "Experimentalphysik 1" und "Experimentalphysik 2"

#### Inhalt:

Begriffliche und historische Einführung, Grundprinzipien der Quantenmechanik (QM), einfachste Anwendungen der QM, der harmonische Oszillator, Drehimpuls in der QM, Wasserstoff-Atom, grundlegende Näherungsverfahren der QM, Elektronen-Spin und Pauliprinzip, Helium-Atom, einfachste zweiatomige Moleküle, abstrakte Gruppentheorie, molekulare Symmetrie und Symmetriegruppen, Darstellungstheorie, Anwendungen von Gruppentheorie in der QM, Molekülorbital-Theorie.

#### Lernergebnisse:

Nach der Teilnahme am Modul "Quantenmechanik" sind die Studierenden mit den begrifflichen und mathematischen Grundlagen der Quantenmechanik (QM) vertraut. Sie kennen die Bedeutung von Zustandsfunktionen, Operatoren, Eigenwerten und Eigenfunktionen. Sie kennen die Lösungen von elementaren Modell-Systemen, z. B. Teilchen im Kasten oder harmonischer Oszillator.

Die Studierenden sind mit den grundlegenden Näherungsmethoden der QM (Variationsprinzip und Störungstheorie) vertraut und können diese auf konkrete Fragestellungen anwenden. Die Studierenden kennen die Bedeutung des Pauliprinzips für atomare und molekulare Mehrelektronen-Systeme und verstehen die Mechanismen der chemischen Bindung am Beispiel des  $H_2^+$  Molekülions und des Wasserstoffmoleküls. Sie kennen die Eigenlösungen des Drehimpulsoperators und des Wasserstoffatoms. Die Studierenden verstehen die Bedeutung von Symmetrie-Operationen, Symmetrie-Gruppen und irreduziblen Darstellungen für die QM. Die Studierenden sind in der Lage, für konkrete Beispiele die Symmetriegruppe zu ermitteln und die Charaktertafeln anzuwenden.

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

Das Modul besteht aus einer Vorlesung (3 SWS) und einer begleitenden Übungsveranstaltung in Kleingruppen (2 SWS). Die Inhalte der Vorlesung werden in traditioneller Weise durch Vortrag mit Kreide und Tafel vermittelt. Alle Aussagen und Ergebnisse werden aus den Grundlagen (den Axiomen der Quantenmechanik) hergeleitet. Nicht Wissensvermittlung, sondern das Verständnis logischer Zusammenhänge ist das primäre Ziel der Vorlesung. Die Studierenden sollen zum Mitdenken und zu gemeinsamer Problemlösung von Dozent und Auditorium angeregt werden. Den Studierenden steht ein aktuelles Skriptum zur Verfügung, sodass sie von mechanischem Mitschreiben entlastet sind. Durch Verweise auf spezifische Kapitel von drei besonders geeigneten Lehrbüchern sollen die Studierenden zu selbständigen weiterführenden Studien angeregt werden. In den Gruppenübungen werden gemeinsam mit dem Übungsgruppenleiter ausgewählte Präsenzaufgaben bearbeitet und die Lösungswege diskutiert. Anspruchsvollere Aufgaben werden als Hausaufgaben vergeben. Diese bauen in ihrer Komplexität auf den Präsenzaufgaben auf und bedürfen in der Regel einer längeren Bearbeitungszeit. Die Lösungen der Hausaufgaben werden in der nachfolgenden Übungsstunde anhand von Musterlösungen besprochen.

### **Medienform:**

Tafelanschrieb, Folien, PowerPoint, Vorlesungsmanuskript, Übungsblätter, Musterlösungen, e-Learning-Kurs (Moodle). Vorlesungsmanuskript, Übungsblätter und Musterlösungen werden zur Verfügung gestellt.

### **Literatur:**

P. W. Atkins and R. S. Friedman, Molecular Quantum Mechanics (Oxford University Press, 1997)  
I. N. Levine, Quantum Chemistry (Prentice Hall, 2000)  
F. A. Cotton, Chemical Applications of Group Theory (Mc-Graw-Hill 1971)

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

Ortmann, Frank; Prof. Dr. rer. nat.

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

Quantenmechanik (CH4108) (Vorlesung, 3 SWS)  
Ortmann F

Quantenmechanik, Übung (CH4108) (Übung, 2 SWS)

Ortmann F

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

## Modulbeschreibung

### ED130005: Probabilistische Ersatzmodellierung | Uncertainty Quantification with Surrogate Models

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2021/22

<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> 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:

Students will be assigned individual graded coding projects related to one of the lecture topics at the end of the semester. In particular, students will be asked to implement one of the methods discussed in lecture and use this implementation to solve an engineering problem. The grading will be based both on a project report (80%) as well as a short oral presentation of the work (20%). During the semester, bi-weekly problem sets will be distributed. Completing handed-in problem sets with at least 70% of the total points earns students a grade bonus of 0.3 on the final grade (1 problem set may be skipped or if all problem sets are handed in, the lowest-graded will be dropped).

#### Wiederholungsmöglichkeit:

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

This course requires basic knowledge of probabilistic modelling, e.g., through successful participation in one or several of the following courses offered by ERA: Risk Analysis, Stochastic Finite Element Methods, Estimation of Rare Events and Failure Probabilities.

Further, a good command of either Matlab or Python is beneficial.

#### Inhalt:

1. Introduction to UQ, motivation for surrogate modelling
2. Linear regression
3. Experimental design
4. Uncertainty propagation with surrogate models
5. Polynomial chaos expansions
6. Variance-based sensitivity analysis
7. Gaussian process regression

8. Reliability analysis with surrogate models
9. Support vector machines
10. Neural networks

**Lernergebnisse:**

This course aims at familiarising students with different approaches to probabilistic surrogate modelling and its uses for solving problems in the uncertainty quantification disciplines of uncertainty propagation, probabilistic sensitivity analysis and reliability analysis. After having completed this course, students should:

- understand the surrogate modelling process consisting of experimental design, computation and validation
- have acquired an in-depth knowledge of the covered surrogate modelling approaches for UQ: regression, polynomial chaos expansions, Gaussian process regression, support vector machines and neural networks
- know how to assess the accuracy of surrogate models and how to improve the experimental design with regard to the prediction target
- understand the strengths and weaknesses of the covered surrogate modelling approaches for the different UQ disciplines
- Implement the discussed methods in Matlab or Python

**Lehr- und Lernmethoden:**

The course consists of weekly lectures. Lectures will be given on the black/whiteboard, along with slide presentations and code demonstrations. Whiteboard lectures are used to convey theoretical concepts and derivations at an appropriate pace. Slide presentations and code demonstrations serve to illustrate applications and demonstrate how to move from theory to practice when implementing the taught approaches.

**Medienform:**

- Lectures with blackboard supported by slides
- Exercise sheets
- Matlab code examples

**Literatur:**

References and selected materials will be provided

**Modulverantwortliche(r):**

Max Ehre

**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

### ED160034: Kunststoffcharakterisierung und -analyse | Analysis and Testing of Plastics [AToP]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2024

<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 Modulprüfung erfolgt in Form einer schriftlichen oder, mit vorheriger Ankündigung, als mündliche Klausur basierend auf Inhalten der Vorlesung, des praktischen Teils sowie aus Teilen des Selbststudiums. Die Klausur beurteilt ob die Studierenden das Kurrikulum zu einem zufriedenstellenden Niveau beherrschen. Die Bearbeitungsdauer der Klausur ist 60 Minuten. Es ist nur ein nicht programmierbarer Taschenrechner als Hilfsmittel erlaubt. Die Klausur besteht sowohl aus Wissensfragen als auch aus Anwendungsaufgaben.

Die Klausur beurteilt ob

- die Studierenden die physikalischen und chemischen Grundprinzipien der Analysemethoden verstehen sowie die Relevanz der Methoden für verschiedene Branchen und Anwendungsbereiche ableiten können.
- die Daten verschiedener Analysemethoden zu interpretieren und zu diskutieren, wie diese mit der Polymerstruktur und -chemie verknüpft sind.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

keine

#### Inhalt:

Die Vorlesung vermittelt ein vertieftes Verständnis zu den unterschiedlichen Analysemethoden für Kunststoffe. Dabei werden die Bereiche

- Polymerklassen
- Thermische Analyse
- Kriechen und Relaxation
- Statische Mechanische Analyse

- Dynamische Analyse
- Rheologische Analyse
- Flammeigenschaften
- Alterung
- Schadensanalyse
- Recycling von Kunststoffen

hinsichtlich deren chemischen und physikalischen Grundprinzipien sowie deren Anwendungsbereiche analysiert. Beginnend vom Messprinzip inklusive physikalischer und chemischer Wirkmechanismen, über den Anlagenaufbau und die Probenpräparation, bis hin zur Interpretation von experimentellen Ergebnissen. Ergänzt werden die Vorlesungsinhalte durch die Grundlagen für die softwarebasierte Vorhersage von Vernetzungsreaktionen, die auf Kinetik-Modellen basieren. Anhand konkreter Anwendungen in unterschiedlichen Branchen & Verfahren wird das grundlegende Wissen vertieft und Anwendungskriterien abgeleitet.

### **Lernergebnisse:**

Nach der Teilnahme an dem Modul haben die Studierenden ein breites Verständnis von verschiedenen Analysemethoden von Kunststoffen und verstehen wie diese Methoden funktionieren. Nach Absolvieren des Moduls, sind Studierende in der Lage:

- Kunststoffeigenschaften aus den Analysen zu bestimmen und zu bestehen, wie die Analysemethoden funktionieren.
- zwischen verschiedenen Polymerklassen zu unterscheiden sowie deren charakteristischen Eigenschaften zu benennen.
- die fundamentalen Mechanismen der wichtigsten Analysemethoden zu erkennen und deren Wichtigkeit für verschiedene Branchen oder Anwendungen darzustellen.
- verschiedene Kunststoffe durch Anwendung der Analysemethoden zu erkennen.
- Für die jeweilige Anwendung bzw. Fragestellung das geeignete Analyseverfahren ableiten sowie umgekehrt, durch die durchgeführten Analysen, Vorschläge für die Anwendung von verschiedenen Kunststoffen treffen.

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

Das Modul besteht aus mehreren Vorlesungseinheiten, Laborübungen und Selbststudien (Hausübungen), die einander komplementieren. In der Vorlesung wird zunächst ein Überblick über Kunststoffe, deren Aufbau und Einteilung sowie deren charakteristischen Eigenschaften gegeben. Der Schwerpunkt liegt dann auf den Grundlagen von verschiedenen Analysemethoden von Kunststoffen, die anhand von Vortrag, Präsentation und Praxisbeispielen erklärt werden. Die Vorlesungsunterlagen werden auf geeignete Weise zur Verfügung gestellt. Damit sollen die Studierenden lernen, die verschiedenen Analysemethoden für Kunststoffe zu verstehen. Die Möglichkeiten für Rückfragen sind gegeben. Die Studenten erlernen die fundamentalen Analysemethoden für unterschiedliche Anwendungsfälle zu unterscheiden und die Ergebnisse korrekt zu interpretieren.

### **Medienform:**

Vortrag, Präsentation, Tablet-PC mit Beamer

**Literatur:**

Tim Osswald, Natalie Rudolph, Polymer Rheology, Hanser, 2013, ISBN 978-1-56990-517-3

Ehrenstein, Gottfried & Riedel, Gabriela & Trawiel, Pia, Thermal Analysis of Plastics, 2004, ISBN 978-3-446-22340-0

Gebhardt, Andreas, and Jan-Steffen Hötter. Additive manufacturing: 3D printing for prototyping and manufacturing. Carl Hanser Verlag GmbH Co KG, 2016.

George Wypych, Handbook of Polymers, ChemTec Publishing, 2012, ISBN 978-1-895198-47-8

Kevin P. Menard. Dynamic Mechanical Analysis: A Practical Introduction, Second Edition (English Edition) 2nd Edition 2008, ISBN 978-1420053128

**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) oder [hier](#).

## Modulbeschreibung

### EI71066: Simulation of Semiconductor Properties | Simulation of Semiconductor Properties [SSP]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2022

<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> 75	<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 Modulprüfung besteht aus drei Teilen:

- Hausaufgaben [Gewichtung 30%].
- Projekte [Gewichtung 60%].
- Diskussionen [Gewichtung 10%].

Während dem Semester wird es drei kurze Hausaufgaben geben. Die Studierenden werden hier spezifische theoretische Konzepte von DFT und ML erarbeiten und in kurzen Präsentationen (~10 Minuten) ihren Kommilitonen:innen erklären.

Die praktische Anwendung von DFT und ML wird mittels dreier vorlesungsbegleitender Projekte geprüft. Hierbei lösen die Studierenden spezifische Simulationsaufgaben. Die Implementierung und die Simulationsergebnisse werden in den Tutorien präsentiert und diskutiert.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Grundlagen der Materialphysik und der Funktionsweise von nanostrukturierten Bauelementen.

- EI0636: Nanoelectronics
- EI04032: Nano- und Quantentechnologie

Grundlagen der Programmierung und Datenverarbeitung.

- EI00110: Computertechnik und Programmieren
- EI04024: Python for Engineering Data Analysis

### **Inhalt:**

Der Fokus dieses Moduls liegt darauf, hochgenaue Simulationsmethoden für verschiedene Halbleitermaterialien einzuführen. Dies beinhaltet elementreine Systeme (z.B. Silizium), Materialverbindungen (z.B. Gallium-Nitride), sowie organische Halbleiter, die wegen ihren einzigartigen Eigenschaften untersucht werden. Verschiedene Eigenschaften (z.B. Zustandsdichte, Bandlücke, Bandstruktur, Ladungstransferintegrale) werden mittels Dichtefunktionaltheorie (DFT) untersucht.

Zusätzlich werden die Grundprinzipien des Machine-Learning (ML), sowie verschiedene spezielle ML-Architekturen besprochen und auf einfache Probleme angewandt. Zuletzt werden neuartige Ansätze besprochen, wie ML-Techniken im Bereich der Halbleiter-Materialforschung eingesetzt werden.

Der Inhalt wird in drei Teile gegliedert:

- Einführung in DFT und ihre Anwendung zur Berechnung von Halbleiter-Materialeigenschaften.
- Einführung in verschiedene ML-Architekturen und ihre Anwendung in Python (es werden die Bibliotheken scikit-learn, tensorflow, und pytorch genutzt).
- Anwendung von ML-Techniken in der Halbleiter-Materialforschung.

### **Lernergebnisse:**

Nach der erfolgreichen Teilnahme an diesem Modul sind die Studierenden in der Lage

- die grundlegenden Konzepte der Dichtefunktionaltheorie (DFT) zu verstehen.
- DFT-Simulationen mit bestehenden Software-Tools durchzuführen (z.B. QuantumEspresso).
- elektronische Eigenschaften von Halbleitermaterialien mittels DFT zu analysieren.
- die grundlegenden Konzepte verschiedener Machine Learning (ML) -Architekturen zu verstehen.
- ML-Techniken im Bereich der Halbleiter-Materialforschung anzuwenden.

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

Die Lernmethode dieses Moduls ist auf die Studierenden ausgerichtet. Die aktive Teilnahme an Diskussionen, das gegenseitige Erklären und F&A werden gefördert. Methoden, wie das umgekehrte Klassenzimmer und personalisierte Lehrmethoden werden genutzt. Dies hilft Studierenden, die grundlegenden Konzepte zu erlernen, die andernfalls oft als schwierig angesehen werden.

Das Modul besteht aus wöchentlichen Vorlesungen und Tutorien.

In den Vorlesungen werden die theoretischen Grundlagen von einem Dozenten vorgetragen und anschließend mit den Studierenden diskutiert. Die Vorlesungen sind durch elektronische Präsentationen unterstützt.

In den Tutorien lernen die Studierenden die praktische Anwendung von DFT- und ML-Tools. Zusätzlich werden die Studierenden Zeit haben, an ihren individuellen Projekten und Hausaufgaben zu arbeiten. Aufkommende Fragen werden zusammen mit den anderen Studierenden und dem Dozenten diskutiert.

### **Medienform:**

Die Vorlesungsunterlagen werden über die Moodle Plattform bereitgestellt:

- Präsentationen
- Vorlesungs-Skript
- Übungsblätter
- Zugang zu numerischen Simulations-Programmen

**Literatur:**

- R.M. Martin: "Electronic Structure - Basic Theory and Practical Methods", Cambridge University Press, 2020 [<https://doi.org/10.1017/9781108555586>]
- F. Giustino: "Materials Modelling using Density Functional Theory", Oxford University Press, 2014
- V. Brazdova, D.R. Bowler: "Atomistic Computer Simulations", John Wiley & Sons, 2013
- G. James et al.: "An Introduction to Statistical Learning", Springer, 2013 [<https://doi.org/10.1007/978-1-4614-7138-7>]

**Modulverantwortliche(r):**

Gagliardi, Alessio; 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

### EI73751: Quantum Nanoelectronics | Quantum Nanoelectronics

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2021

<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:

In an oral examination (25 minutes) students prove their understanding of nanoelectronics for information technology. By answering questions and performing calculations they show their ability to analyze quantum mechanical effects on devices.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

No prerequisites

#### Inhalt:

The influence of quantum mechanics on electronics, nanoelectronics and information theory, early quantum theory of radiation, Planck's radiation law, the photoelectric effect, spontaneous and induced emission, quantum properties of matter, the matter wave, the Schrödinger equation, the observability of physical quantities, expectation values of observables, eigenfunctions and eigenvalues of operators, stationary states, particle in square well potential, the one-dimensional harmonic oscillator, the hydrogen atom, atoms, molecules, solids, nanostructures, the Hilbert space representation of states and observables, Dirac vectors, dynamics of quantum systems, the Schrödinger representation, the Heisenberg representation, the interaction representation, algebraic treatment of the harmonic oscillator, quantum information theory, the Einstein-Podolsky-Rosen experiment, entangled states, the quantization of the electromagnetic field, quantum theory of electric circuits, coherent states, interaction of radiation and matter, emission and absorption of radiation, the natural line width of an atom, quantum statistics, the density operator, the coherent state and the Poisson distribution, signal and noise, the characteristic function, photon field coupled to a reservoir of a two-level atom, laser theory, superconductivity, the Josephson effect, quantization of the JC circuit, quantum computing, basic operations in quantum computing, the no-cloning theorem, quantum teleportation

**Lernergebnisse:**

At the end of the module students are able to analyse effects of quantum mechanics in quantum nanoelectronics. They understand the relevance of nanoelectronics in information theory and information technology.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Lerning method:

In addition to the individual methods of the students consolidated knowledge is aspired by repeated lessons in exercises and tutorials.

Teaching method:

During the lectures students are instructed in a teacher-centered style. The exercises are held in a student-centered way.

**Medienform:**

The following kinds of media are used:

- Presentations
- Lecture notes
- Exercises with solutions as download

**Literatur:**

The following literature is recommended:

- Additional reading material, class notes and useful web sources will be provided to the students by a sharepoint system

**Modulverantwortliche(r):**

Utschick, Wolfgang; 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

### EI7388: Technologie der III-V-Halbleiterbauelemente | Technology of III/V Semiconductor Devices

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2015/16

<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 Klausur (60 min) bearbeiten die Studierenden ohne Hilfsmittel Fragestellungen, anhand derer sie nachweisen, dass sie sowohl die physikalischen als auch technologischen Eigenschaften von III-V-Halbleitern abrufen können und auf entsprechende Bauelemente anwenden können.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Grundkenntnisse über elektronische und optoelektronische Bauelemente

Es wird empfohlen, ergänzend an folgenden Modulen teilzunehmen:

- Optoelektronik
- Nanophotonics

#### Inhalt:

TEIL I: Materialien - Herstellung, Charakterisierung und Bearbeitung:

Grundlegende Eigenschaften von Halbleitern und Anforderungen von optoelektronischen Bauelementen; Herstellung von III-V-Verbindungshalbleitern (Epitaxieverfahren; LPE, MOVPE, MBE); Charakterisierung von Halbleiterkristallen (Röntgenbeugung, Photolumineszenz, Hall-Effekt); Bearbeitung von Halbleitern (Lithografie, Ätztechniken, Kontaktierung)

TEIL II: Bauelemente:

Feldeffekttransistoren (Funktionsweise, Herstellung, Optimierung für High-Speed-Anwendungen); Heterobipolartransistoren (Funktionsweise, Herstellung, Optimierung); Leuchtdioden; Laserdioden (Funktionsweise, Herstellung, Realisierungsformen verschiedener Konzepte)

### **Lernergebnisse:**

Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls kennen die Studierenden die technologischen und physikalischen Grundlagen der Technologie von III-V-Verbindungshalbleitern und deren optoelektronischer und elektronischer Bauelemente.

Zu Beginn werden verschiedene Verfahren zur Synthetisierung von III/V-Halbleitern vorgestellt und die Studenten bekommen ein Verständnis für die Grundlagen der Kristallherstellung. Hierauf aufbauend steht die Analyse der Materialien, deren Prinzipien sich die Teilnehmer der Vorlesung auch anhand von Übungsaufgaben erarbeiten. Am Ende der Vorlesung sollten die Teilnehmer in der Lage sein, einen Fertigungsprozess für Halbleiterbauelemente zumindest in den wichtigsten Schritten eigenständig zu entwickeln.

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

Der Inhalt der Vorlesung wird in Form eines Frontalunterrichts präsentiert. Zur Vertiefung einzelner Themengebiete wird den Studenten über die Lehrbücher hinaus weiterführende bzw. Originalliteratur zum Selbststudium angegeben. Um den Umgang mit den präsentierten Sachverhalten einzuüben, werden Aufgaben ausgeteilt, die von den Studenten als Hausaufgaben zu bearbeiten und später in der Übungsveranstaltung von ihnen vorzurechnen sind.

### **Medienform:**

Folgende Medienformen finden Verwendung:

- Präsentationen
- Übungsaufgaben
- eigene Präsentation der erarbeiteten Ergebnisse

### **Literatur:**

Folgende Literatur wird empfohlen:

- W. Prost, "Technologie der III/V-Halbleiter", Springer-Verlag, 1997
- S.M. Sze, "High-Speed Semiconductor Devices", John Wiley & Sons, Inc., 1990
- J. Singh, "Semiconductor Devices", McGraw-Hill, Inc., 1994
- W. Bludau, "Halbleiteroptoelektronik", Hanser-Verlag,

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

Belkin, Mikhail; Prof. Dr.

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

Technologie der III-V-Halbleiterbauelemente (Vorlesung mit integrierten Übungen, 3 SWS)

Belkin M, Meyer R

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*

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2022/23

<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:

Zeitnahes Nachbereiten 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 fluiddynamischen Grundauslegung verbrennungstechnischer Systeme. Sie beherrschen die Grundlagen des Entwurfs und der Skalierung von Verbrennungsanlagen. Durch das Verständnis der thermofluiddynamischen 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):**

Wen, Dongsheng; 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

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

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab 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

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

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab 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

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

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab 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

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

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab 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> 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 einer Formelsammlung zusammenhängende Probleme erarbeitet werden sollen.

Zugelassenes Hilfsmittel: nicht-programmierbarer Taschenrechner.

Im Wintersemester wird das Modul auf deutsch angeboten.

Die Prüfung wird nach jedem Semester in deutscher und englischer Sprache angeboten.

Im Sommersemester wird das Modul auf englisch angeboten.

#### 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; 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, Bott L

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

## Modulbeschreibung

### MW1394: Faser-, Matrix-, und Verbundwerkstoffe mit ihren Eigenschaften | Composite Materials and Structure-Property Relationship [FME]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2025

<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:

In einer schriftlichen Prüfung (90 min) sind die vermittelten Inhalte auf verschiedene Aufgabenstellungen anzuwenden.

Zugelassenes Hilfsmittel: nicht-programmierbarer Taschenrechner.

Studierende weisen in der Prüfung ihr Verständnis der Materialeigenschaften von Faserverbundwerkstoffen sowie ihren Ausgangsmaterialien sowie der angewendeten Prozessketten und Charakterisierungsverfahren nach.

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:

#### Inhalt:

- Einführung/ Motivation (Überblick über Materialien und deren Einsatzgebiete bzw. Marktentwicklung);

- Ausgangsmaterialien und Herstellung unterschiedlicher Fasern (Carbon, Glas, Aramid, mineralische und Naturfasern) und Matrixwerkstoffen (Duromer, Thermoplast, Elastomer) und deren spezifische Eigenschaften;
- Beschreibung der Faser/Matrixanbindung und Bedeutung der Faseroberflächenvorbehandlung;
- Charakterisierung phys./chemischer und mechanischer Eigenschaften von Ausgangsmaterialien und Verbundwerkstoffen;
- Mechanisches Verhalten im Überblick;
- Verarbeitung von Fasern zu Faserhalbzeugen und Preformen
- Einführung in die Flüssigharzinfusionsverfahren und andere Bauteil-Produktionsverfahren
- Verfahren zur zerstörenden und zerstörungsfreien Werkstoffprüfung
- Recyclingprozesse.

### **Lernergebnisse:**

Nach der Teilnahme an der Modulveranstaltung "Faser-, Matrix-, und Verbundwerkstoffe mit ihren Eigenschaften" sind die Studierenden in der Lage, Unterschiede zwischen den Ausgangsmaterialien und deren Herstellung bzw. Weiterverarbeitung zu Komponenten zu verstehen und Faser bzw. Matrixmaterialien anhand ihres mechanischen Eigenschaftsprofils und ihrer Kostenstruktur auszuwählen und zu bewerten. Die Studierenden können unterschiedliche Verarbeitungstechnologien in der Textil- und Infusionstechnik beschreiben und nach technologischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten evaluieren. Außerdem können sie die Potenziale der Faserverbundwerkstoffe erkennen, die Möglichkeiten innerhalb der Verarbeitungsprozesskette einschätzen und neue Herstellkonzepte auf Bauteilebene entwerfen.

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

In der Vorlesung (Unterrichtssprache Englisch) werden die Lehrinhalte anhand von Vortrag, Präsentation mit Powerpoint Folien, Tafelbild, Beamer vermittelt. Anhand von Beispielen aus der Praxis wird zuerst der "rote Faden" erklärt und ein grundlegendes Verständnis für die Aufgabenstellungen geschaffen. Die theoretischen und praktischen Grundlagen werden im Anschluss über Folienpräsentation und Tafelbild und über Rückfragen vermittelt und gemeinsam erarbeitet. Das erlernte Wissen wird in den Übungen (Unterrichtssprache Englisch) an praxisnahen Beispielen angewandt (z.B. Berechnung von Faservolumengehalt; Bestimmung Glasübergangstemperatur aus DSC-Kurve). Den Studierenden wird eine Foliensammlung zugänglich gemacht. Alle Lehrmaterialien werden online zur Verfügung gestellt.

### **Medienform:**

Vortrag, Präsentation mit Powerpoint Folien, Tafelbild, Beamer, Online-Lehrmaterialien; Unterlagen sind in englischer Sprache gehalten.

### **Literatur:**

Neitzel Manfred; Mitschang, Peter; Handbuch Verbundwerkstoffe: Werkstoffe, Verarbeitung, Anwendung (3-446-22041-0); Hearle, J.W.S; High-Performance Fibers (1-855-73539-3); Flemming, Manfred ;Ziegmann, Gerhard; Roth, Siegfried; Faserverbundbauweisen Fasern Matrices (3-540-58645-8); Faserverbundbauweisen Halbzeuge und Bauweisen (3-540-60616-5);

Faserverbundbauweisen Eigenschaften - Mechanische. konstruktive. thermische. elektrische. ökologische. wirtschaftliche Aspekte (3-540-00636-2)

**Modulverantwortliche(r):**

Drechsler, Klaus; Prof. Dr.-Ing.

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

Faser, Matrix- und Verbundwerkstoffe mit ihren Eigenschaften (Übung, 1 SWS)

Drechsler K [L], Kohler C, Körber L, Rehman N, Wettemann T

Faser, Matrix- und Verbundwerkstoffe mit ihren Eigenschaften (Vorlesung, 2 SWS)

Drechsler K [L], Kohler C, Körber L, Rehman N, Wettemann T

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

## Modulbeschreibung

### MW1412: Prozesssimulation und Materialmodellierung von Composites | Process Simulation and Material Modelling of Composites [PMC]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2020

<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 Klausur (Bearbeitungsdauer 90 min) werden die vermittelten Lernergebnisse mit verschiedenen Aufgabenstellungen überprüft. Die Prüfung gliedert sich in einen Kurzfragen- und einen Berechnungsteil (jeweils 45 min).

Anhand von Verständnisfragen demonstrieren die Studierenden, dass sie die Prinzipien der Materialmodellierung und der Simulation der Fertigungsprozesse von Composites anwenden können. Die Fähigkeit mit analytischen Ansätzen Fragestellungen zur Prozesssimulation und Materialmodellierung zu lösen wird im Berechnungsteil überprüft.

Erlaubte Hilfsmittel sind ein nicht programmierbarer Taschenrechner sowie eine mit der Prüfung ausgeteilte Formelsammlung. Für den Kurzfragenteil sind keinerlei Hilfsmittel erlaubt.

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:

- Faser-, Matrix-, und Verbundwerkstoffe mit ihren Eigenschaften
- Fertigungsverfahren für Composite-Bauteile

- Auslegung und Bauweisen von Composite-Strukturen
- Finite Elemente

### **Inhalt:**

Einführung anhand von einem Demonstrator-Bauteil (Überblick über Prozesssimulation und Materialmodellierung); numerische Grundlagen; Mikromechanik; klassische Laminattheorie; First Ply Failure; Berücksichtigung von Schädigung bzw. Materialdegradation - Last Ply Failure; Materialmodellierung für Kleber, textile Preforms und Laminat; Multi Skalen Ansatz; Preforming Simulation: Drapieren, Kompaktieren, Flechten, Wickeln, Tapelegen Fiber Placement; Füllsimulation; Aushärtensimulation; Verzugssimulation; Struktursimulation (statisch, dynamisch/ Crashsimulation, Stabilität); Anwendung der Simulation in der Forschung und in der industriellen Praxis

### **Lernergebnisse:**

Nach der Teilnahme an der Modulveranstaltung "Prozesssimulation und Materialmodellierung von Composites" sind die Studierenden in der Lage die Materialmodellierung von Composite Werkstoffen und die Simulation der Fertigungsprozesse praxisrelevant durchzuführen. Sie können die einzelnen Fertigungsschritte simulieren und haben ein grundlegendes Verständnis für die Schnittstellen zwischen den einzelnen Fertigungsschritten und die Parameter, die übergeben werden können. Innerhalb der Materialmodellierung können die Studierenden Ansätze aus der Mikro- und Mesomechanik anwenden, um das Textil kontinuumsmechanisch zu beschreiben und um Eingabegrößen für eine Strukturanalyse auf Makroebene zu erarbeiten. Die Studierenden sind in der Lage die Anwendbarkeit und Aussagegenauigkeit der einzelnen Simulationsmethoden für den Praxisfall zu bewerten und zwischen einem Stand der Forschung und einem Stand der Anwendung in der industriellen Praxis zu unterscheiden.

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

In der Vorlesung werden die Lehrinhalte anhand von Vortrag und Präsentationen mit PowerPoint Folien, Beamer und fachspezifischer Simulationssoftware vermittelt. Anhand von Beispielen aus der Praxis wird zuerst der "rote Faden" erklärt und ein grundlegendes Verständnis für die Aufgabenstellungen zur Materialmodellierung und den einzelnen Fertigungsschritten geschaffen. Die theoretischen und praktischen Grundlagen werden im Anschluss über Folienpräsentationen vermittelt und gemeinsam erarbeitet. Das erlernte Wissen wird in den Übungen an einfachen Beispielen mit analytischen Methoden angewandt und mit numerisch berechneten Simulationsergebnissen verglichen. Den Studierenden werden die in Vorlesung und Übung gezeigten Präsentationen zugänglich gemacht. Alle Lehrmaterialien werden online zur Verfügung gestellt. In den Assistentensprechstunden wird individuelle Hilfe gegeben.

### **Medienform:**

In der Vorlesung werden die Lehrinhalte anhand von Vortrag, Präsentation mit Powerpoint-Folien, Tafelbild, Beamer und fachspezifischer Simulationssoftware vermittelt. Anhand von Beispielen

aus der Praxis wird zuerst der "rote Faden" erklärt und ein grundlegendes Verständnis für die Aufgabenstellungen geschaffen. Die theoretischen und praktischen Grundlagen werden im Anschluss über Folienpräsentation und Tafelbild und über Rückfragen vermittelt und gemeinsam erarbeitet. Das erlernte Wissen wird in den Übungen an praxisnahen Beispielen angewandt (z.B. Drapiersimulation eines Multiaxialgeleges für ein Bauteil aus der Automobilindustrie). Den Studierenden wird eine Foliensammlung zugänglich gemacht. Alle Lehrmaterialien werden online zur Verfügung gestellt. In den Assistentensprechstunden wird individuelle Hilfe gegeben.

**Literatur:**

A.Puck, Festigkeitsanalyse von Faser-Matrix-Laminaten, Hanser Verlag, 1996, ISBN 3-446-18194-6

Long, A.C., Composite Forming Technologies, 2007, Woodhead Publishing Limited, ISBN 978-1-84569-033-5

Kruckenberg, Paton, Resin Transfer Moulding for Aerospace Structures, 1998, Kluwer Academic Publishers, ISBN 0412731509

**Modulverantwortliche(r):**

Drechsler, Klaus; 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

### MW1948: Biomaterialcharakterisierung für Ingenieure | Characterization of Biomaterials for Engineers [BCI]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2025/26

<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 70-minütigen schriftlichen Klausur weisen die Studierenden nach, dass sie optische und mechanische Charakterisierungsverfahren verstehen und deren Anwendbarkeit und Limitierungen bezüglich der Untersuchung von Biomaterialien bewerten können.

Es sind keine Hilfsmittel erlaubt.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Grundkenntnisse in der physikalischen Optik werden vorausgesetzt. Biologisches und chemisches Grundwissen (Niveau: gymnasiale Oberstufe) wird ebenfalls erwartet.

#### Inhalt:

Dieses Modul behandelt materialwissenschaftliche Methoden, die zur Charakterisierung der Struktur und Mechanik von Biomaterialien geeignet sind. Zunächst werden abbildende Techniken wie Lichtmikroskopie, Elektronenmikroskopie, Nahfeld- und Raster-Kraft-Mikroskopie besprochen und aufgezeigt, welche Techniken zur Verbesserung des Auflösungsvermögens und des Kontrasts der gewonnenen Bilder verwendet werden damit diese erfolgreich zur Strukturaufklärung von Biomaterialien eingesetzt werden können. Ferner werden Grundprinzipien des maschinellen Lernens besprochen, die zur Analyse von Oberflächen eingesetzt werden. In einem zweiten Teil werden makro- und mikroskopische Techniken zur Vermessung von viskoelastischen Materialeigenschaften diskutiert und die entsprechenden Messaufbauten besprochen. Schließlich werden in einem dritten Teil Mikrostrukturierungstechniken diskutiert und aufgezeigt, wie diese in Kombination mit optischen oder mechanischen Methoden z.B. bei der Mikrofluidik zu Zwecken der Sortierung oder Analyse von biologischen Proben zum Einsatz kommen („lab on a chip“).

**Lernergebnisse:**

Nach erfolgreicher Teilnahme an diesem Modul sind die Studierenden in der Lage, verschiedene experimentelle Techniken aus den Bereichen mechanische Prüfung und Bildgebung/strukturanalyse hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit auf Biomaterialien zu bewerten. Sie beherrschen die physikalischen Prinzipien, die diesen Techniken zugrunde liegen und können diese bei der Charakterisierung von Biomaterialien anwenden.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Das Modul besteht aus einer Vorlesung, in dieser werden die Lernergebnisse mittels Vorträgen, unterstützt durch Präsentationen vermittelt. Die Vorlesungsfolien werden spätestens am Tag vor dem jeweiligen Vorlesungstermin online zum Download zugänglich gemacht, so dass sich die Studierenden während der Vorlesung ergänzende Kommentare in ihre ausgedruckten Folien eintragen können. Ausgewählte Skizzen und Schemata werden als Tafelanschrieb ergänzt. Gastvorträge aus der Industrie und/oder live Demonstrationen von verschiedenen Messaufbauten vertiefen das Verständnis der Studierenden zur Funktionsweise und zum Einsatzgebiet der in der Vorlesung behandelten Geräte und Techniken.

**Medienform:**

Vortrag, Präsentation mit PC, Kurzvideos zur Veranschaulichung bzw. Wiederholung bereits behandelter Themen

**Literatur:**

Die Vorlesungsfolien werden online zum Download bereitgestellt. Vertiefende Fachliteratur zu den jeweiligen Themen wird in der Vorlesung genannt bzw. ist auf den jeweiligen Folien angegeben.

**Modulverantwortliche(r):**

Lieleg, Oliver; Prof. Dr.

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

Biomaterialcharakterisierung für Ingenieure (Vorlesung, 3 SWS)

Lieleg O, Henkel M, Voigt S

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

## Modulbeschreibung

### MW2217: Plasma-Material-Wechselwirkung | Plasma Material Interaction

#### Aspekte der Plasma-Material-Wechselwirkung

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2015

<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 wird in Form einer schriftlichen Klausur (60 min) erbracht. Eine Mischung aus Wissensfragen und Rechenaufgaben soll das Verständnis grundlegender Plasmarandschicht- und Oberflächen-Phänomene bzw. die Beherrschung relevanter Arbeitstechniken überprüfen. Der Prüfungsinhalt erstreckt sich über die gesamte Lehrveranstaltung.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Vorlesung 'Plasmaphysik für Ingenieure'

#### Inhalt:

Grundlagen der Vakuumtechnik  
 Eigenschaften der Plasmarandschicht  
 Methoden der Oberflächencharakterisierung  
 Beschichtungsverfahren  
 Erosionsprozesse: Physikalische Zerstäubung, Chemische Erosion, Strahlungsinduzierte Sublimation, Bögen  
 Wasserstoffrückhaltung  
 Oberflächenmodifikation durch Plasmen  
 Plasmawandwechselwirkung in Fusionsanlagen

#### Lernergebnisse:

Nach der erfolgreichen Teilnahme an der Vorlesung Plasma-Material-Wechselwirkung (PMW) sollen die Studierenden die Prozesse, die zur Erosion und Modifikation von plasmabelasteten Materialien beitragen, qualitativ und quantitativ beschreiben können. Darüber hinaus sollen

sie beurteilen können, welche Oberflächenuntersuchungsmethode zur Beantwortung einer spezifischen Fragestellung optimal ist.

Im Hinblick auf die Plasma-Material-Wechselwirkung in Fusionsanlagen soll verinnerlicht werden, dass die Wandmaterialien starken Einfluss auf das Verhalten des Plasmas haben und daher nicht unabhängig vom Plasmabetrieb betrachtet werden können, sondern eine übergreifende Herangehensweise notwendig ist.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Die Vorlesung findet als Vortrag statt. Alle Folien sowie das Vorlesungsskript werden online gestellt.

An einem der letzten Vorlesungstermine im Semester wird der Beschleuniger, der Ionstrahlteststand sowie weitere Laborexperimente zur Untersuchung der Plasma-Material - Wechselwirkung am MPI für Plasmaphysik (Boltzmannstr. 2) besichtigt.

**Medienform:**

Vortrag, Präsentation mit PC, Vorlesungsskript, Lernmaterialien auf Lernplattform.

**Literatur:**

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

**Modulverantwortliche(r):**

Neu, Rudolf; 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

### MW2458: Werkstoffe in der Füge-technik und Additiven Fertigung | Materials in Joining and Additive Manufacturing

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2023/24

<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 Modulprüfung erfolgt in Form einer 90-minütigen, schriftlichen Klausur in englischer Sprache. Die Klausur kann aus Auswahlaufgaben (Multiple Choice), offenen Kurzfragen sowie vertiefenden Verständnis- und Rechenaufgaben bestehen. Hiermit wird überprüft, ob die Studierenden die Auswirkungen unterschiedlicher thermischer Zyklen auf verschiedene metallische Werkstoffe verinnerlicht haben und das Verhalten dieser Materialien unter thermischer Belastung beschreiben können. Als Hilfsmittel sind Schreibutensilien, Lineal/Geodreieck, ein nichtprogrammierbarer Taschenrechner, sowie ein allgemeines Wörterbuch Englisch-Muttersprache (ohne eigene Ergänzungen) zugelassen.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Grundlagenkenntnisse im Bereich Werkstoffkunde

#### Inhalt:

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

- Thermische Wirkung, thermischer Zyklus von Wärmequellen
- Fügbarkeit
- Wechselwirkung zwischen Wärmequelle und Werkstoff
- Wärmeeinflusszone, Epitaxie, Kornfeinung/-vergrößerung
- Diffusion

- Mechanismen von Heiß- und Kaltrissen, andere Fertigungsfehler
- Besonderheiten der additiven Fertigung von metallischen Werkstoffen

**Lernergebnisse:**

Nach der Teilnahme am Modul sind die Studierenden in der Lage, die Auswirkungen von Prozessvorgängen beim Fügen und der additiven Fertigung auf die Eigenschaften von metallischen Werkstoffen zu beschreiben. Sie können nicht-konventionelle Wärmeeinflüsse auf unterschiedliche Metalle erklären und deren Konsequenzen für die Materialeigenschaften beurteilen. Sie werden weiterhin in der Lage sein, geeignete Prozesse für bestimmte Werkstoffe auszuwählen, um ein gegebenes Füge-/Prozessziel zu erreichen.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Im Rahmen des Moduls (bestehend aus Vorlesung und Übung) werden den Studierenden Fachbegriffe und grundlegende Zusammenhänge vermittelt. Mithilfe der fachspezifischen Literatur ist es den Studierenden möglich eine individuelle Vorlesungsmitschrift zu erstellen und die vermittelten Inhalte im Eigenstudium, zu vertiefen.

Die Vorlesung soll den Studierenden die Fachbegriffe und die Auswirkungen der Prozessparameter auf die resultierenden Materialeigenschaften vermitteln. Hierbei wird auch auf Prozessbeispiele Bezug genommen, um den Studierenden an realen Bauteilen die Wechselwirkungen zwischen Werkstoff, Prozess und Eigenschaften zu vermitteln. Dadurch lernen sie z. B. die Auswirkungen von Prozessvorgängen beim Fügen und der additiven Fertigung auf die Eigenschaften von metallischen Werkstoffen zu beschreiben.

Die Übung soll Studierenden ermöglichen das erworbene Wissen in praxisnahen Aufgabenstellungen anzuwenden. Hierzu werden Fallbeispiele aus der Vorlesung vertieft und mit den Studierenden diskutiert. Damit lernen sie nicht-konventionelle Wärmeeinflüsse auf unterschiedliche Metalle zu erklären und deren Konsequenzen für die Materialeigenschaften beurteilen sowie geeignete Prozesse für bestimmte Werkstoffe auszuwählen, um ein gegebenes Füge-/Prozessziel zu erreichen.

**Medienform:**

Digitale Präsentation

**Literatur:**

Granjon: Fundamentals of Welding Metallurgy, 1st Edition, Abington Publishing, 1991

Dilthey: Schweißtechnische Fertigungsverfahren 2: Verhalten der Werkstoffe beim Schweißen, 3. Auflage, Springer, Berlin/Heidelberg, 2005

Schuster: Schweißen von Eisen, Stahl- und Nickelwerkstoffen, 2010, ISBN 978-3-87155-223-6

Bajaj et al.: Steels in additive manufacturing: A review of their microstructure and properties, <https://doi.org/10.1016/j.msea.2019.138633>

Callister, Rethwisch: Materials Science and Engineering: An Introduction, 10th Edition, Wiley, 2018

**Modulverantwortliche(r):**

Mayr, Peter; Prof. Dr. techn. Dipl.-Ing.

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

Werkstoffe in der Füge­technik und Additiven Fertigung (Vorlesung, 2 SWS)

Mayr P ( Arnhold J, Mohamed Z, Paiotti Marcondes Guimaraes R )

Werkstoffe in der Füge­technik und Additiven Fertigung Übung (Übung, 1 SWS)

Mohamed Z ( Paiotti Marcondes Guimaraes R )

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

## Modulbeschreibung

### PH2027: Nichtlineare Dynamik und komplexe Systeme 1 | Nonlinear Dynamics and Complex Systems 1

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2025/26

<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:

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 überprüft.

Prüfungsaufgabe könnte beispielsweise sein:

- Diskutieren Sie die qualitativen Unterschiede von Oszillationen in linearen und nichtlinearen Systemen.
- Erläutern Sie, welche Eigenschaften ein dynamisches System besitzen muss, das deterministisches Chaos aufweist.
- Was ist eine Bifurkation?

Während der Prüfung sind keine Hilfsmittel erlaubt.

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:

Dieses Modul stellt grundlegende Konzepte vor, die das Entstehen von kooperativen Phänomenen ermöglichen, die für niederdimensionale nichtlineare Systeme charakteristisch sind. Die diskutierten Phänomene reichen vom bistabilen Verhalten über selbsterhaltende Oszillationen bis hin zu deterministischem Chaos. Nach einem historischen Überblick und einer Einführung in die

Ideen von Nichtlinearität und Phasenraum folgt die Vorlesung einer Klassifikation dynamischer Systeme entsprechend ihrer Phasenraumdimension, d. h. Komplexität der Lösungen. Zunächst werden Stabilität und Verzweigungen von Fixpunkten in eindimensionalen Systemen diskutiert. Dann werden Oszillationen und ihr Auftreten in einem 2-dimensionalen Phasenraum untersucht. Nach einer Diskussion der Verzweigung von Grenzyklen und der Einführung der Poincare-Schnitte und Poincare-Abbildungen wird die chaotische Dynamik untersucht. Dazu gehören die Charakterisierung chaotischer Attraktoren durch invariante Maße (verschiedene Dimensionen), Lyapunov-Exponenten, Wege zum Chaos und die Charakterisierung experimenteller, chaotischer Zeitreihen.

In der Vorlesung werden Beispiele und Anwendungen aus allen Bereichen der Naturwissenschaften diskutiert, wobei der interdisziplinäre Aspekt des Faches hervorgehoben wird. In den Übungen analysieren die Studierenden einfache nichtlineare Gleichungen, wenden die in der Vorlesung vorgestellten Techniken an und lernen moderne Software zur Analyse dynamischer Systeme kennen.

### **Lernergebnisse:**

Nach der Teilnahme am Modul sind die Studierenden mit den Konzepten nichtlinearer dynamischer Systeme, den Unterschieden zu linearen Systemen und modernen Techniken zur Analyse nichtlinearer gewöhnlicher Differentialgleichungen vertraut. Insbesondere sind sie in der Lage:

- den geometrischen Zugang zu dynamischen Systemen und die Konzepte von Stabilität und Bifurkationen zu erklären
- eine Phasenraumanalyse durchzuführen, indem sie dynamische Systemwerkzeuge (Programme) benutzen
- mit Hilfe einer Software zur numerischen Kontinuation 1- und 2-dimensionale Bifurkationsanalysen eines Satzes gekoppelter gewöhnlicher Differentialgleichungen durchzuführen
- die verschiedenen Wege zu niedrigdimensionalem deterministischem Chaos zu erklären und chaotische Dynamiken anhand der wichtigsten invarianten Maße zu charakterisieren.

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

Das Modul besteht aus einer Vorlesung und einer Übung.

In der thematisch strukturierten Vorlesung werden die Lerninhalte präsentiert, dabei werden insbesondere mit Querverweisen zwischen verschiedenen Themen die universellen Konzepte der Nichtlinearen Dynamik aufgezeigt. In wissenschaftlichen Diskussionen werden die Studierenden mit einbezogen und das eigene analytisch-physikalische Denkvermögen gefördert.

In der Übung werden anhand von Problembeispielen und state of the art Analyseprogrammen die Lerninhalte vertieft und eingeübt, sodass die Studierenden das Gelernte selbständig erklären und anwenden können.

### **Medienform:**

Tafelanschrieb, Powerpoint, Videos, Lehrbuch, ergänzende Literatur, individuelle Übungsaufgaben und Gruppenarbeit.

**Literatur:**

- St. H. Strogatz: Nonlinear Dynamics and Chaos, CRC Press, (2000)
- J. Argyris, G. Faust, M. Haase & R. Friedrich: An Exploration of Dynamical Systems and Chaos, Springer, (2015)
- J.M.T. Thompson & H.B. Stewart: Nonlinear Dynamics and Chaos, Wiley, (2002)
- E. Ott: Chaos in Dynamical Systems, 2nd ed., Cambridge University Press, (2002)
- P. Berge, Y. Pomeau & Ch. Vidal: Order within Chaos: towards a deterministic approach to turbulence, Wiley, (1986)
- J. D. Murray: Mathematical Biology I, Springer, (2007)

**Modulverantwortliche(r):**

Krischer, Katharina; Prof. Dr. rer. nat. habil.

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

Nichtlineare Dynamik und komplexe Systeme 1 (Vorlesung, 2 SWS)

Krischer K

Übung zu Nichtlineare Dynamik und komplexe Systeme 1 (Übung, 2 SWS)

Krischer K [L], Thomé N

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

## Modulbeschreibung

### PH2046: Polymerphysik 1 | Polymer Physics 1

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2025/26

<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 und Beispiele überprüft.

Prüfungsaufgabe könnte beispielsweise sein:

- Nennen Sie Beispiele für die chemische Struktur einfacher Polymere und deren Anwendungen
- Nennen Sie statistische Modelle für Ketten und erklären Sie deren Unterschiede
- Beschreiben Sie eine Methode zur Bestimmung des Trägheitsradius
- Erläutern Sie das Phasendiagramm einer Polymermischung
- Vergleichen Sie die mechanischen Eigenschaften einer Polymerschmelze mit denen eines Polymernetzwerks

Während der Prüfung sind keine Hilfsmittel erlaubt.

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:

Semesterende

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

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

#### Inhalt:

Dieses Modul gibt eine Einführung in die Polymerphysik:

1. klassische und moderne Anwendungsgebiete von Polymeren: vom Kunststoff zum funktionalen Material
2. Nomenklatur zur Beschreibung von Polymeren und Modelle zur statistischen Beschreibung der Kettenkonformation
3. Methoden zur Charakterisierung der Molmasse und des Trägheitsradius von Polymeren in Lösung
4. Phasendiagramme von Polymerlösungen und -mischungen: thermodynamische Beschreibung, Diskussion der freien Energie, Konstruieren von Phasendiagrammen, Beschreibung von Entmischungsmechanismen
5. Mechanische Eigenschaften von Polymeren: Messmethoden und Module, Kriech-, Relaxations- und oszillatorisches Experiment, viskoelastische Polymerschmelzen und vernetzter Kautschuk
6. Kristalline Polymere

**Lernergebnisse:**

Nach erfolgreicher Teilnahme an Polymerphysik 1 ist der/die Studierende in der Lage:

1. klassische und moderne Anwendungsgebiete von Polymeren zu erinnern
2. Nomenklatur von Polymeren zu verstehen
3. Modelle für die Kettenkonformation eines einzelnen Polymers zu verstehen
4. Methoden zur Charakterisierung von Polymeren in Lösung zu bewerten
5. Phasendiagramme von Polymerlösungen und -mischungen zu analysieren
6. charakteristische Eigenschaften von Polymerschmelzen, z.B. mechanische und thermische Eigenschaften, zu bewerten, auch im Hinblick auf Kristallisation

**Lehr- und Lernmethoden:**

Das Modul besteht aus einer Vorlesung und einer Übung.

In der thematisch strukturierten Vorlesung werden die Themen durch Vortrag der theoretischen Grundlagen und deren experimentellen Umsetzungen erläutert und durch anschauliche Beispiele verständlich gemacht. Dabei werden makroskopische Anschauungsmaterialien (Elastomere, teilkristalline Polymere, Superabsorber) zur Erläuterung der beschriebenen Effekte benutzt. Hoher Wert wird auf die Anregung interaktiver Diskussion mit den Studierenden und unter den

Studierenden über das Erlernte gelegt. Hierfür werden in jeder Vorlesung Kontrollfragen zum Inhalt der Vorlesung ausgeteilt und zu Beginn der nächsten Vorlesung besprochen.

In der Übung werden anhand von Problembeispielen, state-of-the-art Analyseprogrammen sowie aktuellen Publikationen die Lerninhalte vertieft und eingeübt, sodass die Studierenden das Gelernte selbständig erklären und anwenden können.

Die Dozentensprechstunde ist ein freiwilliges Zusatzangebot zur Klärung weiterführender Fragen zu Vorlesungsinhalten in Einzelgesprächen mit der Dozentin.

**Medienform:**

Vortrag, Beamerpräsentation, Übungsblätter

**Literatur:**

- M. Rubinstein, R.H. Colby: Polymer Physics, Oxford 2003.
- G. Strobl: The Physics of Polymers. Concepts for Understanding their Structures and Behavior: Concepts for Understanding Their Structures and Behavior; Springer, Berlin; Auflage: 3rd rev. and exp. ed. (Februar 2007)
- U. W. Gedde: Polymer Physics; Springer-Verlag GmbH; Auflage: 1 (September 2007)
- J.M.G. Cowie: Polymers: Chemistry & Physics of Modern Materials, CRC 1991.

**Modulverantwortliche(r):**

Müller-Buschbaum, Peter; Prof. Dr. rer. nat.

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

Polymerphysik 1 (Vorlesung, 2 SWS)

Papadakis C

Dozentensprechstunde Polymerphysik 1 (Repetitorium, 2 SWS)

Papadakis C

Übung zu Polymerphysik 1 (Übung, 2 SWS)

Papadakis C [L], Xu W, Zhang Z

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

## Modulbeschreibung

### PH2048: Nanostrukturierte, Weiche Materialien 1 | Nanostructured Soft Materials 1

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2025/26

<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:

Es findet eine mündliche Prüfung von etwa 30 Minuten Dauer statt. Darin wird das Erreichen der im Abschnitt Lernergebnisse dargestellten Kompetenzen mindestens in der dort angegebenen Erkenntnisstufe exemplarisch durch Verständnisfragen und Beispiele überprüft.

Prüfungsaufgabe könnte beispielsweise sein:

- Beschreiben Sie die Grundstruktur amphiphilischer Moleküle
- Werten Sie den Aggregationstyp amphiphilischer Moleküle aufgrund seiner Struktur mit Hilfe von Worten, Gleichungen, Zeichnungen und Diagrammen aus
- Beschreiben Sie die Anwendung von Tensiden und die Bedeutung der kritischen Mizellkonzentration
- Beschreiben Sie das Konzept des Wirkstofftransports mit sphärischen Mizellen

Während der Prüfung sind keine Hilfsmittel erlaubt.

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:

Semesterende

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

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

#### Inhalt:

Das Modul gibt eine Einführung in Nanostrukturierte, Weiche Materialien:

- Typen und Definitionen weicher kondensierter Materie, Überblick von Anwendungen nanostrukturierter, weichen Materialien

- Kolloide: Rolle von intermolekularen, interpartikularen und Oberflächen Wechselwirkungen, Anwendungen in Nahrungsmittel- und Kosmetikindustrie
- Polymere: Polymermischungen, Phasenseparationsprozesse, Block-Copolymere und Selbstorganisationsprozesse, Anwendung als Template
- Strukturierte Oberflächen: bio-inspirierte Klebstoffe, Superhydrophobizität und Anwendung in selbstreinigenden Oberflächen
- Flüssigkristalle: Ordnung und Symmetrie, optische Eigenschaften und Anwendung in LCD (Liquid Crystal Display) Anzeigen
- Amphiphile: Typen und Eigenschaften, Mizellen, Doppellagen und Vesikel, Anwendung als oberflächenaktive Substanzen und im Wirkstofftransport
- Biopolymere: Nukleinsäuren, DNS, Proteine, Cellulose und aus Holz gewonnene Materialien

### **Lernergebnisse:**

Nach Abschluss des Moduls sind die Studierenden in der Lage:

- die unterschiedlichen Gebiete und Anwendungen nanostrukturierter, weicher Materie einzuordnen
- Theorien zur Kolloidbildung anzuwenden und damit Anwendungen in Nahrungsmittel- und Kosmetikindustrie zu verstehen
- Selbstorganisationsprozesse von Polymeren und deren vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten zu verstehen
- Natürliche Materialien als Inspiration für künstlich hergestellte Funktionelle Materialien zu begreifen
- die Eigenschaften von Flüssigkristallen die zur Anwendung in LCD Anzeigen führen zu analysieren
- die Mizell- und Vesikelbildung auf Grund von Wechselwirkungen zu verstehen

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

Das Modul besteht aus einer Vorlesung und einer Übung. Die Lernergebnisse des Moduls werden durch eine frontale Vorlesung mit Beamer Präsentation und mündlicher Kommunikation unterstützt durch Tafelanschrieb erreicht. Die Vorlesung wird durch wöchentliche Übungen ergänzt, in denen die Studierenden unter der Aufsicht von Übungsleitern Probleme lösen. Die Sprechstunde ist ein freiwilliges Zusatzangebot zur Klärung weiterführender Fragen zu Vorlesungsinhalten in Einzelgesprächen mit dem Dozenten.

### **Medienform:**

Präsentation, Tafelarbeit, Übungsaufgaben für die wöchentlichen Übungen über vorlesungsbegleitende Internet-Seite.

### **Literatur:**

- Hamley, I.W. Introduction to Soft Matter (Wiley) Chichester, 2000
- Jones, R.A.L. Soft Condensed Matter (OUP) Oxford, 2002
- Kleman, M. & Lavrentovich, O.D. Soft Matter Physics (Springer) Berlin, 2003
- Daoud, M. & Williams, C.E. Soft Matter Physics (Springer) Berlin, 1999

**Modulverantwortliche(r):**

Müller-Buschbaum, Peter; Prof. Dr. rer. nat.

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

Dozentensprechstunde zu Nanostrukturierte, weiche Materialien 1 (Repetitorium, 2 SWS)

Müller-Buschbaum P

Nanostrukturierte, weiche Materialien 1 (Vorlesung, 2 SWS)

Müller-Buschbaum P ( Heger J )

Übung zu Nanostrukturierte, weiche Materialien 1 (Übung, 2 SWS)

Müller-Buschbaum P [L], Li L, Pan G

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

## Modulbeschreibung

### PH2071: Grundlagen der Oberflächen- und Nanowissenschaften | Fundamentals of Surface and Nanoscale Science

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2025/26

<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:

Es findet eine mündliche Prüfung von etwa 25 Minuten Dauer statt. Darin wird das Erreichen der im Abschnitt Lernergebnisse dargestellten Kompetenzen mindestens in der dort angegebenen Erkenntnisstufe exemplarisch durch Verständnisfragen und Beispielrechnungen überprüft.

Prüfungsaufgabe könnte beispielsweise sein:

- Describe chemisorption: the energy potential, the bond strength, the bond characteristics and give an example.
- How are surface reconstructions and overlayer structures described?
- Draw the energy diagram for a possible electron (de-)excitation within an atom.
- Draw the Ewald sphere for a 3D crystal and a 2D crystal. What are the conditions for diffraction?

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:

While there are no strict requirements, previous exposure to quantum mechanics and thermal physics and the basic notions of atomic, molecular & condensed matter physics will be helpful.

#### Inhalt:

- Surface structure analysis
- 2D crystallography
- Reciprocal & real space imaging
- Electron spectroscopy
- For surface chemical analysis

- For electronic structure
- Elementary processes at surfaces
- Vibrational properties & excitations
- Adsorption/Desorption
- Surface diffusion
- Surface chemical reactions
- Magnetism at interfaces
- Interaction with light
- Self-assembly at surfaces
- Thin film epitaxy
- Atomic/molecular manipulation and quantum confinement
- Electron transport in nanosized objects
- Molecular electronics and spintronics

### **Lernergebnisse:**

After successful completion of the module the students are able to:

- understand and describe several surface science concepts and techniques, including 2D-crystallography, elemental and chemical analysis at surfaces, electronic, vibrational and magnetic properties of surfaces, adsorbate bond formation, surface dynamical processes like diffusion, adsorption and desorption, and surface chemical reactions in heterogenous catalysis
- identify the different kinds of nanoscale objects and nanostructured surfaces and discuss:
  1. their properties,
  2. their underlying fabrication schemes (including top-down and bottom-up approaches with emphasis on self-assembly & self-organized growth processes) and
  3. examples of their application in chemistry (catalysis) and electronics/spintronics.

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

### **Medienform:**

### **Literatur:**

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

Reichert, Joachim; Dr. rer. nat.

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

Grundlagen der Oberflächen- und Nanowissenschaften (Vorlesung, 2 SWS)

Reichert J ( Allegretti F )

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

## Modulbeschreibung

### PH2104: Nanomaterialien 1 | Nano Materials 1

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2011

<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> 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:**

In einer mündlichen Prüfung wird das Erreichen der Lernergebnisse durch Verständnisfragen und Beispielaufgaben bewertet.

Die Prüfung kann in Übereinstimmung mit §12 (8) APSO auch schriftlich abgehalten werden, in diesem Fall ist der Richtwert für die Prüfungsdauer 60 Minuten.

#### **Wiederholungsmöglichkeit:**

Folgesemester / Semesterende

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

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

#### **Inhalt:**

#### **Lernergebnisse:**

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

#### **Medienform:**

#### **Literatur:**

**Modulverantwortliche(r):**

Schneider, Oliver; 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

### PH2134: Analyse von neuartigen funktionellen Materialien mit Synchrotronstrahlung: Techniken und Anwendungen | Advanced Materials Analysis with Synchrotron Radiation: Techniques and Applications

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab 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:

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 und Beispielrechnungen überprüft.

Prüfungsaufgabe könnte beispielsweise sein:

- Was sind die grundlegende Komponenten eines Synchrotrons?
- Wie funktioniert ein Undulator?
- Beschreiben Sie die physikalischen Grundlagen der Photoelektronenspektroskopie.

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.

Auf die Note einer bestandenen Modulprüfung in der Prüfungsperiode direkt im Anschluss an die Vorlesung (nicht auf die Wiederholungsprüfung) wird ein Bonus (eine Zwischennotenstufe "0,3" besser) gewährt (4,3 wird nicht auf 4,0 aufgewertet), wenn die/der Studierende die Mid-Term-Leistung bestanden hat, diese besteht aus einer vorgerechneten Übungsaufgabe und eines 25-minütigen Vortrags über ausgesuchte Themengebiete.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Semesterende

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Keine zwingend nötigen Voraussetzungen. Grundlagen der Quantenmechanik (z.B. PH0007) und der Festkörperphysik (z.B. PH0019) können jedoch vorteilhaft sein.

### **Inhalt:**

Dieses Modul gibt einen umfassenden Überblick über die derzeit modernsten experimentellen Photon-basierten Methoden zur Untersuchung funktionaler Systeme in den Materialwissenschaften, der Festkörperphysik, den Nanowissenschaften und der Physikalischen Chemie.

Photonen erlauben uns auf vielfältige Art und Weise die physikalischen und chemischen Eigenschaften von Festkörpern zu untersuchen und auf atomarer Ebene zu verstehen. Die Vorlesung gibt einen umfassenden Überblick über eine Vielzahl von experimentellen Methoden, welche - insbesondere - auf der Anwendung von Synchrotron-Strahlung beruhen. Hierbei werden die physikalischen Grundlagen, die experimentellen Herangehensweisen und der entsprechende Versuchsaufbau eingehend erklärt. Darüber hinaus werden die Stärken, die Anwendungsmöglichkeiten und die Bedeutung der Methoden in den verschiedenen Sparten der experimentellen Physik an aktuellen Beispielen erläutert und diskutiert.

Das Modul beinhaltet folgende Themengebiete:

- Wechselwirkung von Photonen mit Materie
- Grundlagen der Synchrotron Strahlung
- Aufbau einer "beam line" am Synchrotron
- Experimentelle Methoden der Röntgenstreuung und -beugung
- Röntgenabsorptionsspektroskopie und "soft X-ray magnetic dichroism"
- Hochauflösende Photoelektronenspektroskopie
- Photoelektronenbeugung und "X-ray standing waves"
- Photoemissionselektronenmikroskopie
- Spinpolarisierte Methoden
- Zeitaufgelöste Spektroskopie

Wie die vielfältigen Anwendungsbeispiele zeigen werden, wird Synchrotron-Strahlung fachgebietsübergreifend (interdisziplinär) eingesetzt in den Bereichen: Kondensierte Materie, Materialwissenschaften, Physikalische Chemie, Oberflächen- und Nanowissenschaften, Katalyse, Biophysik.

### **Lernergebnisse:**

Nach der erfolgreichen Teilnahme an dem Modul sind die Studierenden in der Lage:

1. die physikalischen Grundlagen der Synchrotron-Strahlung, die technischen Aspekte ihrer Erzeugung und ihre experimentelle Anwendung zu verstehen und erklären.
2. die physikalischen Grundlagen, die Anwendungsmöglichkeiten und den Informationsgehalt - sei dieser z. B. struktureller, elektronischer und/oder magnetischer Natur - einer Vielzahl von unterschiedlichen Synchrotron-basierten Methoden zu verstehen und einzuschätzen.
3. die physikalischen Phänomene in den untersuchten Systemen, welche untrennbar mit der Quanten-Natur der Elektronen, deren komplexen Wechselwirkungen und deren Dynamik verbunden sind, zu begreifen.

Viele der behandelten experimentellen Methoden gewinnen sowohl in der akademischen als auch in der industriellen Forschung zunehmend an Bedeutung. Das erlangte Wissen und die fächerübergreifende Bedeutung der behandelten experimentellen Methoden soll den experimentellen Horizont der Studierenden erweitern und kann sich für die spätere berufliche oder akademische Laufbahn als nützlich erweisen.

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

Das Modul besteht aus einer Vorlesung und einer Übung. In der thematisch strukturierten Vorlesung werden die Lerninhalte präsentiert, dabei werden insbesondere mit Querverweisen zwischen verschiedenen Themen die universellen Konzepte der Physik aufgezeigt. In wissenschaftlichen Diskussionen werden die Studierenden mit einbezogen und das eigene analytisch-physikalische Denkvermögen gefördert.

In der Übung werden anhand von Problembeispielen und Rechenaufgaben die Lerninhalte vertieft und eingeübt, sodass die Studierenden das Gelernte selbständig erklären und anwenden können.

Methoden:

- Vorlesung: Vortrag, Beamerpräsentation, Tafelarbeit.
- Übungsstunden mit Tafelanschrieb, Diskussion, Seminaren und Aufgaben, um die aktive Teilnahme der Studierenden anzuregen.
- Frageliste für Selbstevaluierung.
- Laborbesuch (TUM).
- Besuch bei einer Europäischen Synchrotron-Forschungseinrichtung möglich (am Ende des Sommersemesters).

### **Medienform:**

Vortrag, Beamerpräsentation, Tafelarbeit, Vorlesungsfolien, Übungsblätter. Laborbesuche. Durchführung von Multiple-Choice-Tests in Moodle.

### **Literatur:**

Empfohlene Fachbücher:

- P. Willmott: An Introduction to Synchrotron Radiation: Techniques and Applications, Wiley, (2011)
- J. Als-Nielsen & D. McMorrow: Elements of Modern X-ray Physics, Wiley, (2010)

Ergänzende Literatur: Reviews in wissenschaftlichen Zeitschriften.

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

Allegretti, Francesco; PD 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

### PH2166: Physik und Chemie funktionaler Grenzflächen | Physics and Chemistry of Functional Interfaces

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2025

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester/ Sommersemester
<b>Credits:*</b> 5	<b>Gesamtstunden:</b> 150	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 120	<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:

Es findet eine mündliche Prüfung von 25 Minuten Dauer statt. Darin wird das Erreichen der im Abschnitt Lernergebnisse dargestellten Kompetenzen mindestens in der dort angegebenen Erkenntnisstufe exemplarisch durch Verständnisfragen und Beispielrechnungen überprüft.

Prüfungsaufgabe könnte beispielsweise sein:

- Es wird ein hypothetisches System vorgegeben. Es sollen experimentellen Methoden vorgeschlagen werden, um die gegebenen Probleme zu lösen und ein mögliches Ergebnis prognostiziert werden.
- Erklären Sie die physikalischen und chemischen Konsequenzen einer Bandverformung, die durch einen Oberflächenzustand hervorgerufen wird (surface-state-induced band bending).
- Erklären Sie, warum die Reaktivität der [2+2] Zykoaddition von Zyklopenten auf Si (100)-(2x 1) ca. zehnmal so groß ist wie die auf einer Ge (100)-(2 x 1) Oberfläche.
- Analysieren Sie eine der gegebenen Veröffentlichungen zum Thema Anwendungen von funktionellen organischen Grenzflächen in der Optimierung von Systemen.

Es werden folgende freiwillige, benotete Mid-Term-Leistungen angeboten, die mit dem jeweils angegebenen Prozentsatz in die Modulnote einberechnet werden, wenn diese besser sind als die Note auf die Modulprüfung:

- Die/Der Studierende gibt während der Vorlesung einen kurzen Seminarvortrag (ca. 20min) zu einem Thema aus der Literatur (15%).
- Lösung einer Hausaufgabe (15%).

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester / Semesterende

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

**Inhalt:**

**Lernergebnisse:**

**Lehr- und Lernmethoden:**

Lecture: In a scientific discussion the students are involved to stimulate their analytic skills. Case studies from the literature will be presented to understand recent technological breakthroughs in the field. As part of the lecture short interactive exercise classes in chemistry and semiconductor physics will be given to support the students in following some basic interdisciplinary concepts.

**Medienform:**

Lecture Material (Power Point Presentations), video tutorials, collaborative learning in small groups, lab visits.

**Literatur:**

- F.Tao & S.L. Bernasek: Functionalization of Semiconductor Surfaces, Wiley, (2012)
- A.W. Adamson & A.P. Gast: Physical Chemistry of Surfaces, Wiley, (1997)

**Modulverantwortliche(r):**

Cattani-Scholz, Anna; 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

### PH2170: Nanoelektronik und Nanooptik | Nanoelectronics and Nanooptics

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2018

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Deutsch/Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Sommersemester
<b>Credits:*</b> 10	<b>Gesamtstunden:</b> 300	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 240	<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 25 Minuten Dauer statt. Darin wird das Erreichen der im Abschnitt Lernergebnisse dargestellten Kompetenzen mindestens in der dort angegebenen Erkenntnisstufe exemplarisch durch Verständnisfragen und Beispielrechnungen überprüft.

Prüfungsaufgabe könnte beispielsweise sein:

- - Erklären Sie das Konzept eines phasen-kohärenten Ladungstransports in niedrig-dimensionalen Systemen.
- - Diskutieren Sie die dielektrische Funktion von plasmonischen Systemen.
- - Erörtern Sie den ganzzahligen und fraktionierten Quanten-Hall-Effekt.
- - Erklären Sie die Ladungsenergie in sogenannten Quantenpunkten.
- - Leiten Sie die Energie-Skala von direkten und indirekten Exzitonen in Festkörpersystemen her.
- - Veranschaulichen Sie das Konzept der topologischen Isolatoren.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Semesterende

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

siehe englische Beschreibung

#### Inhalt:

siehe englische Beschreibung

#### Lernergebnisse:

siehe englische Beschreibung

#### Lehr- und Lernmethoden:

Vortrag im Hörsaal, spezifische Tutorien mit Gruppenarbeit

**Medienform:**

Präsentationen sowie Tafelanschriften

**Literatur:**

Skript mit Referenzen darin

**Modulverantwortliche(r):**

Holleitner, Alexander; 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

### PH2173: Nanoplasmonik | Nanoplasmonics

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab 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:

siehe englische Beschreibung

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Semesterende

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Grundlagen in

- klassischer Elektrodynamik (Maxwell-Physik)
- Optik
- Quantenmechanik

#### Inhalt:

In dieser Vorlesung führen wir die Physik und Technologie nanophotonischer Metallsysteme und deren Nanostrukturen ein. Wir beginnen mit den Grundlagen der Licht-Materie-Wechselwirkung zwischen externen elektromagnetischen Lightfeldern und dem freien Elektronengas and der Grenzfläche zwischen Metallen und Dielektrika. Hier konzentrieren wir uns zuerst auf homogen ausgedehnte Metalfilme und einfache Metall-Dielektrika-Heterostrukturen. Anschließend werden wir Methoden aufzeigen um Oberflächenplasmonpolaritonen zu erzeugen und zu detektieren. Im zweiten Teil der Vorlesung konzentrieren wir uns auf Oberflächenplasmonpolaritonen in (i) plasmonischen Wellenleitern und (ii) plasmonischen Nanopartikeln. Falls es die Zeit zulässt, werden wir gegen Ende des Kurses noch fortgeschrittene Themen und Anwendung, wie etwa Quantenplasmonik, Nicht-lineare Plasmonik oder Licht-Materie-Wechselwirkung mit optisch aktiven Materialien, behandeln.

#### Lernergebnisse:

Nach Teilnahme an dieser Vorlesung, sollten Sie folgendes gelernt haben:

- Optische Eigenschaften von Metallen

- Voraussetzung für die Erzeugung von Oberflächenplasmonpolaritonen
- Herleitung der Dispersionsrelation von gebundenen Oberflächenplasmonpolaritonen an Metal-Dielektrikums-Grenzflächen
- Aufzählung und Erklärung verschiedener Methoden zur Erzeugung und Detektion von Oberflächenplasmonpolaritonen
- Herstellungsmethoden für plasmonische Nanostrukturen.
- Verhalten von Oberflächenplasmonpolaritonen in plasmonische Wellenleitern
- Quasistatische Näherung zur Beschreibung von lokalisierten Oberflächenplasmonpolaritonen in metallischen Nanopartikeln
- Anwendungen für Oberflächenplasmonpolaritonen

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

Der Inhalt der Vorlesung wird in einer wöchentlichen Vorlesung (2SWS) mittels Powerpoint-Folien dargestellt. Neben Teilnahme und aktiver Mitarbeit in der Vorlesung, werden regelmäßig Literaturhinweise zu Buchkapiteln, Überblicksartikeln oder wichtigen Veröffentlichungen gegeben. Weiterhin wird eine Übung/Diskussionsrunde angeboten (1SWS), in der Literatur zur Plasmonik in Gruppenarbeit diskutiert werden kann.

#### **Medienform:**

Powerpoint-Präsentation

- Stefan A Maier "Plasmonics - Fundamentals and Applications" Springer (2007)
- Heinz Raether "Surface Plasmons on Smooth and Rough Surfaces and on Gratings" Springer (1986)
- Mark L Brongersma "Surface Plasmon Nanophotonics" Springer (2007)
- Heinz Raether "Excitations of Plasmons and Interband Transitions by Electrons" Springer (1980)

#### **Literatur:**

Es existieren unzählige Lehrbücher zur Nanoplasmonik, einige auf die sich diese Vorlesung stützt werden im folgenden aufgelistet (keine komplette Auflistung)

- Stefan A Maier "Plasmonics - Fundamentals and Applications" Springer (2007)
- Heinz Raether "Surface Plasmons on Smooth and Rough Surfaces and on Gratings" Springer (1986)
- Mark L Brongersma "Surface Plasmon Nanophotonics" Springer (2007)
- Heinz Raether "Excitations of Plasmons and Interband Transitions by Electrons" Springer (1980)

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

Kaniber, Michael; 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

### PH2189: Halbleitersynthese und Nanoanalytik | Semiconductor Synthesis and Nanoanalytics

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2024/25

<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:

Es findet eine mündliche Prüfung von 25 Minuten Dauer statt. Darin wird das Erreichen der im Abschnitt Lernergebnisse dargestellten Kompetenzen mindestens in der dort angegebenen Erkenntnisstufe exemplarisch durch Verständnisfragen und Beispielrechnungen überprüft.

Prüfungsaufgabe könnte beispielsweise sein:

- Describe of the potential distribution and plasma composition across a DC glow discharge
- What are the energetic considerations that define the stability regions for the three major film growth modes?
- Explain the major extended defect types in epitaxial thin films and the consequences they can have on optoelectronic properties of the resulting materials.
- Describe the different steps associated with an atomic layer deposition cycle and explain the different factors that affect growth rate.
- Describe and explain the electronic transitions associated with different X-ray and electron spectroscopies
- Explain the selection rules for vibrational spectroscopies and provide examples of active and inactive modes
- Explain what the experimentalist can learn from different X-ray diffraction modes and geometries
- Describe the different radiative and non-radiative recombination mechanisms in a semiconductor

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Semesterende

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

keine Voraussetzungen, die über die Zulassung zum Physik-Masterstudium hinausgehen.

**Inhalt:**

Diese MSc-Vorlesung konzentriert sich auf fortgeschrittene Methoden zur Synthese von Halbleiter-Dünnschichten und zur Charakterisierung ihrer Eigenschaften. Eine breite Palette moderner technologischer Vorrichtungen basiert auf Dünnschicht-Halbleitern, die über eine kontrollierte Zusammensetzung, Struktur und nanoskalige Morphologie verfügen. Dieses Modul führt die Studierenden in die physikalischen Prinzipien und die experimentelle Umsetzung der wichtigsten Methoden ein, die heute zur Abscheidung und Charakterisierung solcher Materialien eingesetzt werden.

In der ersten Hälfte des Semesters werden die folgenden Depositionsmethoden ausführlich behandelt:

- Molekularstrahlepitaxie (MBE)
- Reaktives Sputtern
- Chemische Gasphasenabscheidung (CVD)
- Atomschichtabscheidung (ALD)

Energetische und kinetische Überlegungen im Zusammenhang mit verschiedenen Wachstumsmodi werden vorgestellt. Auf dem Weg dorthin werden die Physik der Plasmen für die Halbleitersynthese; Hochvakuumtechnologien und Gasabgabesysteme; Keimbildung, Wachstum, Stamm und Oberflächendiffusion; sowie die oberflächenchemische Reaktionskinetik diskutiert.

In der zweiten Semesterhälfte werden die folgenden nanoanalytischen Methoden konkret vorgestellt:

- Bildgebende Verfahren: Elektronenmikroskopie, Raster-Sonden-Mikroskopie, KPFM
- Methoden zur Strukturcharakterisierung: XRD, LEED, RHEED
- Chemische Analyse: XPS, AES, EDX, SIMS
- Schwingungsspektroskopie: Fourier-Transformations-Infrarotspektroskopie, Ramanspektroskopie
- Optische Spektroskopie: Variabler Winkel spektroskopische Ellipsometrie, Absorptionsspektroskopie, Photolumineszenzspektroskopie
- Elektronische Transportmessungen

**Lernergebnisse:**

Nach erfolgreichem Abschluss dieses Moduls verfügen die Studierenden über Grundkenntnisse aller diskutierten Synthese- und Nanoanalysemethoden, einschließlich ihrer physikalischen Grundlagen und ihrer modernsten experimentellen Umsetzung. Dadurch erhalten sie das notwendige Wissen, um diese Methoden in ihrem späteren Studium (z.B. Bachelor- oder Masterarbeiten) effektiv einzusetzen und die erzielten experimentellen Ergebnisse richtig und kritisch zu interpretieren. Nach erfolgreichem Abschluss dieses Moduls ist der Student in der Lage: Insbesondere sind die Studierenden in der Lage:

- die wichtigsten Vorteile, Einschränkungen und Eigenschaften der verschiedenen Synthesemethoden in Bezug auf die wichtigsten Halbleitereigenschaften zu verstehen.
- Beschreibung der modernen Implementierungen der einzelnen Synthesemethoden
- die Physik der plasmaunterstützten Synthesen zu verstehen.
- zu verstehen, wie wichtige experimentelle Parameter (z.B. Temperatur, Druck, Fluss, Vorspannung) die Wachstumsmodi und -eigenschaften von Halbleiterschichten und Nanostrukturen beeinflussen.

- die physikalischen Grundlagen, die gewonnenen Schlüsselinformationen und den Stand der Technik der behandelten nanoanalytischen Methoden zu beschreiben.
- experimentelle Ergebnisse richtig und kritisch interpretieren
- die physikalischen Prinzipien und Wechselwirkungen zu erklären, auf denen jede experimentelle Methode basiert.
- erkennen, wie sich verschiedene Methoden gegenseitig ergänzen
- Beschreiben Sie die Grenzen verschiedener Methoden in Bezug auf Empfindlichkeit, Auflösung und Auswirkungen auf untersuchte Proben.

**Lehr- und Lernmethoden:**

**Medienform:**

**Literatur:**

**Modulverantwortliche(r):**

Sharp, Ian; 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

### PH2189: Halbleitersynthese und Nanoanalytik | Semiconductor Synthesis and Nanoanalytics

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2024/25

<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:

Es findet eine mündliche Prüfung von 25 Minuten Dauer statt. Darin wird das Erreichen der im Abschnitt Lernergebnisse dargestellten Kompetenzen mindestens in der dort angegebenen Erkenntnisstufe exemplarisch durch Verständnisfragen und Beispielrechnungen überprüft.

Prüfungsaufgabe könnte beispielsweise sein:

- Describe of the potential distribution and plasma composition across a DC glow discharge
- What are the energetic considerations that define the stability regions for the three major film growth modes?
- Explain the major extended defect types in epitaxial thin films and the consequences they can have on optoelectronic properties of the resulting materials.
- Describe the different steps associated with an atomic layer deposition cycle and explain the different factors that affect growth rate.
- Describe and explain the electronic transitions associated with different X-ray and electron spectroscopies
- Explain the selection rules for vibrational spectroscopies and provide examples of active and inactive modes
- Explain what the experimentalist can learn from different X-ray diffraction modes and geometries
- Describe the different radiative and non-radiative recombination mechanisms in a semiconductor

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Semesterende

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

keine Voraussetzungen, die über die Zulassung zum Physik-Masterstudium hinausgehen.

**Inhalt:**

Diese MSc-Vorlesung konzentriert sich auf fortgeschrittene Methoden zur Synthese von Halbleiter-Dünnschichten und zur Charakterisierung ihrer Eigenschaften. Eine breite Palette moderner technologischer Vorrichtungen basiert auf Dünnschicht-Halbleitern, die über eine kontrollierte Zusammensetzung, Struktur und nanoskalige Morphologie verfügen. Dieses Modul führt die Studierenden in die physikalischen Prinzipien und die experimentelle Umsetzung der wichtigsten Methoden ein, die heute zur Abscheidung und Charakterisierung solcher Materialien eingesetzt werden.

In der ersten Hälfte des Semesters werden die folgenden Depositionsmethoden ausführlich behandelt:

- Molekularstrahlepitaxie (MBE)
- Reaktives Sputtern
- Chemische Gasphasenabscheidung (CVD)
- Atomschichtabscheidung (ALD)

Energetische und kinetische Überlegungen im Zusammenhang mit verschiedenen Wachstumsmodi werden vorgestellt. Auf dem Weg dorthin werden die Physik der Plasmen für die Halbleitersynthese; Hochvakuumtechnologien und Gasabgabesysteme; Keimbildung, Wachstum, Stamm und Oberflächendiffusion; sowie die oberflächenchemische Reaktionskinetik diskutiert.

In der zweiten Semesterhälfte werden die folgenden nanoanalytischen Methoden konkret vorgestellt:

- Bildgebende Verfahren: Elektronenmikroskopie, Raster-Sonden-Mikroskopie, KPFM
- Methoden zur Strukturcharakterisierung: XRD, LEED, RHEED
- Chemische Analyse: XPS, AES, EDX, SIMS
- Schwingungsspektroskopie: Fourier-Transformations-Infrarotspektroskopie, Ramanspektroskopie
- Optische Spektroskopie: Variabler Winkel spektroskopische Ellipsometrie, Absorptionsspektroskopie, Photolumineszenzspektroskopie
- Elektronische Transportmessungen

**Lernergebnisse:**

Nach erfolgreichem Abschluss dieses Moduls verfügen die Studierenden über Grundkenntnisse aller diskutierten Synthese- und Nanoanalysemethoden, einschließlich ihrer physikalischen Grundlagen und ihrer modernsten experimentellen Umsetzung. Dadurch erhalten sie das notwendige Wissen, um diese Methoden in ihrem späteren Studium (z.B. Bachelor- oder Masterarbeiten) effektiv einzusetzen und die erzielten experimentellen Ergebnisse richtig und kritisch zu interpretieren. Nach erfolgreichem Abschluss dieses Moduls ist der Student in der Lage: Insbesondere sind die Studierenden in der Lage:

- die wichtigsten Vorteile, Einschränkungen und Eigenschaften der verschiedenen Synthesemethoden in Bezug auf die wichtigsten Halbleitereigenschaften zu verstehen.
- Beschreibung der modernen Implementierungen der einzelnen Synthesemethoden
- die Physik der plasmaunterstützten Synthesen zu verstehen.
- zu verstehen, wie wichtige experimentelle Parameter (z.B. Temperatur, Druck, Fluss, Vorspannung) die Wachstumsmodi und -eigenschaften von Halbleiterschichten und Nanostrukturen beeinflussen.

- die physikalischen Grundlagen, die gewonnenen Schlüsselinformationen und den Stand der Technik der behandelten nanoanalytischen Methoden zu beschreiben.
- experimentelle Ergebnisse richtig und kritisch interpretieren
- die physikalischen Prinzipien und Wechselwirkungen zu erklären, auf denen jede experimentelle Methode basiert.
- erkennen, wie sich verschiedene Methoden gegenseitig ergänzen
- Beschreiben Sie die Grenzen verschiedener Methoden in Bezug auf Empfindlichkeit, Auflösung und Auswirkungen auf untersuchte Proben.

**Lehr- und Lernmethoden:**

**Medienform:**

**Literatur:**

**Modulverantwortliche(r):**

Sharp, Ian; 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

### PH2196: Fusionsforschung | Fusion Research

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2025

<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 25 Minuten Dauer statt. Darin wird das Erreichen der im Abschnitt Lernergebnisse dargestellten Kompetenzen mindestens in der dort angegebenen Erkenntnisstufe exemplarisch durch Verständnisfragen und Beispielrechnungen überprüft.

Prüfungsaufgabe könnte beispielsweise sein:

- Benennen Sie die verschiedenen Fusionsreaktionen und erläutern Sie die notwendigen Plasmamparameter.
- Erläutern Sie den Unterschied zwischen verschiedenen Einschlusskonfigurationen: bspw. magnetischer Spiegel, Pinch, Tokamak, Stellarator.
- Was bestimmt den Transport in Tokamak-/Stellaratorplasmen?

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.

Auf die Note einer bestandenen Modulprüfung in der Prüfungsperiode direkt im Anschluss an die Vorlesung (nicht auf die Wiederholungsprüfung) wird ein Bonus (eine Zwischennotenstufe "0,3" besser) gewährt (4,3 wird nicht auf 4,0 aufgewertet), wenn die/der Studierende die Mid-Term-Leistung bestanden hat, diese besteht aus erfolgreichem Vorrechnen einer Übungsaufgabe in der Übung.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Semesterende

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Keine Vorkenntnisse nötig, die über die Zulassungsvoraussetzungen zum Masterstudium hinausgehen. Vorheriger Besuch einer Vorlesung zur Plasmaphysik ist vorteilhaft.

### **Inhalt:**

Dieses Modul gibt eine Einführung in die Fusionsforschung. Es startet mit allgemeinen Überlegungen zur Energieproblematik und der Rolle von erneuerbaren Energien, Speichern und Grundlast in einem künftigen Energiemix. Anschließend werden die grundlegenden Prozesse und Kenngrößen der Kernfusion eingeführt. Nach einem kurzen Überblick über die Trägheitsfusion konzentriert sich das Modul vor allem auf die Magnetfusion. Unterschiedliche Konzepte zum magnetischen Einschluss von Fusionsplasmen, wie magnetische Spiegel, Pinche, Tokamaks und Stellaratoren, werden vorgestellt und auf ihre Eigenschaften in Bezug auf Stabilität, Einschlussqualität und Transport hin untersucht. Die wichtigsten Methoden zur Heizung der Plasmen und ihrer Diagnostik werden eingeführt. Abschließend wird ein Überblick über neueste wissenschaftliche Ergebnisse und die wichtigsten experimentellen Anlagen gegeben. Teil des Moduls ist ein Besuch des Tokamaks ASDEX Upgrade am Max-Planck-Institut für Plasmaphysik.

### **Lernergebnisse:**

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

- die grundlegenden Fusionsprozesse und die in Plasmen notwendigen Parameter für selbständiges Brennen zu erklären
- grundlegende Prozesse des magnetischen Einschlusses von Plasmen zu beschreiben
- die elementaren technischen Elemente von Tokamak- und Stellarator-Experimenten sowie ihre Stärken und Schwächen zu beschreiben
- die am häufigsten beobachteten Instabilitäten in Fusionsplasmen zu benennen
- die wichtigsten Methoden zur Heizung und Diagnostik von Fusionsplasmen zu beschreiben
- die Prozesse zu diskutieren, die zu Transportverlusten in toroidalen Plasmen führen

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

Das Modul besteht aus einer Vorlesung und einer Übung.

In der Vorlesung werden die Grundlagen der Fusionsforschung vorgestellt. Dabei werden Verbindungen zur allgemeinen Energieproblematik sowie zu grundlegenden Problemen der Plasmaphysik hergestellt. Besonderes Augenmerk wird auf den Bezug zu aktuellen Forschungsthemen gelegt. Am Ende der Vorlesungszeit findet ein Besuch der Forschungsanlage ASDEX Upgrade statt, der einen tieferen Einblick in die Forschungsarbeiten geben soll.

In den Übungen werden die für die Vorlesung notwendigen Kenntnisse der Plasmaphysik vertieft und einige Themen der Vorlesung eingehender diskutiert. In Vorbereitung der Übungen lösen die Studierenden Übungsaufgaben und stellen ihre Lösungen in den Übungen selbständig zur Diskussion.

### **Medienform:**

Vorlesung mit PowerPoint-Präsentation, Filmen und Tafelarbeit, Übungsblätter, begleitende Internetseite, ergänzende Literatur

### **Literatur:**

- U. Stroth: Plasmaphysik: Phänomene, Grundlagen, Anwendungen, Vieweg+Teubner, (2011)
- M. Kaufmann: Plasmaphysik und Fusionsforschung, Vieweg+Teubner, (2003)
- J. Wesson: Tokamaks, Oxford University Press, (2011)

- R.J. Goldston & P.H. Rutherford: Plasmaphysik. Eine Einführung, Vieweg+Teubner, (1998)

**Modulverantwortliche(r):**

Günter, Sibylle; Prof.

**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

### PH2201: Energie-Materialien 1 | Energy Materials 1

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2025/26

<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> 120	<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:

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Semesterende

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

#### Inhalt:

The aim of this module is to provide students with a broad overview over functional materials currently employed or investigated for the energy provision, conversion and storage. Rather than dealing with the physical and chemical basics of energy conversion and storage, the module will focus on the many diverse materials used in this field and explain their important properties in terms of specific functionality and quantitative figures of merit.

Content:

- Fuels: energy content, production, price, sustainability
- Materials for energy conversion
- Materials for fuel cells (membranes, anodes, cathodes, catalysts)
- Photovoltaic materials (semiconductors, thin films, materials for sensitization)
- Photocatalytic materials
- Materials for energy storage: batteries, supercapacitors
- Environmental aspects: availability, recycling and life-cycle assessment of energy materials.

#### Lernergebnisse:

After successful completion of this module, the students are able to:

- identify the most important materials in the field of energy science

- explain the working principles of energy conversion and storage devices (batteries, fuel cells, solar cells supercapacitors etc)
- name factors which determine the performance of functional materials for these devices
- analyse and evaluate pros and cons for future viability of functional materials for energy provision, conversion and storage

**Lehr- und Lernmethoden:**

Lectures, seminars (master students), presentations

The students are supposed to read literature, which is provided in the lecture slides and TUM Moodle system, as there are no exercise classes attributed to these lectures.

The students can however visit complimentary seminars on Energy Materials 1 after the lectures.

**Medienform:**

- PowerPoint presentations with incorporated animations.
- interactive discussions and explanations using the black board.
- lecture PDFs with the links to the relevant literature are available before and after the lecture in TUM Moodle.
- Key literature including relevant journal publications are available at TUM Moodle in the sections corresponding to the particular lectures

**Literatur:**

- B. Dunn, H. Kamath, J.M. Tarascon: Electrical Energy Storage for the Grid: A Battery of Choices, Science (2011), 334 (6058), 928-935.
- P.C. Vesborg, T.F. Jaramillo: Addressing the Terawatt Challenge: Scalability in the Supply of Chemical Elements for Renewable Energy, RSC Adv. (2012), 2 (21), 7933-7947.

The literature to this lecture is based on the scientific research articles referred to in the lecture slides and partly available at TUM Moodle in the sections corresponding to the particular lectures.

**Modulverantwortliche(r):**

Bandarenka, Aliaksandr; Prof. Dr.

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

Energie-Materialien 1 (Vorlesung, 2 SWS)

Bandarenka A

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

## Modulbeschreibung

### PH2218: Materialphysik auf atomarer Skala 1 | Materials Physics on an Atomistic Scale 1

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2021/22

<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> 120	<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:

Es findet eine mündliche Prüfung von 25 Minuten Dauer statt. Darin wird das Erreichen der im Abschnitt Lernergebnisse dargestellten Kompetenzen mindestens in der dort angegebenen Erkenntnisstufe exemplarisch durch Erläuterungen der relevanten Konzepte sowie typischer Realisierungen in Festkörpern überprüft.

Prüfungsaufgabe könnte beispielsweise sein:

- Skizzierung und Diskussion fundamentaler Kristallstrukturen, deren Symmetrien, prototypischer Vertreter
- Temperaturabhängigkeit der Konzentration von Punktdefekten, Erläuterung der Konzepte der Formierungsenergie und -entropie
- Diskussion von Nahordnung, Definition der Warren-Cowley-Parameter
- Erläutern von Phasendiagrammen

Während der Prüfung sind keine Hilfsmittel erlaubt.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester / Semesterende

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Keine Vorbedingungen, die über die Zulassungsanforderungen für das Masterstudium hinausgehen

#### Inhalt:

Dieses Modul beschäftigt sich mit der Anordnung und der Bewegung von Atomen in Festkörpern. Da diese Aspekte die makroskopischen Eigenschaften von Materie zu einem großen Teil bestimmen, ist ihr mikroskopisches Verständnis grundlegend für beispielsweise das Optimieren von Materialien für technologische Anwendungen.

Es werden die folgenden Themen der statischen Anordnung von Atomen in Festkörpern detailliert behandelt:

- Symmetrien - Punktgruppen, Raumgruppen, Bravaisgitter, Positionen innerhalb der Elementarzelle
- Kristallstrukturen - elementare Systeme und Verbindungen
- Punktdefekte
- Ordnungsaspekte - Nah- und Fernordnung
- Statistik und Thermodynamik - fundamentale Modelle zur Vorhersage observabler Größen aus mikroskopischen Parametern
- Phasen und Phasendiagramme

Für alle oben angeführten Punkte wird sowohl eine generelle Beschreibung der relevanten Konzepte als auch ihre Motivierung über mikroskopische Modelle gegeben werden, aber auch eine Diskussion ihrer Realisierungen in typischen Systemen.

Das Modul wird im Folgesemester mit dem Modul PH2219 ergänzt.

### **Lernergebnisse:**

Nach dem erfolgreichen Absolvieren des Moduls sind die Studierenden in der Lage:

- die wesentlichen Kristallstrukturen aufzulisten und im Hinblick auf ihre Symmetrien zu analysieren
- zu verstehen und vorherzusagen, welche Struktur ein gegebenes System zeigen wird
- die Konzepte zur Beschreibung von Punktdefekten anzuwenden und ihr Verhalten nachzuvollziehen
- einfache statistische und thermodynamische Modelle anzuwenden
- Phasendiagramme zu lesen und thermodynamische Verhältnisse abzuleiten, sowie andererseits die aus gegebenen mikroskopischen Parametern resultierenden Phasendiagramme zu bestimmen
- typische Werte der physikalischen Größen relevant für die atomare Skala, wie z.B. Abstände und Energien, zu reproduzieren und die Konsequenzen zu verstehen

Generell soll dieses Modul die Voraussetzungen liefern, die Ergebnisse experimenteller oder theoretischer Untersuchungen relevanter Aspekte in den aktuellen Stand der Wissenschaft einordnen zu können, und damit auf eigenständige Forschung vorbereiten.

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

Das Modul besteht aus einer Vorlesung, in der die Lerninhalte mittels Tafelanschrift und mündlicher Vortrag präsentiert werden, wobei die behandelten Phänomene in einer detaillierten Diskussion erläutert werden. Aktive Beiträge der Studierenden (Verständnisfragen) sind hierbei erwünscht. Die Nachbereitung erfolgt im Selbststudium mithilfe des zur Verfügung gestellten Skripts.

Bzgl. der aktuellen Coronavirus-Pandemie: diese Vorlesung wird, solange es die Vorgaben erlauben, als Präsenzveranstaltung durchgeführt werden.

### **Medienform:**

Vorlesung mit Tafelanschrift. Ein Vorlesungsskript wird zur Verfügung gestellt (umreißt die wesentlichen Inhalte, ersetzt aber nicht die in der Vorlesung gebotene tiefere Diskussion).

### **Literatur:**

Grundlagen der Festkörperphysik:

- N.W. Ashcroft & N.D. Mermin: Solid State Physics, De Gruyter Oldenbourg, (2012)
- H. Ibach, H. Lüth: Festkörperphysik, Springer-Verlag, (2009)
- Ch. Kittel: Introduction to Solid State Physics, Wiley, (2018)
- R. Gross & A. Marx: Festkörperphysik, De Gruyter, (2018)
- U. Rössler: Solid State Theory: An Introduction, Springer-Verlag, (2009)

Statistische Physik:

- F. Schwabl: Statistische Mechanik, Springer-Verlag, (2006)

klassische Metallphysik:

- G. Gottstein: Physikalische Grundlagen der Metallkunde, Springer-Verlag, (2007)
- P. Haasen: Physikalische Metallkunde, Springer-Verlag, (2013)

klassische Festkörperchemie:

- J. Maier: Festkörper - Fehler und Funktion, Springer-Verlag, (2000)

atomare Aspekte der Festkörper:

- M.T. Dove: Structure and Dynamics: An Atomic View of Materials, Oxford University Press, (2003)

spezielle Aspekte:

- W. Borchardt-Ott & H. Sowa: Kristallographie. Eine Einführung für Naturwissenschaftler, Springer Spektrum, (2013)
- R.J.D. Tilley: Defects in Solids, John Wiley & Sons, (2008)

**Modulverantwortliche(r):**

Leitner, Michael; 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](#).

## E1\_MCTS: Material Characterization, Testing & Surveillance (Electives I) | Material Characterization, Testing & Surveillance (Electives I)

### Modulbeschreibung

#### ED010002: Recognized Modules | Recognized Modules

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2024

<b>Modulniveau:</b>	<b>Sprache:</b>	<b>Semesterdauer:</b>	<b>Häufigkeit:</b>
<b>Credits:*</b> 5	<b>Gesamtstunden:</b>	<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:

#### Wiederholungsmöglichkeit:

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

#### Inhalt:

#### Lernergebnisse:

#### Lehr- und Lernmethoden:

#### Medienform:

#### Literatur:

**Modulverantwortliche(r):**

**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

### LS50017: Polymers in Wood Science and Technology | Polymers in Wood Science and Technology

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2024

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester/ Sommersemester
<b>Credits:*</b> 5	<b>Gesamtstunden:</b> 150	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 75	<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:

The evaluation of the module is conducted by preparing a report complemented by a presentation that will be assessed in a hybrid format. This report will consist of a ca. 20 pages document - containing an abstract, introduction, discussion, conclusions, and references -, and the presentation of ca. 20 min oral performance – with the same structure as the written report - in front of an audience with the corresponding defense.

This report/presentation hybrid format will prove that students have understood the principles and basic concepts in Polymer Science applied to Wood Science and Technology. Moreover, it will demonstrate that students are able to search in and learn from the literature new topics independently, to communicate in a scientific manner – in written and oral format -, and to answer scientific questions with the support of the acquired knowledge from both the lectures, the provided articles and scientific texts, and the literature research.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Basic knowledge of chemistry and physics (supporting information will be delivered during the lectures or via email)

#### Inhalt:

Lecture with integrated exercises:

- Introduction to Polymers (presence, use and classification of polymers in the wood industry)
- Structure and Properties (influence of the different structures on the final properties of polymers)
- Classification of Polymers (linear and branched polymers; crosslinked polymers; amorphous and semicrystalline polymers)

- Production of Monomers (production of monomers: phenols, formaldehyde, urea, melamine, epoxies, isocyanates, furfuryl alcohol, amines...)
- Polymerization Reactions (reactivity of monomers: step- and chain-growth, crosslinking and branching)
- Characterization of Polymers (physicochemical characterization of polymers: scattering, thermal and mechanical analysis)
- Functionality and Applications (wood bio-polymers, wood adhesives, wood coatings, wood modification)

**Seminar:**

- Topics related to Polymers in Wood Science and Technology based on literature research or provided literature (articles and scientific texts), and a visit to the Wood Materials Science facilities at the Wood Research Institute in Munich (Holzforschung München), where students will have the opportunity to be in direct contact with the polymers used in WST.

**Lernergebnisse:**

After completing the Polymers in Wood Science and Technology (WST) module, students are able to:

- classify the different kinds of polymers used in WST based on their production, structure, and functionality
- predict the potential uses of the different polymers for wood products in WST based on data available from the literature or obtained from experimental results
- develop a research project on polymer applications in WST by selecting and analyzing the available information
- write a scientific report on a selected research project focusing on the use of polymers in WST,
- and to present and defend it in front of an audience

**Lehr- und Lernmethoden:**

- Students will acquire the knowledge and information via teaching slides and blackboard, self-study, writing-presentation-defense of a research project, and exercises/experiments in our facilities or online (simulations).
- Some classroom assessment techniques will be implemented, e.g., open-ended questions, opinion polls, discussions between students, and a 5-minute paper.
- The research project will be carried out individually with continuous supervision (weekly) via face-to-face meetings, emails or videoconference, as requested by the student. The scientific report will be reviewed several times prior to the final delivery for its evaluation taking care of the content, the structure, the writing style and avoiding plagiarism. In a similar way, the presentation will be also checked prior to the defense with an option for an online rehearsal.

**Medienform:**

- PowerPoint slides together with videos during the lectures
- Blackboard and/or overhead projector during the lectures
- Literature (books and journals articles) for self-study

- Zoom meetings for discussions

**Literatur:**

- H. G. Elias, An Introduction to Polymer Science, 1997, John Wiley & Sons
- J. W. Nicholson, The Chemistry of Polymers, 2006, RSC Publishing
- P. C. Hiemenz and T. P. Lodge, Polymer Chemistry, 2020, CRC Press
- H. A. Wittcoff, B. G. Reuben, J. S. Plotkin, Industrial Organic Chemicals, 2012, John Wiley & Sons
- G. Odian, Principles of Polymerization, 2004, John Wiley & Sons
- R. N. Kumar and A. Pizzi, Adhesives for Wood and Lignocellulosic Materials, 2019, John Wiley & Sons
- K. O. Niska and M. Sain, Wood-Polymer Composites, 2008, CRC Press
- C. Hill, Wood Modification, 2006, John Wiley & Sons
- D. Sandberg, A. Kutnar, O. Karlsson and D. Jones, Wood Modification Technologies, 2021, CRC Press
- Additional literature will be provided

**Modulverantwortliche(r):**

Sanchez-Ferrer, Antoni, Dr. [sanchez@hfm.tum.de](mailto:sanchez@hfm.tum.de)

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

Polymers in Wood Science and Technology (Vorlesung mit integrierten Übungen, 3 SWS)

Sanchez-Ferrer A [L], Sanchez-Ferrer A

Polymer Applications for Wood Science and Technology (Projekt, 2 SWS)

Sanchez-Ferrer A [L], Sanchez-Ferrer A

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

## Modulbeschreibung

### **BV330003: Computational Plasticity | Computational Plasticity [Bau-CompPlas]**

*Numerik der Plastizitätstheorie*

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2020

<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 Modulleistung wird in Form einer 60-minütigen Klausur (ohne Hilfsmittel) erbracht. Mit der Klausur weisen die Studierenden nach, dass sie die verschiedenen Modelle und numerischen Ansätze zur Berechnung von Plastizitätsvorgängen einschließlich ihrer Herleitungen und der damit verbundenen Annahmen verstanden haben und anwenden können. Ferner zeigen die Studierenden, dass sie die algorithmische Umsetzung dieser Phänomene beschreiben und beurteilen können.

#### **Wiederholungsmöglichkeit:**

Folgesemester

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

Kenntnisse der Materialmechanik und –modellierung (z.B. Computational Material Modelling 1), der Finite-Element-Methoden und der Kontinuumsmechanik

#### **Inhalt:**

- Mathematische Grundlagen für die Plastizitätsmodellierung (ein- und mehrdimensional),
- Plastizitätsmodelle unter der Annahme kleiner Dehnungen (z.B. J2-Plastizität),
- Algorithmische Verfahren zur Behandlung von Fließkriterien, Verfestigungsgesetzen und plastischen Fließregeln,
- Assoziative und nicht-assoziative Plastizität,
- Return mapping algorithm (RMA);
- Plastizität unter der Annahme endlicher Dehnungen,
- Rechnerische und algorithmische Behandlung der Viskoplastizität,
- Limit Analysis für dynamische und statische Probleme.

### **Lernergebnisse:**

Nach erfolgreicher Teilnahme am Modul sind die Studierenden in der Lage, die prinzipiellen Methoden und Algorithmen zur Berechnung von Plastizitätsvorgängen zu verstehen und problembezogen korrekt anzuwenden. Im Einzelnen bedeutet dies, sie können:

- die wichtigsten Aspekte und Modelle der mathematischen und mechanischen Beschreibung der Plastizität erinnern,
- die zugrundeliegenden Annahmen und Vereinfachungen verstehen,
- die entsprechenden Modelle und Methoden im Bereich der SSP (small-strain plasticity) richtig anwenden,
- die Methoden der FSP (finite strain plasticity) richtig anwenden,
- die vereinfachten Ansätze zur Plastizität (Limit Analysis) für statische und dynamische Fälle korrekt anwenden,
- zugehörige Algorithmen (z.B. Return-Mapping-Algorithmus) analysieren,
- die Implementierung in verschiedenen Software-Programmen bewerten,
- Flussdiagramme und Pseudo-Codes für die Plastizitätsalgorithmen entwickeln.

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

Das Modul besteht aus einer Vorlesung. In der Vorlesung werden die Inhalte des Moduls durch kleine Anwendungsbeispiele bezüglich des plastischen Verhaltens typischer Materialien und der zugehörigen algorithmischen Implementierung (Pseudo-codes) veranschaulicht sowie durch die offene Diskussion mit den Studierenden vertieft. Die Studierenden werden während der Vorlesung motiviert, die besprochenen Themen durch Fachliteratur und eigenständige Studien selbständig zu erweitern. Durch Software-Demonstrationen (z.B. mit Python) werden weitere praktische Aspekte aufgezeigt.

### **Medienform:**

PowerPoint, Video, Tafelarbeit, Software-Demonstrationen

### **Literatur:**

E.A. de Souza Neto, D. Peric, and D.R.J Owen: Computational Methods for Plasticity – Theory and Applications. Wiley, 2008.

F. Dunne and N. Petrinic: Introduction to Computational Plasticity, Oxford Univ. Press, 2005.

J.C. Simo and T.J.R. Hughes: Computational Inelasticity, Springer, 2000.

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

Fabian Duddeck (duddeck@tum.de)

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

Computational Plasticity (Vorlesung, 2 SWS)

Duddeck F [L], Duddeck F ( Vargas Fajardo J )

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

## Modulbeschreibung

### **BV330004: Fracture & Damage | Fracture & Damage [Bau-Fracdam]** *Schädigungs- und Bruchmechanik*

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2020

<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 Modulleistung wird in Form einer 60-minütigen Klausur (ohne Hilfsmittel) erbracht. Mit der Klausur wird nachgewiesen, dass die Studierenden verschiedene Modelle der Schädigungs- und Bruchmechanik einschließlich ihrer Herleitung und der damit verbundenen Annahmen verstehen und anwenden können. Ferner wird überprüft, ob die numerische Modellierung dieser Phänomene mittels der Finite-Element-Methoden beschrieben und beurteilt werden kann.

#### **Wiederholungsmöglichkeit:**

Folgesemester

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

Kenntnisse der Materialmechanik und –modellierung (z.B. Computational Material Modelling 1) sowie der Finite-Element-Methoden

#### **Inhalt:**

- Isotrope und anisotrope Schädigungsmechanik
- Schädigungsmodelle für spröde und duktile Materialien
- Schädigungsmodelle für Ermüdung und Kriechen
- LEFM mit K-Faktoren, Griffithkriterien, J-Integral
- EPFM mit Modellierungen nach Dugdale, Irwin, J-Integral, HRR
- Finite-Element-Methoden für die Bruchmechanik
- Beispiele aus Fachliteratur und Softwareprogrammen zur Schädigungs- und Bruchmechanik

#### **Lernergebnisse:**

Nach erfolgreicher Teilnahme am Modul sind die Studierenden in der Lage, die prinzipiellen Methoden zur numerischen Modellierung von Problemen der Schädigungs- und Bruchmechanik zu verstehen und problembezogen korrekt anzuwenden. Im Einzelnen bedeutet dies, sie können:

- die wichtigsten Modelle der Schädigungs- und Bruchmechanik erinnern,
- die zugrundeliegenden Annahmen und Vereinfachungen verstehen,
- die Methoden der Kontinuumsmechanik zur Schädigungsmodellierung richtig anwenden,
- die korrekten Modelle für Probleme der LEFM (Linear Elastic Fracture Mechanics) und der EPFM (Elasto-Plastic Fracture Mechanics) anwenden,
- die mechanischen Modelle im zugehörigen Kontext analysieren,
- die zugehörige Fachliteratur bewerten,
- die Implementierung in verschiedenen Software-Programmen bewerten.
- den problemspezifisch besten Kompromiss entwickeln zwischen Komplexität des Modells und numerischer Effizienz der Modellierung.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Das Modul besteht aus einer Vorlesung. In der Vorlesung werden die Inhalte des Moduls durch kleine analytische und numerische Anwendungsbeispiele zur Schädigungs- und Bruchmechanik veranschaulicht und durch eine offene Diskussion mit den Studierenden vertieft. Die Studierenden werden während der Vorlesung motiviert, die besprochenen Themen durch Fachliteratur und Industriebeispiele selbständig zu erweitern.

**Medienform:**

PowerPoint, Video, Tafelarbeit.

**Literatur:**

Jean Lemaitre and Rodrigue Desmorat: Engineering Damage Mechanics - Ductile, Creep, Fatigue and Brittle Failures. Springer 2005.

Dietmar Gross and Thomas Seelig: Fracture Mechanics: With an Introduction to Micromechanics. Springer 2011.

**Modulverantwortliche(r):**

Fabian Duddeck (duddeck@tum.de)

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

Damage and Fracture (Vorlesung, 2 SWS)

Duddeck F [L], Duddeck F ( Vargas Fajardo J )

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

## Modulbeschreibung

### BV640007: Zerstörungsfreie Prüfung | Non-destructive Testing

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab 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> 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 setzt sich zusammen aus einer Hausarbeit im Umfang von ca. zehn Seiten sowie einer 60 minütigen Klausur. Die Gesamtnote ergibt sich aus den beiden Teilnoten mit einer Gewichtung von 1/3 (Hausarbeit) und 2/3 Klausur. Die Hausarbeit wird im Rahmen des Projektes "ZfP-Wikipedia" angefertigt. Dabei soll ein allgemeinverständlicher Artikel über einen Aspekt der ZfP innerhalb des lehrstuhleigenen ZfP-Wiki erstellt werden.

Mit der Hausarbeit wird geprüft, inwieweit die Studierenden in der Lage sind, auch komplexe Teilgebiete der ZfP zu analysieren. Der Studierende soll das gewählte Thema kompakt und allgemeinverständlich darstellen. Die Bearbeitung der Hausarbeit erfolgt im Rahmen des Eigenstudiums. Der Umfang orientiert sich an den zugeordneten Credits, damit ist ein Umfang von etwa zehn Seiten vorgegeben. Es wird ein Zeitaufwand von etwa 30 Stunden vorgegeben. Die Betreuung erfolgt durch eine/n Mitarbeiter/-in des Lehrstuhls. Die Erstellung der Hausaufgabe gibt den Studierenden die Möglichkeit, ihr in der Vorlesung erworbenes Wissen in einem spezifischen Bereich zu vertiefen.

Ein weiterer Bestandteil ist ein Leistungsnachweis in Form einer 60-minütigen Klausur. In dieser wird überprüft, inwieweit die Studierenden die grundlegenden Konzepte der Zerstörungsfreien Prüfung komprimiert wiedergeben können sowie Lösungen in Form von Fallbeispielen zu Anwendungsproblemen in diesen Bereichen unter zeitlichem Druck aufzeigen können.

Für die Klausur sind keine Hilfsmittel zugelassen, insbesondere keine Taschenrechner. Dies gilt nicht für die Hausarbeit, welche anhand einer Literaturrecherche des Studierenden erfordert.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

**(Empfohlene) Voraussetzungen:**

Ingenieurwissenschaftlicher Bachelorabschluss oder Bachelorabschluss der technischen Physik oder der Munich School of Engineering

**Inhalt:**

Es werden die aktuellen ZfP-Verfahren zur Qualitätssicherung und Inspektion von Baustoffen, Bauteilen und Bauwerken sowie deren typische Einsatzbereiche behandelt. In der Vorlesung werden ausgewählte Anwendungen und Schadensfälle aus dem Ingenieurwesen vorgestellt, was sowohl Methoden für die Qualitätssicherung von zementgebundenen Materialien (Beton, Mörtel etc.) als auch von Metallen (Bewehrung), Holz, Stein und Faserverbundwerkstoffen (z. B. CFK und GFK) beinhaltet. Zudem werden die wesentlichen Aspekte traditioneller und moderner ZfP-Messmethoden und -Geräte dargestellt (u.a. von Techniken wie Ultraschall, Impakt-Echo, Infrarot-Thermografie, RADAR, Schwingungs- und Schallemissionsanalyse) und deren Genauigkeit und Anwendungsgrenzen sowie die entsprechenden Auswertemethoden vorgestellt. Neben reinen Inspektionsverfahren werden außerdem Methoden der Dauerüberwachung von Bauwerken diskutiert. In den Übungen können die Studierenden die Handhabung der Geräte kennenlernen und mit den meisten ZfP-Verfahren selbstständig Messungen durchführen und diese auswerten. Einzelne Inhalte sind:

1. Einführung: Hintergründe, Historisches, Motivation für Prüfaufgaben im Bauwesen; Prüfkonzepte (Signale, Systeme, Filter, Zeitreihen)
2. Grundlagen der Schwingungen und Wellen; Wellenausbreitung
3. Messtechnik, Sensorik, Signalaufzeichnung und Auswertung
4. Ultraschall, Impakt-Echo
5. Infrarot-Thermografie, Radar, Mikrowellenverfahren und Terahertz
6. Faserverbundwerkstoffe (GFK, CFK) und Holz
7. Sonstige handgeführte ZfP-Verfahren, Wirbelstrom, Magnetpulver- und Farbeindringverfahren
8. Radiographie und Computer-Tomographie
9. Schallemissionsanalyse, Schwingungsanalyse
10. Drahtgebundene und drahtlose Sensornetze
11. Dauerüberwachung von Bauwerken des kulturellen Erbes

**Lernergebnisse:**

Nach erfolgreicher Teilnahme am Modul sind die Studierenden in der Lage:

- die aktuellen ZfP-Verfahren der Qualitätssicherung, Inspektion und Dauerüberwachung zu verstehen
- eine Zuordnung von verschiedenen Problemstellungen zu einzelnen ZfP-Verfahren vorzunehmen und diese gezielt auszuwählen
- Einsatzbereiche und Grenzen einzelner Verfahren zu beurteilen
- einzelne konventionelle ZfP-Verfahren selbstständig auszuführen
- die Verfahren Ultraschall, Impakt-Echo, Radar und Infrarotthermografie selbstständig anzuwenden
- die Messergebnisse von Ultraschall-, Impakt-Echo-, Radar- und Infrarotthermografie-Messungen zu bewerten

- moderne Untersuchungsmethoden für das Abbinden von hydraulisch Bindemitteln zu beschreiben
- Methoden der Dauerüberwachung für Anlagen und Bauwerke zu verstehen

**Lehr- und Lernmethoden:**

Um aktuelle ZfP-Verfahren zu verstehen und Einsatzbereiche und Grenzen der Methoden bewerten zu können werden in der Veranstaltung die wesentlichen Lehrinhalte grundsätzlich in Form einer klassischen Vorlesung mit ständiger Unterstützung durch eine Powerpoint-Präsentation vermittelt. Besondere Detailspekte oder für das Gesamtverständnis bedeutende Gesichtspunkte werden durch Tafelanschrieb schrittweise hergeleitet und anschaulich erläutert. Dieses Vorgehen ermöglicht den Studierenden eine übersichtliche und klar lesbare Darstellung der Inhalte und fördert das konzentrierte Zuhören und somit auch das Verständnis der Studierenden, da diese nicht durch ein permanentes Mitschreiben des Tafelanschriebs abgelenkt werden. Testfragen mit Peer-Instruction-Tools (Pingo) zur anonymisierten Sofortauswertung werden eingestreut, um dem Dozenten und den Studierenden den Lernerfolg aufzuzeigen bzw. kritische Aspekte zu hinterfragen. Damit die Studierenden gängige ZfP-Verfahren selbstständig anwenden und Messergebnisse bewerten können, wird der Vorlesungsstoff durch regelmäßige, an den Fortgang der Vorlesung angepasste Laborübungen vertieft. Die Übung bedient sich vorgefertigter Fragen und Aufgabenstellungen, in denen die Sachverhalte der Vorlesung durch eigene Messungen gestützt und vertieft werden. Durch die Kombination der theoretischen Vorlesung mit der praktischen Übung wird eine optimale Umsetzung des Vorlesungsinhalts ermöglicht.

**Medienform:**

Die in der Vorlesung verwendeten Medien setzen sich aus Präsentationen, Videos und Tafelaufschrieben zusammen. Außerdem wird zu Beginn des Semesters ein Skript (200 S.) angeboten und einzelne Lehrunterlagen werden über Moodle zum Download angeboten. Letzteres enthält Videos über die Durchführung beispielhafter Messungen. Die Übungen erfolgen in Experimenten zu allen behandelten Prüfverfahren mit eigener Versuchsdurchführung und -auswertung.

**Literatur:**

Masayasu, Ohthsu: Innovative AE and NDT Techniques for On-Site Measurement of Concrete and Masonry Structures, Springer Netherlands, 2016, 176 S., eBook ISBN: 978-94-017-7606-6

Maierhofer, Reinhardt, Dobmann (Eds.): Non-Destructive Evaluation of Reinforced Concrete Structures, Woodhead Publishing, 2010, eBook ISBN: 978-1-84569-960-4

**Modulverantwortliche(r):**

Große, Christian; Prof. Dr.

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

Zerstörungsfreie Prüfung im Maschinenbau (Vorlesung, 3 SWS)

Große C [L], Große C

Übung zur Zerstörungsfreien Prüfung im Maschinenbau (Übung, 1 SWS)

Große C [L], Maier B, Moser K, Parikh F, Popovych O

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

## Modulbeschreibung

### CH0805: Spektroskopische Methoden | Spectroscopical Methods

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2016

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Deutsch/Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester/ Sommersemester
<b>Credits:*</b> 8	<b>Gesamtstunden:</b> 240	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 150	<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 Prüfungsleistung wird für jede der beiden im Modul belegten Veranstaltungen in Form einer 90-minütigen, schriftlichen Prüfung erbracht. Die Bewertung des Gesamtmoduls erfolgt aus den beiden Teilklausuren im Verhältnis 50:50. Als einziges Hilfsmittel ist jeweils ein nicht programmierbarer Taschenrechner erlaubt. Die schriftliche Prüfung ist derart konzipiert, dass der Nachweis erbracht werden kann, ob die Studierenden in begrenzter Zeit und ohne weitere Hilfsmittel ein Problem erkennen und Wege zu einer Lösung finden können. Die gewählte Prüfungsform gewährleistet, dass in diesem Format gerade die Anwendung des gelernten Wissens und das erworbene Transferwissen besonders eingehend geprüft werden. Die Prüfungsfragen erstrecken sich über den gesamten Vorlesungsstoff. Dabei wird eruiert, in wieweit die Studierenden Kompetenzen in der Evaluierung spektroskopischer Methoden, der jeweiligen Funktionsweise und Anwendung erlangt haben. Die gewählte Prüfungsform gewährleistet, dass das Verständnis und die Analysefähigkeit technischer Komponenten erfragt wird. Im gewählten Prüfungsformat wird die Bandbreite und Tiefe des erworbenen Wissens adressiert, wodurch Antworten teils eigene Formulierungen -, teils die Lösung von Rechenaufgaben sowie das Erstellen qualitativer Vergleiche erfordern.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Grundkenntnisse der Quantenmechanik, Spektroskopie und Statistischen Thermodynamik. Grundbegriffe des Aufbaus von Atomen und Molekülen.

#### Inhalt:

Das Modul umfasst zwei Veranstaltungen zu weiterführenden Konzepten der experimentellen und theoretischen Spektroskopie und ermöglicht einen Gesamtüberblick über moderne spektroskopische Verfahren und Analysemethoden. Der Inhalt des Kurses 1: Spektroskopie mit

Licht, Grundlagen der Optik, Lasertechnik, Laserspektroskopische Methoden, Manipulation von Proben für die Spektroskopie; Der Inhalt des Kurses 2: Oberflächenanalytik, Instrumentierung, kristallographische Beschreibung von Oberflächen, Oberflächenreaktionen, Vakuumherzeugung sowie -messung, Wechselwirkung von Licht, Ionen, Neutralteilchen und Elektronen mit Materie und deren Oberflächensensitivität, quantitative Beschreibung mikroskopischer Prozesse an Oberflächen: Adsorption, Desorption, Diffusion und Reaktion. Oberflächentechniken, die auf einem der folgenden Effekte aufbauen: Streuung, Photoemission oder Diffraktion. Charakterisierung von Oberflächen im realen und reziproken Raum, Festkörperbandstruktur, Kombination spektroskopischer Techniken mit mikroskopischen Verfahren.

**Lernergebnisse:**

Nach der erfolgreichen Teilnahme der jeweiligen Vorlesung mit Übung die grundlegenden Konzepte der Lasertechnik, Laserspektroskopie sowie Gasphasenspektroskopie (Kurs 1) und Methoden zur Erzeugung und Charakterisierung von Oberflächen und Vorgängen an diesen (Kurs 2). Die Studierenden können dieses Wissen anwenden, um aktuelle Fragestellungen auf dem Gebiet der Gasphasenspektroskopie, Laserspektroskopie in der Analytik, Lasertechnik, sowie Oberflächenanalytik, Surface Science und heterogenen Katalyse zu verstehen und experimentelle Untersuchungen dazu kritisch zu bewerten. Schließlich sollen die Studierenden eigene Vorstellungen entwickeln und in der Lage sein, experimentelle Verfahren vorzuschlagen, mit denen erfolgreich modernen Fragestellungen nachgegangen werden kann. Während sich der Vorlesungsstoff aus Kurs 2 vorwiegend mit der Grenzfläche von Festkörper und Gasphase auseinandersetzt, finden sich im Teil "Spektroskopische Methoden 1" Einblicke zur Gasphasenspektroskopie und Lasertechnik. Die Studierenden sind nach erfolgreicher Teilnahme an den jeweiligen Kursen in der Lage, für spezielle Probleme der Chemie und Analytik geeignete spektroskopische Lösungen zu finden, entsprechende spektroskopische Aufbauten selbständig zu konzipieren und Messergebnisse kritisch zu beurteilen.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Das Modul besteht aus zwei gewählten Vorlesungen mit begleitenden Übungen, der Lehrstoff wird jeweils in einer Vorlesung vermittelt, an die sich Übungen anschließen, um die Studierenden aktiv einzubinden und sie in die Lage versetzen, selbständig die Größenordnung von Effekten an Oberflächen quantitativ abzuschätzen bzw. laser- und gasphasenspektroskopische Methoden zu bewerten zu können. Die Studierenden werden weiterhin mit aktuellen Fragestellungen und Experimenten aus der Literatur konfrontiert, die anschließend diskutiert werden sollen. Im Rahmen der Vorlesung werden zu bestimmten Themen Skripte und Übungsaufgaben verteilt. Diese sind als Hausaufgaben oder als Gruppenarbeiten gemeinsam zu lösen. Die Ergebnisse werden von den Studierenden dargestellt und diskutiert und sollen dazu dienen, selbständig Kompetenz zu erwerben, das Gelernte anzuwenden, zu analysieren, die erzielten und in der Literatur beschriebenen Ergebnisse zu evaluieren und aus dem Erlernen eigene Konzepte zu entwickeln. In den Übungen werden die Studierenden zum gründlichem Studium der Literatur und der weiterführenden inhaltlichen Auseinandersetzung mit den Themen angeregt.

**Medienform:**

Semesterapparat, Skriptum, Folien, Tafelarbeit, elektronische Präsentation, Publikationen

**Literatur:**

Kurs 1: J.M. Hollas, "Modern Spectroscopy", Wiley, ISBN 0-470-84416-7 Demtröder, Laserspektroskopie: Grundlagen und Techniken, Springer, ISBN 3-540-33792-X  
Kurs 2: G. Ertl, J. Küppers, Low Energy Electrons and Surface Chemistry, VCH, ISBN 3-527-26056-0 H. Lüth, Surfaces and Interfaces of solid Materials, Springer, ISBN 3-540-58576-1  
A. Zangwill, Physics at Surfaces, Cambridge, ISBN 0-521-34752-1 M. Henzler, W. Göpel, Oberflächenphysik des Festkörpers, Teubner, ISBN 3-519-13047-5 D. Briggs, M.P. Seah, Practical Surface Analysis Vol. 1, Wiley, ISBN 0-471-95340-7 S. Huefner, Photoelectron Spectroscopy, Springer, ISBN 3-540-41802-4

**Modulverantwortliche(r):**

Heiz, Ulrich Kaspar; Prof. Dr. phil. 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

### CH3063: Angewandte Elektrochemie | Applied Electrochemistry

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2024/25

<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:

The examination for this module is conducted in the form of a 90-minute written exam. The only aids allowed during the exam are a pen, a ruler, and a non-programmable calculator. The exam is designed to provide evidence that the students can independently solve typical electrochemical problems in a limited time span without further assistance. The content covered by the exam spans over the entire lecture material. The chosen form ensures that the students not only repeat their newly acquired knowledge but also demonstrate their ability to apply this knowledge to related research questions. In doing so, it is determined to what extent the students have competencies in the evaluation of electrochemical energy storage/conversion technologies and in the assessment of the long-term perspectives of different electromobility concepts, based on understanding their basic electrochemical processes and concepts. The exam will be used to assess the students' understanding and their ability to analyze electrochemical energy conversion/storage technologies.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Basic knowledge in physical chemistry (especially in thermodynamics and kinetics) is recommended; a prior participation in the module "Fundamental Electrochemistry" (CH3065) is recommended, but is not obligatory.

#### Inhalt:

The module provides the electrochemical fundamentals of various energy conversion and storage devices, as well as potential fields of application, including the scientific and engineering challenges for future applications. Amongst others, the module consists of the following fields of electrochemistry: fuel cells (thermodynamics, fueling options, types of fuel cells), electrolysis (water, chlor-alkaline), batteries (conventional batteries, materials for Li-ion and "post"-Li-ion batteries), electrochemical capacitors, and redox-flow batteries. The focus of the lecture in all

discussed topics is a detailed understanding of the basic electrochemical concepts related to the specific application.

**Lernergebnisse:**

Upon successful completion of this module, students will be able to identify the relevant literature and to critically review publications in the field of electrical energy storage and conversion. The students will be able to make suggestions and develop experiments to address specific questions in related areas of research, e.g., on proton-exchange membrane fuel-cells (PEM-FC). The module provides them with a comprehensive overview of the most relevant electrical energy storage technologies (e.g., lithium-ion batteries, lead-acid batteries, and super-capacitors) and energy conversion technologies (e.g., fuel-cells and electrolyzers). In addition, it provides a detailed explanation of the working principles as well as the underlying electrochemical and thermodynamic processes (e.g., the electrochemical potential and the energy efficiency). Finally, students will be able to evaluate the perspectives of different energy storage and conversion technologies, including their potential fields of application.

**Lehr- und Lernmethoden:**

The module consists of a series of lectures with accompanying exercises. The lectures cover most of the course content. White-board discussions are used to explain derivations and illustrate selected examples. The exercises are designed to actively involve students by repeating and deepening selected topics from the lectures. Weekly exercise sheets facilitate the discussions and enable students to independently solve small problem sets related to the lecture materials by means of qualitative and quantitative approaches. Often, these sheets are based on the current questions in the literature or even on the research of the tutors (e.g., related to batteries or fuel cells). Students are encouraged to share their questions with tutors and discuss them in class. At the end of the semester, a Q&A session is offered to the students to resolve any remaining questions prior to the exam.

**Medienform:**

Powerpoint presentations, whiteboard discussions, lecture slides as hand-out, journal articles

**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

### CH3065: Grundlagen der Elektrochemie | Fundamental Electrochemistry

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2024/25

<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:

The examination for this module is conducted in the form of a 90-minute written exam. The only aids allowed during the exam are a pen, a ruler, and a non-programmable calculator. The exam is designed to provide evidence that the students can independently solve typical electrochemical problems in a limited time span without further assistance. The content covered by the exam spans over the entire lecture material. The chosen form ensures that the students not only repeat their newly acquired knowledge but also demonstrate their ability to apply this knowledge to related research questions. In doing so, it is evaluated to what extent the students developed competencies in fundamental electrochemical processes and relevant electroanalytical methods. Further, it will be used to assess the students' understanding and their ability to analyze the underlying electrochemical phenomena and evaluate their influence on practical applications, e.g., in (solid-state) batteries and fuel cells.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Basic knowledge in physical chemistry (especially in thermodynamics and kinetics) is recommended.

#### Inhalt:

The lectures and the accompanying exercises of this module consist of two parts. In the first part, Prof. Hubert Gasteiger provides a comprehensive overview on the most commonly used electroanalytical methods and the underlying phenomena that govern the corresponding electrochemical reactions: Beginning with the thermodynamics, Prof. Gasteiger first introduces electrochemical cells, the electrochemical potential, and the concept of reference electrodes. This is followed by a detailed explanation of the ionic conduction in electrolytes, electrochemical kinetics, as well as mass transport and diffusion effects. Finally, Prof. Gasteiger applies this

knowledge to electroanalytical methods, including cyclic voltammetry, rotating disk electrode experiments, micro-electrodes, and electrochemical impedance spectroscopy. In the second part, Prof. Tom Nilges introduces thermoelectric materials and discusses the transport phenomena in solid electrolytes. He complements the analytical toolkit by further spectroscopic methods.

**Lernergebnisse:**

Upon successful completion of this module, students will be able to identify relevant research literature and critically review publications in the field of electrochemistry. The students will be able to make suggestions and develop experiments to address specific questions in related areas of research, e.g., electrical energy storage and energy conversion. The module provides them with a comprehensive overview of the most commonly used electroanalytical techniques (e.g., cyclic voltammetry, rotating disk electrode experiments) and describes the underlying phenomena that govern the corresponding electrochemical reactions (e.g., ionic transport, electrode kinetics, electrochemical potential).

**Lehr- und Lernmethoden:**

The module consists of a series of lectures with accompanying exercises. The lectures cover most of the content. White-board discussions are used to explain derivations and illustrate selected examples. The exercise is designed to actively involve students by repeating and deepening selected content from the lecture. Weekly exercise sheets facilitate the discussions and enable students to independently solve small problem sets related to the lecture materials by means of qualitative and quantitative approaches. Often, these sheets are based on the current questions in the literature or even on the research of the tutors (e.g., related to batteries or fuel cells). Students are encouraged to share their questions with tutors and discuss them in class. At the end of the semester, a Q&A session is offered to the students to resolve any remaining questions prior to the exam.

**Medienform:**

Powerpoint presentations, whiteboard discussions, lecture slides as hand-out, journal articles

**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 ( Dickmanns J, Schilling M, Schramm C, Wilhelm R ), 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

### CH3070: Zeitabhängige Spektroskopie | Time-dependent Spectroscopy

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2024/25

<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:

In einer Klausur (90 Minuten) wird überprüft, inwieweit die Studierenden die grundlegenden Konzepte der zeitaufgelösten Spektroskopie in Theorie und Experiment verstanden haben und komprimiert wiedergeben können. Die Studierenden sollen an einem konkreten Beispiel aus z. B. der chemischen Analytik oder zur Aufklärung eines chemischen Mechanismus zeigen, dass sie zeitaufgelöste Methoden verstanden haben und die jeweils zur Problemstellung passende Methode auswählen können.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Semesterende

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Grundkenntnisse in Quantenmechanik, Grundbegriffe des Aufbaus von Atomen und Molekülen, Kenntnis wichtiger spektroskopischer Methoden und Begriffe.

#### Inhalt:

Wir verstehen eine chemische Reaktion, wenn wir ein Bild von den zeitlichen Abläufen von Bindungsbruch und Bindungsausbildung haben. Die natürliche Zeitskala für solche Veränderungen ist durch die Schwingungsperioden von Bindungen im Molekülverband gegeben. So weist zum Beispiel eine C=C Doppelbindung eine Schwingungsperiode von  $20 \times 10^{-15}$  Sekunden oder 20 Femtosekunden auf. Femtosekundenspektroskopie ist demnach die Methode der Wahl, um fundamentale chemische Prozesse in Echtzeit zu verfolgen. Dieses Modul arbeitet sich zur Femtosekundenspektroskopie vor und behandelt dabei folgende Themen und Methoden:

- Methoden im langsamen Zeitbereich von Milli- bis Microsekunden, wie z. B. die Blitzlichtphotolyse oder dem time-correlated single photon counting (TCSPC).
- Einblicke in die apparativen Grundlagen der zeitaufgelösten Spektroskopie werden durch (TUM-interne) Laborbesuche vertieft.

- Abriss der Theorie der nichtlinearen Optik Ziel ist es, die multiplen Signalbeiträge in der Femtosekundenspektroskopie zu verstehen und durch diagrammatische Methoden zu analysieren.
- Femtosekundenspektroskopie – Einführung und apparative Grundlagen.

**Lernergebnisse:**

Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls sind die Studierenden in der Lage, experimentelle Methoden der zeitaufgelösten Spektroskopie im Zeitbereich von Milli- bis Femtosekunden zu klassifizieren. Die Studierenden können dieses Wissen anwenden, um wissenschaftliche Veröffentlichungen aus dem Fachgebiet im Selbststudium zu erfassen und zu diskutieren bzw. präsentieren. Die Studierenden verstehen die theoretischen Grundlagen der besprochenen spektroskopischen Methoden und sind in der Lage, multiple Beiträge zu nichtlinearen optischen Signalen zu erkennen und durch diagrammatische Methoden zu analysieren. Die Studierenden verstehen – teilweise aufgrund von Laborbesichtigungen – die apparativen Grundlagen ausgewählter zeitaufgelöster spektroskopischer Methoden. Die Studierenden sind des Weiteren in der Lage, die für eine analytische Problemstellung bestgeeignete zeitaufgelöst spektroskopische Methode zu identifizieren, die entsprechenden Experimente selbständig zu konzipieren und Messergebnisse kritisch zu diskutieren.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Die Lerninhalte werden in einer Vorlesung vermittelt, an die sich Übungen anschließen (4 SWS), um den Studierenden ein aktives Erarbeiten der Lernergebnisse zu ermöglichen. Die Studierenden werden aktuelle Beispiele aus der Literatur präsentieren, die es im Selbststudium zu erarbeiten gilt. Dies soll die Diskussion unter den Studierenden fördern sowie dem selbständigen Erwerb von Kompetenzen Vorschub leisten. Nach einer Einführungsphase im Frontalunterricht, gestützt auf elektronische Präsentation und Tafelanschrieb, werden Inhalte in der Gruppe erarbeitet und im Rahmen der Vorlesung präsentiert.

**Medienform:**

Tafelanschrieb, elektronische Präsentation, Publikationen

**Literatur:**

S. Mukamel „Principles of Nonlinear Optical Spectroscopy“ ISBN 978-0195132915, C. Rullière “Femtosecond Laser Pulses”, ISBN 0-387-01769-0

**Modulverantwortliche(r):**

Hauer, Jürgen; Prof. Dr. rer. nat.

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

Zeitabhängige Spektroskopie (CH3070) (Vorlesung mit integrierten Übungen, 4 SWS)

Hauer J, Thyraug E

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

## Modulbeschreibung

### ED160034: Kunststoffcharakterisierung und -analyse | Analysis and Testing of Plastics [AToP]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2024

<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 Modulprüfung erfolgt in Form einer schriftlichen oder, mit vorheriger Ankündigung, als mündliche Klausur basierend auf Inhalten der Vorlesung, des praktischen Teils sowie aus Teilen des Selbststudiums. Die Klausur beurteilt ob die Studierenden das Kurrikulum zu einem zufriedenstellenden Niveau beherrschen. Die Bearbeitungsdauer der Klausur ist 60 Minuten. Es ist nur ein nicht programmierbarer Taschenrechner als Hilfsmittel erlaubt. Die Klausur besteht sowohl aus Wissensfragen als auch aus Anwendungsaufgaben.

Die Klausur beurteilt ob

- die Studierenden die physikalischen und chemischen Grundprinzipien der Analysemethoden verstehen sowie die Relevanz der Methoden für verschiedene Branchen und Anwendungsbereiche ableiten können.
- die Daten verschiedener Analysemethoden zu interpretieren und zu diskutieren, wie diese mit der Polymerstruktur und -chemie verknüpft sind.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

keine

#### Inhalt:

Die Vorlesung vermittelt ein vertieftes Verständnis zu den unterschiedlichen Analysemethoden für Kunststoffe. Dabei werden die Bereiche

- Polymerklassen
- Thermische Analyse
- Kriechen und Relaxation
- Statische Mechanische Analyse

- Dynamische Analyse
- Rheologische Analyse
- Flammeigenschaften
- Alterung
- Schadensanalyse
- Recycling von Kunststoffen

hinsichtlich deren chemischen und physikalischen Grundprinzipien sowie deren Anwendungsbereiche analysiert. Beginnend vom Messprinzip inklusive physikalischer und chemischer Wirkmechanismen, über den Anlagenaufbau und die Probenpräparation, bis hin zur Interpretation von experimentellen Ergebnissen. Ergänzt werden die Vorlesungsinhalte durch die Grundlagen für die softwarebasierte Vorhersage von Vernetzungsreaktionen, die auf Kinetik-Modellen basieren. Anhand konkreter Anwendungen in unterschiedlichen Branchen & Verfahren wird das grundlegende Wissen vertieft und Anwendungskriterien abgeleitet.

### **Lernergebnisse:**

Nach der Teilnahme an dem Modul haben die Studierenden ein breites Verständnis von verschiedenen Analysemethoden von Kunststoffen und verstehen wie diese Methoden funktionieren. Nach Absolvieren des Moduls, sind Studierende in der Lage:

- Kunststoffeigenschaften aus den Analysen zu bestimmen und zu bestehen, wie die Analysemethoden funktionieren.
- zwischen verschiedenen Polymerklassen zu unterscheiden sowie deren charakteristischen Eigenschaften zu benennen.
- die fundamentalen Mechanismen der wichtigsten Analysemethoden zu erkennen und deren Wichtigkeit für verschiedene Branchen oder Anwendungen darzustellen.
- verschiedene Kunststoffe durch Anwendung der Analysemethoden zu erkennen.
- Für die jeweilige Anwendung bzw. Fragestellung das geeignete Analyseverfahren ableiten sowie umgekehrt, durch die durchgeführten Analysen, Vorschläge für die Anwendung von verschiedenen Kunststoffen treffen.

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

Das Modul besteht aus mehreren Vorlesungseinheiten, Laborübungen und Selbststudien (Hausübungen), die einander komplementieren. In der Vorlesung wird zunächst ein Überblick über Kunststoffe, deren Aufbau und Einteilung sowie deren charakteristischen Eigenschaften gegeben. Der Schwerpunkt liegt dann auf den Grundlagen von verschiedenen Analysemethoden von Kunststoffen, die anhand von Vortrag, Präsentation und Praxisbeispielen erklärt werden. Die Vorlesungsunterlagen werden auf geeignete Weise zur Verfügung gestellt. Damit sollen die Studierenden lernen, die verschiedenen Analysemethoden für Kunststoffe zu verstehen. Die Möglichkeiten für Rückfragen sind gegeben. Die Studenten erlernen die fundamentalen Analysemethoden für unterschiedliche Anwendungsfälle zu unterscheiden und die Ergebnisse korrekt zu interpretieren.

### **Medienform:**

Vortrag, Präsentation, Tablet-PC mit Beamer

**Literatur:**

Tim Osswald, Natalie Rudolph, Polymer Rheology, Hanser, 2013, ISBN 978-1-56990-517-3

Ehrenstein, Gottfried & Riedel, Gabriela & Trawiel, Pia, Thermal Analysis of Plastics, 2004, ISBN 978-3-446-22340-0

Gebhardt, Andreas, and Jan-Steffen Hötter. Additive manufacturing: 3D printing for prototyping and manufacturing. Carl Hanser Verlag GmbH Co KG, 2016.

George Wypych, Handbook of Polymers, ChemTec Publishing, 2012, ISBN 978-1-895198-47-8

Kevin P. Menard. Dynamic Mechanical Analysis: A Practical Introduction, Second Edition (English Edition) 2nd Edition 2008, ISBN 978-1420053128

**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) oder [hier](#).

## Modulbeschreibung

### ED170003: Wood and Biomaterials Mechanics and Physics | Wood and Biomaterials Mechanics and Physics [WBMP]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2021/22

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Sommersemester
<b>Credits:*</b> 5	<b>Gesamtstunden:</b> 75	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 75	<b>Präsenzstunden:</b> 150

\* 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 examination will be an individual oral examination (45 min), where the student presents and discusses the results of an exercise of choice. For the exercise of choice, the student has the option to choose from: 1. Manufacturing a prototype with wood or biomaterials, 2. Performing a numerical modelling study (FEM/FDM), 3. Setting up and performing an experiment. By presenting the exercise during the oral examination, the student shows that theoretical backgrounds can be applied in real life design exercises, either through numerical design tools or by design by experiments.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Prerequisites: knowledge in one or more of the following fields at 1st year Master's level: Materials science, Mechanics of materials, Computational mechanics, NDT, Timber in Construction, Bioresources.

#### Inhalt:

Wood and biomaterials mechanics and physics in relation to loading conditions.

3D properties of wood and wood products as well as methods for determining these.

Destructive and Non-destructive testing.

Short and long term strength, damage accumulation, stress-strain curves, fatigue, transient processes in wood.

Manufacturing techniques.

Application of wood and biomaterials in engineering structures, Numerical approaches and their applications (FEM, FDM), Background of design rules, statistical modelling of properties along the production chain from forest to wood products.

### **Lernergebnisse:**

After participation of the module, the students are able to understand the mechanical and physical behavior of wood, wood products and biomaterials with respect to their structure and properties.

They can relate these to possible products and product applications in environments characterized by mechanical and physical loads, temperature and relative humidity conditions

They are able to apply methods for modelling and analyzing wood and biobased materials in engineering applications over multiple scales.

They are able to relate and judge multi-scale approaches with respect to problem analysis and modelling choices.

They are capable of selecting experimental techniques (both destructive and non), and designing test set-ups for the determination of essential properties of both materials and products made of these materials.

On the basis of this, students can design new materials and products and predict how these products will behave in a predefined environments and loading conditions.

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

This will be done by classroom teaching of fundamental material properties relating to mechanics and physics, application of theory in classroom and individual exercises.

Some lectures will be given in the Non-destructive testing laboratory (ultrasound, stress wave analysis, image processing and laboratory experiments related to physics and mechanics of wood.

### **Medienform:**

The lecture will be conducted by means of oral presentations, video lectures, relevant scientific and conference publications, classes in the laboratory. A script will be provided for the exercises.

### **Literatur:**

Scientific publications from the teaching staff and from various peers from around the world will be provided.

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

van de Kuilen, Jan Willem; Prof. Dr.

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

Wood and Biomaterials Mechanics and Physics (Übung, 2,5 SWS)

van de Kuilen J [L], Khaloian Sarnaghi A, van de Kuilen J

Wood and Biomaterials Mechanics and Physics (Vorlesung, 2,5 SWS)

van de Kuilen J [L], Khaloian Sarnaghi A, van de Kuilen J

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

## Modulbeschreibung

### ME0012: Auslegung, Herstellung und Prüfung medizinischer Implantate | Design, Production and Testing of Biomedical Implants [AHPmedI]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2002

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Deutsch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester
<b>Credits:*</b> 5	<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:**

Schriftliche Prüfung (50 % Fragen mit offenen Antworten und 50 % Multiple-Choice Aufgaben)

#### **Wiederholungsmöglichkeit:**

Folgesemester

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

Keine Vorkenntnisse nötig.

#### **Inhalt:**

Informationen zum Vorgehen bei der Auslegung, Herstellung und Prüfung von medizinischen Implantaten. Die Auslegung der Implantate berücksichtigt die medizinischen und die technischen Voraussetzungen. Bei der Herstellung von Implantaten wird auf verschiedene Materialien und deren Einsatzgebiete eingegangen, ebenso wie auf die biologische Aktivierung der Implantatoberfläche. Im Bereich Prüfung/Testung von Implantaten werden moderne Prüfverfahren, Prüfstände und deren Aufbau erklärt.

#### **Lernergebnisse:**

Erlangung von Grundlagen der Implantologie am Beispiel der Orthopädie. Gemeinsamer Informationsaustausch zwischen Medizin, Naturwissenschaft und Technik.

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

Vorlesung und interaktive Kommunikation mit den Studierenden.

#### **Medienform:**

Präsentationsfolien, Beispielfideos und zusätzliche Gastvorträge.

**Literatur:**

Gradinger R., Gollwitzer H. (2006) Ossäre Integration, Springer, 1. Auflage, ISBN: 3540227210;  
Mow V.C., Huiskers R. (2005) Basic Orthopaedic Biomechanics and Mechano-Biology, Lippincott Raven, 3. Auflage, ISBN: 0781739330;

**Modulverantwortliche(r):**

Rainer Burgkart / Priv.-Doz. Dr. med (burgkart@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

### MW1948: Biomaterialcharakterisierung für Ingenieure | Characterization of Biomaterials for Engineers [BCI]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2025/26

<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 70-minütigen schriftlichen Klausur weisen die Studierenden nach, dass sie optische und mechanische Charakterisierungsverfahren verstehen und deren Anwendbarkeit und Limitierungen bezüglich der Untersuchung von Biomaterialien bewerten können.

Es sind keine Hilfsmittel erlaubt.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Grundkenntnisse in der physikalischen Optik werden vorausgesetzt. Biologisches und chemisches Grundwissen (Niveau: gymnasiale Oberstufe) wird ebenfalls erwartet.

#### Inhalt:

Dieses Modul behandelt materialwissenschaftliche Methoden, die zur Charakterisierung der Struktur und Mechanik von Biomaterialien geeignet sind. Zunächst werden abbildende Techniken wie Lichtmikroskopie, Elektronenmikroskopie, Nahfeld- und Raster-Kraft-Mikroskopie besprochen und aufgezeigt, welche Techniken zur Verbesserung des Auflösungsvermögens und des Kontrasts der gewonnenen Bilder verwendet werden damit diese erfolgreich zur Strukturaufklärung von Biomaterialien eingesetzt werden können. Ferner werden Grundprinzipien des maschinellen Lernens besprochen, die zur Analyse von Oberflächen eingesetzt werden. In einem zweiten Teil werden makro- und mikroskopische Techniken zur Vermessung von viskoelastischen Materialeigenschaften diskutiert und die entsprechenden Messaufbauten besprochen. Schließlich werden in einem dritten Teil Mikrostrukturierungstechniken diskutiert und aufgezeigt, wie diese in Kombination mit optischen oder mechanischen Methoden z.B. bei der Mikrofluidik zu Zwecken der Sortierung oder Analyse von biologischen Proben zum Einsatz kommen („lab on a chip“).

**Lernergebnisse:**

Nach erfolgreicher Teilnahme an diesem Modul sind die Studierenden in der Lage, verschiedene experimentelle Techniken aus den Bereichen mechanische Prüfung und Bildgebung/strukturanalyse hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit auf Biomaterialien zu bewerten. Sie beherrschen die physikalischen Prinzipien, die diesen Techniken zugrunde liegen und können diese bei der Charakterisierung von Biomaterialien anwenden.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Das Modul besteht aus einer Vorlesung, in dieser werden die Lernergebnisse mittels Vorträgen, unterstützt durch Präsentationen vermittelt. Die Vorlesungsfolien werden spätestens am Tag vor dem jeweiligen Vorlesungstermin online zum Download zugänglich gemacht, so dass sich die Studierenden während der Vorlesung ergänzende Kommentare in ihre ausgedruckten Folien eintragen können. Ausgewählte Skizzen und Schemata werden als Tafelanschrieb ergänzt. Gastvorträge aus der Industrie und/oder live Demonstrationen von verschiedenen Messaufbauten vertiefen das Verständnis der Studierenden zur Funktionsweise und zum Einsatzgebiet der in der Vorlesung behandelten Geräte und Techniken.

**Medienform:**

Vortrag, Präsentation mit PC, Kurzvideos zur Veranschaulichung bzw. Wiederholung bereits behandelte Themen

**Literatur:**

Die Vorlesungsfolien werden online zum Download bereitgestellt. Vertiefende Fachliteratur zu den jeweiligen Themen wird in der Vorlesung genannt bzw. ist auf den jeweiligen Folien angegeben.

**Modulverantwortliche(r):**

Lieleg, Oliver; Prof. Dr.

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

Biomaterialcharakterisierung für Ingenieure (Vorlesung, 3 SWS)

Lieleg O, Henkel M, Voigt S

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

## Modulbeschreibung

### MW1995: Experimentelle Schwingungsanalyse | Experimental Vibration Analysis [ExSa]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2025

<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 findet in Form einer schriftlichen Klausur (Bearbeitungsdauer 90 min) statt. Erlaubte Hilfsmittel sind 10 beliebig bedruckte/beschriebene DIN A4 Blätter, sowie ein Wörterbuch Muttersprache <-> Englisch. Elektronische Geräte, einschließlich Taschenrechner, sind nicht erlaubt.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

- Grundkenntnisse zur "Technischen Mechanik", besonders lineare Schwinger mit einem und zwei Freiheitsgraden
- Besuch einer weiterführenden Mechanikvorlesung, z.B. „Engineering Dynamics“
- Regelungstechnik: Frequenzgangfunktion, PT1- und PT2-Systeme
- Mathematik: Fouriertransformation, Differentialgleichungen

#### Inhalt:

- Systematik mechanischer Schwingungen
- Sensorauswahl und typisch auftretende Fehler
- Statisches und dynamisches Verhalten von Übertragungsgliedern (PT1, PT2)
- Quantifizierung und Digitalisierung analoger Signale (Abtasttheorem)
- Zeitbereichanalysemethoden
- Transformation von Messsignalen in den Frequenzbereich (FFT, Aliasing, Leakage)
- Frequenzbereichanalysemethoden
- Zeitfrequenzanalysemethoden (Campbell-Diagramme, Wasserfalldiagramme, Wavelets)
- Frequenzübertragungsfunktionen (FRF-Schätzer, Kohärenz)
- Experimentelle Modalanalyse (Modalparameterextraktion)

- Frequenz-basierte Substrukturierung

### **Lernergebnisse:**

Nach der Teilnahme am Modul sind die Studierenden in der Lage, typische Schwingungsphänomene an Maschinen und Strukturen zu unterscheiden und bei konkreten Problemstellungen an einem realen Objekt zu erkennen.

Die Teilnehmer kennen damit die Grundlagen, um Messaufgaben zur Schwingungsanalyse zu formulieren. Darauf aufbauend sind die Studierenden fähig, die in der Vorlesung vermittelten Inhalte zur Analyse und Bewertung heranzuziehen, um das Schwingungsverhalten im konkreten Fall physikalisch richtig einschätzen und interpretieren zu können.

Die Studierenden besitzen einen Literaturüberblick und ein Nachschlagewerk für weiterführende Fragestellungen der experimentellen Schwingungsanalyse.

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

In der Vorlesung werden die theoretischen Inhalte zur experimentellen Schwingungsanalyse mittels Präsentation vermittelt. Damit können mathematische Herleitungen und Grundlagen veranschaulicht und nachvollziehbar erläutert werden. Übungs- und Wiederholungsaufgaben dienen den Studierenden zum Selbststudium, womit sie lernen, Schwingungsphänomene zu unterscheiden und das Schwingungsverhalten zu analysieren und zu interpretieren.

In der Übung werden die mathematischen Grundlagen gefestigt. Hierzu werden verschiedene Aufgaben mit Hilfe von vorher verfügbar gemachten Lückenpräsentation vorgerechnet. Ebenfalls werden Zusatzübung zum Selbststudium bereitgestellt.

### **Medienform:**

Vorlesungsfolien, Skript, Übungsfolien, Übungsaufgaben mit Lösungen, Demonstration von Messgeräten, Aktoren und Sensoren

### **Literatur:**

- Brandt, A.: Noise and Vibration Analysis
- Ewins, D. J.: Modal Testing – Theory, Practice and Application
- McConnell, K. G.; Varoto, P. S.: Vibration Testing – Theory and Practice
- Avitabile, P.: Modal Testing – A Practitioner's Guide
- Harris, C.M.; Piersol, A.G.: Harris' Shock and Vibration Handbook
- Shin, K.; Hammond, J.: Fundamentals of Signal Processing

### **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

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

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab 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; aeroservoelastic 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], Anand A, Bottasso C, Mühle F, von Braunbehrens R

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

Bottasso C [L], Anand A, Mühle F, von Braunbehrens R

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

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab 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 nur 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):**

Additive Fertigung mit Kunststoffen Übung (Übung, 1 SWS)

Wudy K [L], Burchard B, Grünewald J, Kwade C, Wudy K

Additive Fertigung mit Kunststoffen Vorlesung (Vorlesung, 2 SWS)

Wudy K [L], Grünewald J, Kwade C, Wudy K

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

## Modulbeschreibung

### PH1317: Neutronen in Forschung und Industrie | Neutrons in Research and Industry

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2024/25

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Deutsch/Englisch	<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:

Im Rahmen des Seminars bereitet jede(r) Studierende selbständig einen Vortrag zu einem aktuellen wissenschaftlichen Thema vor. An Hand dieses Vortrags wird das Erreichen der Lernergebnisse überprüft.

#### Modulumfang

Die Modulgröße von 4 ECTS entspricht der im Seminar anfallenden Arbeitsbelastung. Seminare sind Studienleistungen. Der Prüfungscharakter ist immanent, so dass keine zusätzliche Prüfungsbelastung am Semesterende anfällt.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Student hat allgemeine Kenntnisse in der Festkörperphysik

#### Inhalt:

Seminarvorträge durch Studierende über die Anwendung von Neutronen in Forschung und Industrie

#### Lernergebnisse:

Nach erfolgreicher Teilnahme an dem Modul sind die Studierenden in der Lage

- 1.) die grundlegenden Methoden der wissenschaftlichen Literaturrecherche anzuwenden
- 2.) ein spezielles Thema ausgehend von wissenschaftlichen Veröffentlichungen aufzubereiten
- 3.) das Thema in einem Vortrag darzustellen
- 4.) in verschiedenen Vorträgen einen Überblick über verschiedene Methoden und Experimente in der Neutronenstreuung bekommen

**Lehr- und Lernmethoden:**

Vorbereiten und Halten eines wissenschaftlichen Vortrags, Beamer-Präsentation, Diskussionen, Literaturstudium

**Medienform:**

Präsentationsmaterialien, ergänzende Literatur, Internet

**Literatur:**

Spezielle, themenspezifische Literatur wird gestellt  
Eigene Literaturrecherche

**Modulverantwortliche(r):**

Märkisch, Bastian; Prof. Dr. rer. nat.

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

Seminar über Neutronen in Forschung und Industrie (Proseminar, 2 SWS)

Märkisch B ( Park J ), Morkel C, Pfeiderer C

Repetitorium zu Seminar über Neutronen in Forschung und Industrie (Repetitorium, 2 SWS)

Märkisch B [L]

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

## Modulbeschreibung

### PH2046: Polymerphysik 1 | Polymer Physics 1

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2025/26

<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 und Beispiele überprüft.

Prüfungsaufgabe könnte beispielsweise sein:

- Nennen Sie Beispiele für die chemische Struktur einfacher Polymere und deren Anwendungen
- Nennen Sie statistische Modelle für Ketten und erklären Sie deren Unterschiede
- Beschreiben Sie eine Methode zur Bestimmung des Trägheitsradius
- Erläutern Sie das Phasendiagramm einer Polymermischung
- Vergleichen Sie die mechanischen Eigenschaften einer Polymerschmelze mit denen eines Polymernetzwerks

Während der Prüfung sind keine Hilfsmittel erlaubt.

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:

Semesterende

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

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

#### Inhalt:

Dieses Modul gibt eine Einführung in die Polymerphysik:

1. klassische und moderne Anwendungsgebiete von Polymeren: vom Kunststoff zum funktionalen Material
2. Nomenklatur zur Beschreibung von Polymeren und Modelle zur statistischen Beschreibung der Kettenkonformation
3. Methoden zur Charakterisierung der Molmasse und des Trägheitsradius von Polymeren in Lösung
4. Phasendiagramme von Polymerlösungen und -mischungen: thermodynamische Beschreibung, Diskussion der freien Energie, Konstruieren von Phasendiagrammen, Beschreibung von Entmischungsmechanismen
5. Mechanische Eigenschaften von Polymeren: Messmethoden und Module, Kriech-, Relaxations- und oszillatorisches Experiment, viskoelastische Polymerschmelzen und vernetzter Kautschuk
6. Kristalline Polymere

**Lernergebnisse:**

Nach erfolgreicher Teilnahme an Polymerphysik 1 ist der/die Studierende in der Lage:

1. klassische und moderne Anwendungsgebiete von Polymeren zu erinnern
2. Nomenklatur von Polymeren zu verstehen
3. Modelle für die Kettenkonformation eines einzelnen Polymers zu verstehen
4. Methoden zur Charakterisierung von Polymeren in Lösung zu bewerten
5. Phasendiagramme von Polymerlösungen und -mischungen zu analysieren
6. charakteristische Eigenschaften von Polymerschmelzen, z.B. mechanische und thermische Eigenschaften, zu bewerten, auch im Hinblick auf Kristallisation

**Lehr- und Lernmethoden:**

Das Modul besteht aus einer Vorlesung und einer Übung.

In der thematisch strukturierten Vorlesung werden die Themen durch Vortrag der theoretischen Grundlagen und deren experimentellen Umsetzungen erläutert und durch anschauliche Beispiele verständlich gemacht. Dabei werden makroskopische Anschauungsmaterialien (Elastomere, teilkristalline Polymere, Superabsorber) zur Erläuterung der beschriebenen Effekte benutzt. Hoher Wert wird auf die Anregung interaktiver Diskussion mit den Studierenden und unter den

Studierenden über das Erlernete gelegt. Hierfür werden in jeder Vorlesung Kontrollfragen zum Inhalt der Vorlesung ausgeteilt und zu Beginn der nächsten Vorlesung besprochen.

In der Übung werden anhand von Problembeispielen, state-of-the-art Analyseprogrammen sowie aktuellen Publikationen die Lerninhalte vertieft und eingeübt, sodass die Studierenden das Gelernte selbständig erklären und anwenden können.

Die Dozentensprechstunde ist ein freiwilliges Zusatzangebot zur Klärung weiterführender Fragen zu Vorlesungsinhalten in Einzelgesprächen mit der Dozentin.

**Medienform:**

Vortrag, Beamerpräsentation, Übungsblätter

**Literatur:**

- M. Rubinstein, R.H. Colby: Polymer Physics, Oxford 2003.
- G. Strobl: The Physics of Polymers. Concepts for Understanding their Structures and Behavior: Concepts for Understanding Their Structures and Behavior; Springer, Berlin; Auflage: 3rd rev. and exp. ed. (Februar 2007)
- U. W. Gedde: Polymer Physics; Springer-Verlag GmbH; Auflage: 1 (September 2007)
- J.M.G. Cowie: Polymers: Chemistry & Physics of Modern Materials, CRC 1991.

**Modulverantwortliche(r):**

Müller-Buschbaum, Peter; Prof. Dr. rer. nat.

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

Polymerphysik 1 (Vorlesung, 2 SWS)

Papadakis C

Dozentensprechstunde Polymerphysik 1 (Repetitorium, 2 SWS)

Papadakis C

Übung zu Polymerphysik 1 (Übung, 2 SWS)

Papadakis C [L], Xu W, Zhang Z

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

## Modulbeschreibung

### PH2047: Polymerphysik 2 | Polymer Physics 2

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2025

<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 und Beispiele überprüft.

Prüfungsaufgabe könnte beispielsweise sein:

Erläutern Sie, welche Mechanismen zur Entnetzung von Polymerfilmen führen und wie die entsprechenden Potentiale aussehen

Welche Methoden können angewendet werden, um die Interdiffusion von Polymeren zu charakterisieren

Erklären Sie das Phasendiagramm von Diblock-Copolymeren

Wie unterscheiden sich die mechanischen Eigenschaften chemisch und physikalisch vernetzter Polymergele?

Beschreiben Sie die Kettenkonformation starker und schwacher Polyelektrolyte abhängig von der Salzkonzentration

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.

Während der Prüfung sind keine Hilfsmittel erlaubt.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Semesterende

**(Empfohlene) Voraussetzungen:**

Polymerphysik 1 (PH2046)

**Inhalt:**

Polymere Materialien (Kunststoffe) finden vielfältige Anwendungen, sowohl im Alltag als auch in High-Tech-Produkten. In diesem Modul werden folgende weiterführende Themen besprochen: 1. Polymeroberflächen und -grenzflächen zu festen Wänden, Grenzflächen zwischen Polymeren  
2. Dynamik in Polymerschmelzen, Einfluss von Verschlaufungen, Interdiffusion  
3. Dünne Polymerfilme: thermodynamische Betrachtung und Methoden zur Präparation und Charakterisierung  
4. Blockcopolymer: Phasenverhalten und Strukturen in der Schmelze, im dünnen Film und in Lösung, Anwendungen  
5. Polymergele: mechanische Eigenschaften, chemisch und physikalisch vernetzte Gele, thermodynamische Beschreibung und Anwendungen  
6. Elektrische Eigenschaften: Polyelektrolyte, leitfähige Polymere, Anwendungen

**Lernergebnisse:**

Nach erfolgreicher Teilnahme an Polymerphysik 2 ist der/die Studierende in der Lage

1. Physik der Polymeroberflächen zu verstehen
2. Erscheinungsformen dünner Polymerfilme zu bewerten
3. Phasenverhalten von Blockcopolymermelzen zu analysieren
4. mechanische Eigenschaften von chemisch und physikalisch vernetzten Polymergelen zu bewerten
5. Kettenkonformationen von Polyelektrolyten in wässriger Lösung zu analysieren

**Lehr- und Lernmethoden:**

Das Modul besteht aus einer Vorlesung und einer Übung.

In der thematisch strukturierten Vorlesung werden die Themen durch Vortrag der theoretischen Grundlagen und deren experimentellen Umsetzungen erläutert und durch anschauliche Beispiele verständlich gemacht. Dabei werden makroskopische Anschauungsmaterialien (Elastomere, Superabsorber) zur Erläuterung der beschriebenen Effekte benutzt. Hoher Wert wird auf die Anregung interaktiver Diskussion mit den Studierenden und unter den Studierenden über das Erlernte gelegt. Hierfür werden in jeder Vorlesung Kontrollfragen zum Inhalt der Vorlesung ausgeteilt und zu Beginn der nächsten Vorlesung besprochen. In der Übung werden anhand von Problembeispielen, state-of-the-art Analyseprogrammen sowie aktuellen Publikationen die Lerninhalte vertieft und eingeübt, sodass die Studierenden das Gelernte selbständig erklären und anwenden können.

Die Dozentensprechstunde ist ein freiwilliges Zusatzangebot zur Klärung weiterführender Fragen zu Vorlesungsinhalten in Einzelgesprächen mit der Dozentin

**Medienform:**

Vortrag, Beamerpräsentation, Übungsblätter

**Literatur:**

- G. Strobl: The Physics of Polymers. Concepts for Understanding their Structures and Behavior: Concepts for Understanding Their Structures and Behavior; Springer, Berlin; Auflage: 3rd rev. and exp. ed. (Februar 2007)
- U. W. Gedde: Polymer Physics; Springer-Verlag GmbH; Auflage: 1 (September 2007)
- J.M.G. Cowie: Polymers: Chemistry & Physics of Modern Materials, CRC 1991.

**Modulverantwortliche(r):**

Müller-Buschbaum, Peter; 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

### PH2107: Magnetische und elektronische Messverfahren | Magnetic and Electronic Measurement Techniques

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2025

<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 25 Minuten Dauer statt. Darin wird das Erreichen der im Abschnitt Lernergebnisse dargestellten Kompetenzen mindestens in der dort angegebenen Erkenntnisstufe exemplarisch durch Verständnisfragen und Beispielrechnungen überprüft.

Prüfungsaufgabe könnte beispielsweise sein:

- Benennen Sie verschiedene Entwürfe von Magnetsystemen und diskutieren Sie Ihre Vor- und Nachteile
- Diskutieren Sie die physikalischen Mechanismen, die dem Konzept der Magnetkraftmikroskopie zu Grunde liegen
- Klassifizieren Sie das räumliche und zeitliche Auflösungsvermögen der in der Vorlesung diskutierten magnetischen Messverfahren
- Skizzieren Sie die konkrete technische Umsetzung eines in der Vorlesung behandelten magnetischen Messverfahrens

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester / Semesterende

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

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

#### Inhalt:

Dieses Modul gibt eine Einführung in die Physik und Technik moderner magnetischer und elektronischer Messverfahren. Nach einer Wiederholung einiger Grundlagen wird zunächst die Erzeugung magnetischer Felder in Laborumgebungen diskutiert. Im Hauptteil der Vorlesung werden verschiedene Messverfahren vorgestellt, jeweils im Zusammenhang mit relevanten physikalischen Fragestellungen. Diese betreffen beispielsweise die Bestimmung von Fermi-

Flächen mit Drehmomentmagnetometrie, der spezifischen Wärme von Volumenproben, von Domänenstrukturen in magnetischen Festspeicherplatten mit Hilfe von Magnet-Kraft-Sensorik, den magnetooptischen Kerr-Effekt oder die Ausrichtung von atomaren magnetischen Momenten auf Festkörper-Oberflächen detektiert durch spin-polarisierte Rastertunnelmikroskopie. Dargestellt werden die zugrunde liegenden physikalischen Prinzipien und die technische Umsetzung der Messmethodik im Labor. Es wird die Physik sowohl des untersuchten Phänomens als auch der relevanten Messtechnik diskutiert. Herausgearbeitet werden die grundlagenphysikalischen Aspekte in diesem Bereich der Experimentalphysik. Aktuelle wissenschaftliche Entwicklungen in diesem Themengebiet werden in dem Modul berücksichtigt.

### **Lernergebnisse:**

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

1. verschiedene Entwürfe von Magnetsystemen und die Auswirkung von Magnetfeldern auf verschiedene Festkörpersysteme zu verstehen und zu erklären;
2. die physikalischen Aspekte bestimmter Labormessverfahren, insbesondere die physikalische Wechselwirkung zwischen Messobjekt und Sensor zu verstehen und zu erklären;
3. die technische Umsetzung verschiedener Messverfahren wiederzugeben und zu erklären;
4. das räumliche und zeitliche Auflösungsvermögen von Messverfahren zu bewerten;
5. für die Untersuchung physikalischer Fragestellungen im Magnetismus und der elektronischen Struktur relevante Experimentieraufbauten auszuwählen und zu skizzieren;
6. die verschiedenen Längen- und Zeitskalen, auf denen magnetische und elektronische Phänomene auftreten bzw. ablaufen, zu benennen.

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

Das Modul besteht aus einer Vorlesung und einer Exkursion (Laborführungen). Die Vorlesung besteht aus einer Beamerpräsentation in der sowohl PowerPoint-Folien zur grafischen Veranschaulichung als auch ausführlicher Textansrieb mit digitaler Tinte verwendet werden. Diese Mischung dient einerseits der schnelleren Übersicht über Sachverhalte und Experimente und andererseits einer Anpassung des Vorlesungstempos an die Geschwindigkeit der Studierenden. Ausgewählte kleinere „Hausaufgaben“ mit direktem vertiefendem Bezug zum Vorlesungsstoff werden im Rahmen des folgenden Vorlesungstermins besprochen. Der Zeitrahmen der Vorlesung erlaubt viel Interaktion und die Beantwortung von Fragen während der Präsentationen. Die entstehenden wissenschaftlichen Diskussionen beziehen die Studierenden aktiv ein.

Die Vorlesung wird ergänzt von Laborführungen. Die Termine für die Laborführungen werden nach Vereinbarung festgelegt und orientieren sich am aktuellen Laborgeschehen. Der überwiegende Teil der diskutierten Messverfahren wird am Physik-Department aktuell in der Forschung eingesetzt, so dass hier ein breites Spektrum abgedeckt wird. Je nach Zustand des konkreten experimentellen Aufbaus werden bei den Laborführungen unterschiedliche Schwerpunkte gesetzt. Zum Beispiel kann an einem Experiment im Umbau oft die technische Umsetzung im Detail angeschaut werden, während bei einem wichtigen laufenden Experiment die magnetischen Eigenschaften des untersuchten Systems in den Vordergrund treten.

Das Zusammenspiel aus Folien-Präsentation für Übersicht und Details, ausführlichem Textansrieb und Diskussionszeit für die solide Grundlagenbildung sowie Laborführungen für den

direkten Praxisbezug erlaubt es den Studierenden, die oben formulierten konkreten Kompetenzen in Bezug auf die Physik und Technik magnetischer Messverfahren zu erwerben.

**Medienform:**

Vorlesungsskript mit Folien und Textanschrieb, begleitende Internetseite, ergänzende Literatur

**Literatur:**

1. Kronmüller H., Parkin S.S.P. (Eds.): Handbook of Magnetism and Advanced Magnetic Materials, Vols. 1-5 (Wiley, Chichester, 2007)
2. Getzlaff, Matthias: Fundamentals of Magnetism (Springer Verlag, 2008)
3. Zhu, Yimei: Modern techniques for characterizing magnetic materials (Springer New York, 2005)
4. Ashcroft, Mermin: Solid State Physics (Saunders, 1988)

**Modulverantwortliche(r):**

Pfleiderer, Christian; 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

### PH2134: Analyse von neuartigen funktionellen Materialien mit Synchrotronstrahlung: Techniken und Anwendungen | Advanced Materials Analysis with Synchrotron Radiation: Techniques and Applications

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab 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:

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 und Beispielrechnungen überprüft. Prüfungsaufgabe könnte beispielsweise sein:

- Was sind die grundlegende Komponenten eines Synchrotrons?
- Wie funktioniert ein Undulator?
- Beschreiben Sie die physikalischen Grundlagen der Photoelektronenspektroskopie.

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.

Auf die Note einer bestandenen Modulprüfung in der Prüfungsperiode direkt im Anschluss an die Vorlesung (nicht auf die Wiederholungsprüfung) wird ein Bonus (eine Zwischennotenstufe "0,3" besser) gewährt (4,3 wird nicht auf 4,0 aufgewertet), wenn die/der Studierende die Mid-Term-Leistung bestanden hat, diese besteht aus einer vorgerechneten Übungsaufgabe und eines 25-minütigen Vortrags über ausgesuchte Themengebiete.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Semesterende

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Keine zwingend nötigen Voraussetzungen. Grundlagen der Quantenmechanik (z.B. PH0007) und der Festkörperphysik (z.B. PH0019) können jedoch vorteilhaft sein.

### **Inhalt:**

Dieses Modul gibt einen umfassenden Überblick über die derzeit modernsten experimentellen Photon-basierten Methoden zur Untersuchung funktionaler Systeme in den Materialwissenschaften, der Festkörperphysik, den Nanowissenschaften und der Physikalischen Chemie.

Photonen erlauben uns auf vielfältige Art und Weise die physikalischen und chemischen Eigenschaften von Festkörpern zu untersuchen und auf atomarer Ebene zu verstehen. Die Vorlesung gibt einen umfassenden Überblick über eine Vielzahl von experimentellen Methoden, welche - insbesondere - auf der Anwendung von Synchrotron-Strahlung beruhen. Hierbei werden die physikalischen Grundlagen, die experimentellen Herangehensweisen und der entsprechende Versuchsaufbau eingehend erklärt. Darüber hinaus werden die Stärken, die Anwendungsmöglichkeiten und die Bedeutung der Methoden in den verschiedenen Sparten der experimentellen Physik an aktuellen Beispielen erläutert und diskutiert.

Das Modul beinhaltet folgende Themengebiete:

- Wechselwirkung von Photonen mit Materie
- Grundlagen der Synchrotron Strahlung
- Aufbau einer "beam line" am Synchrotron
- Experimentelle Methoden der Röntgenstreuung und -beugung
- Röntgenabsorptionsspektroskopie und "soft X-ray magnetic dichroism"
- Hochauflösende Photoelektronenspektroskopie
- Photoelektronenbeugung und "X-ray standing waves"
- Photoemissionselektronenmikroskopie
- Spinpolarisierte Methoden
- Zeitaufgelöste Spektroskopie

Wie die vielfältigen Anwendungsbeispiele zeigen werden, wird Synchrotron-Strahlung fachgebietsübergreifend (interdisziplinär) eingesetzt in den Bereichen: Kondensierte Materie, Materialwissenschaften, Physikalische Chemie, Oberflächen- und Nanowissenschaften, Katalyse, Biophysik.

### **Lernergebnisse:**

Nach der erfolgreichen Teilnahme an dem Modul sind die Studierenden in der Lage:

1. die physikalischen Grundlagen der Synchrotron-Strahlung, die technischen Aspekte ihrer Erzeugung und ihre experimentelle Anwendung zu verstehen und erklären.
2. die physikalischen Grundlagen, die Anwendungsmöglichkeiten und den Informationsgehalt - sei dieser z. B. struktureller, elektronischer und/oder magnetischer Natur - einer Vielzahl von unterschiedlichen Synchrotron-basierten Methoden zu verstehen und einzuschätzen.
3. die physikalischen Phänomene in den untersuchten Systemen, welche untrennbar mit der Quanten-Natur der Elektronen, deren komplexen Wechselwirkungen und deren Dynamik verbunden sind, zu begreifen.

Viele der behandelten experimentellen Methoden gewinnen sowohl in der akademischen als auch in der industriellen Forschung zunehmend an Bedeutung. Das erlangte Wissen und die fächerübergreifende Bedeutung der behandelten experimentellen Methoden soll den experimentellen Horizont der Studierenden erweitern und kann sich für die spätere berufliche oder akademische Laufbahn als nützlich erweisen.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Das Modul besteht aus einer Vorlesung und einer Übung. In der thematisch strukturierten Vorlesung werden die Lerninhalte präsentiert, dabei werden insbesondere mit Querverweisen zwischen verschiedenen Themen die universellen Konzepte der Physik aufgezeigt. In wissenschaftlichen Diskussionen werden die Studierenden mit einbezogen und das eigene analytisch-physikalische Denkvermögen gefördert.

In der Übung werden anhand von Problembeispielen und Rechenaufgaben die Lerninhalte vertieft und eingeübt, sodass die Studierenden das Gelernte selbständig erklären und anwenden können.

Methoden:

- Vorlesung: Vortrag, Beamerpräsentation, Tafelarbeit.
- Übungsstunden mit Tafelanschrieb, Diskussion, Seminaren und Aufgaben, um die aktive Teilnahme der Studierenden anzuregen.
- Frageliste für Selbstevaluierung.
- Laborbesuch (TUM).
- Besuch bei einer Europäischen Synchrotron-Forschungseinrichtung möglich (am Ende des Sommersemesters).

**Medienform:**

Vortrag, Beamerpräsentation, Tafelarbeit, Vorlesungsfolien, Übungsblätter. Laborbesuche. Durchführung von Multiple-Choice-Tests in Moodle.

**Literatur:**

Empfohlene Fachbücher:

- P. Willmott: An Introduction to Synchrotron Radiation: Techniques and Applications, Wiley, (2011)
- J. Als-Nielsen & D. McMorrow: Elements of Modern X-ray Physics, Wiley, (2010)

Ergänzende Literatur: Reviews in wissenschaftlichen Zeitschriften.

**Modulverantwortliche(r):**

Allegretti, Francesco; PD 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

### PH2140: Nanoscience mittels Rastersondenmikroskopie | Nanoscience using Scanning Probe Microscopy

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2024

<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:

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:

Welche AFM Mess-Moden kennen Sie und worin unterscheiden die verschiedenen Moden sich?  
Skizzieren Sie den experimentellen Aufbau eines Rastertunnelmikroskops.  
Wie kann man spin-aufgelöste STM Messungen machen?

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:

Semesterende

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

#### Inhalt:

**Lernergebnisse:**

**Lehr- und Lernmethoden:**

**Medienform:**

**Literatur:**

**Modulverantwortliche(r):**

Papageorgiou, Anthoula Chrysa; Dr. 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

### PH2173: Nanoplasmonik | Nanoplasmonics

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab 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:

siehe englische Beschreibung

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Semesterende

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Grundlagen in

- klassischer Elektrodynamik (Maxwell-Physik)
- Optik
- Quantenmechanik

#### Inhalt:

In dieser Vorlesung führen wir die Physik und Technologie nanophotonischer Metallsysteme und deren Nanostrukturen ein. Wir beginnen mit den Grundlagen der Licht-Materie-Wechselwirkung zwischen externen elektromagnetischen Lightfeldern und dem freien Elektronengas and der Grenzfläche zwischen Metallen und Dielektrika. Hier konzentrieren wir uns zuerst auf homogen ausgedehnte Metalfilme und einfache Metall-Dielektrika-Heterostrukturen. Anschließend werden wir Methoden aufzeigen um Oberflächenplasmonpolaritonen zu erzeugen und zu detektieren. Im zweiten Teil der Vorlesung konzentrieren wir uns auf Oberflächenplasmonpolaritonen in (i) plasmonischen Wellenleitern und (ii) plasmonischen Nanopartikeln. Falls es die Zeit zulässt, werden wir gegen Ende des Kurses noch fortgeschrittene Themen und Anwendung, wie etwa Quantenplasmonik, Nicht-lineare Plasmonik oder Licht-Materie-Wechselwirkung mit optisch aktiven Materialien, behandeln.

#### Lernergebnisse:

Nach Teilnahme an dieser Vorlesung, sollten Sie folgendes gelernt haben:

- Optische Eigenschaften von Metallen

- Voraussetzung für die Erzeugung von Oberflächenplasmonpolaritonen
- Herleitung der Dispersionsrelation von gebundenen Oberflächenplasmonpolaritonen an Metal-Dielektrikums-Grenzflächen
- Aufzählung und Erklärung verschiedener Methoden zur Erzeugung und Detektion von Oberflächenplasmonpolaritonen
- Herstellungsmethoden für plasmonische Nanostrukturen.
- Verhalten von Oberflächenplasmonpolaritonen in plasmonische Wellenleitern
- Quasistatische Näherung zur Beschreibung von lokalisierten Oberflächenplasmonpolaritonen in metallischen Nanopartikeln
- Anwendungen für Oberflächenplasmonpolaritonen

**Lehr- und Lernmethoden:**

Der Inhalt der Vorlesung wird in einer wöchentlichen Vorlesung (2SWS) mittels Powerpoint-Folien dargestellt. Neben Teilnahme und aktiver Mitarbeit in der Vorlesung, werden regelmäßig Literaturhinweise zu Buchkapiteln, Überblicksartikeln oder wichtigen Veröffentlichungen gegeben. Weiterhin wird eine Übung/Diskussionsrunde angeboten (1SWS), in der Literatur zur Plasmonik in Gruppenarbeit diskutiert werden kann.

**Medienform:**

Powerpoint-Präsentation

- Stefan A Maier "Plasmonics - Fundamentals and Applications" Springer (2007)
- Heinz Raether "Surface Plasmons on Smooth and Rough Surfaces and on Gratings" Springer (1986)
- Mark L Brongersma "Surface Plasmon Nanophotonics" Springer (2007)
- Heinz Raether "Excitations of Plasmons and Interband Transitions by Electrons" Springer (1980)

**Literatur:**

Es existieren unzählige Lehrbücher zur Nanoplasmonik, einige auf die sich diese Vorlesung stützt werden im folgenden aufgelistet (keine komplette Auflistung)

- Stefan A Maier "Plasmonics - Fundamentals and Applications" Springer (2007)
- Heinz Raether "Surface Plasmons on Smooth and Rough Surfaces and on Gratings" Springer (1986)
- Mark L Brongersma "Surface Plasmon Nanophotonics" Springer (2007)
- Heinz Raether "Excitations of Plasmons and Interband Transitions by Electrons" Springer (1980)

**Modulverantwortliche(r):**

Kaniber, Michael; 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](#).

## E1\_MiEA: Materials in Engineering Applications (Electives I) | Materials in Engineering Applications (Electives I)

### Modulbeschreibung

#### ED010002: Recognized Modules | Recognized Modules

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2024

<b>Modulniveau:</b>	<b>Sprache:</b>	<b>Semesterdauer:</b>	<b>Häufigkeit:</b>
<b>Credits:*</b> 5	<b>Gesamtstunden:</b>	<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:

#### Wiederholungsmöglichkeit:

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

#### Inhalt:

#### Lernergebnisse:

#### Lehr- und Lernmethoden:

#### Medienform:

#### Literatur:

**Modulverantwortliche(r):**

**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

### **BV330003: Computational Plasticity | Computational Plasticity [Bau-CompPlas]**

*Numerik der Plastizitätstheorie*

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2020

<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 Modulleistung wird in Form einer 60-minütigen Klausur (ohne Hilfsmittel) erbracht. Mit der Klausur weisen die Studierenden nach, dass sie die verschiedenen Modelle und numerischen Ansätze zur Berechnung von Plastizitätsvorgängen einschließlich ihrer Herleitungen und der damit verbundenen Annahmen verstanden haben und anwenden können. Ferner zeigen die Studierenden, dass sie die algorithmische Umsetzung dieser Phänomene beschreiben und beurteilen können.

#### **Wiederholungsmöglichkeit:**

Folgesemester

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

Kenntnisse der Materialmechanik und –modellierung (z.B. Computational Material Modelling 1), der Finite-Element-Methoden und der Kontinuumsmechanik

#### **Inhalt:**

- Mathematische Grundlagen für die Plastizitätsmodellierung (ein- und mehrdimensional),
- Plastizitätsmodelle unter der Annahme kleiner Dehnungen (z.B. J2-Plastizität),
- Algorithmische Verfahren zur Behandlung von Fließkriterien, Verfestigungsgesetzen und plastischen Fließregeln,
- Assoziative und nicht-assoziative Plastizität,
- Return mapping algorithm (RMA);
- Plastizität unter der Annahme endlicher Dehnungen,
- Rechnerische und algorithmische Behandlung der Viskoplastizität,
- Limit Analysis für dynamische und statische Probleme.

### **Lernergebnisse:**

Nach erfolgreicher Teilnahme am Modul sind die Studierenden in der Lage, die prinzipiellen Methoden und Algorithmen zur Berechnung von Plastizitätsvorgängen zu verstehen und problembezogen korrekt anzuwenden. Im Einzelnen bedeutet dies, sie können:

- die wichtigsten Aspekte und Modelle der mathematischen und mechanischen Beschreibung der Plastizität erinnern,
- die zugrundeliegenden Annahmen und Vereinfachungen verstehen,
- die entsprechenden Modelle und Methoden im Bereich der SSP (small-strain plasticity) richtig anwenden,
- die Methoden der FSP (finite strain plasticity) richtig anwenden,
- die vereinfachten Ansätze zur Plastizität (Limit Analysis) für statische und dynamische Fälle korrekt anwenden,
- zugehörige Algorithmen (z.B. Return-Mapping-Algorithmus) analysieren,
- die Implementierung in verschiedenen Software-Programmen bewerten,
- Flussdiagramme und Pseudo-Codes für die Plastizitätsalgorithmen entwickeln.

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

Das Modul besteht aus einer Vorlesung. In der Vorlesung werden die Inhalte des Moduls durch kleine Anwendungsbeispiele bezüglich des plastischen Verhaltens typischer Materialien und der zugehörigen algorithmischen Implementierung (Pseudo-codes) veranschaulicht sowie durch die offene Diskussion mit den Studierenden vertieft. Die Studierenden werden während der Vorlesung motiviert, die besprochenen Themen durch Fachliteratur und eigenständige Studien selbständig zu erweitern. Durch Software-Demonstrationen (z.B. mit Python) werden weitere praktische Aspekte aufgezeigt.

### **Medienform:**

PowerPoint, Video, Tafelarbeit, Software-Demonstrationen

### **Literatur:**

E.A. de Souza Neto, D. Peric, and D.R.J Owen: Computational Methods for Plasticity – Theory and Applications. Wiley, 2008.

F. Dunne and N. Petrinic: Introduction to Computational Plasticity, Oxford Univ. Press, 2005.

J.C. Simo and T.J.R. Hughes: Computational Inelasticity, Springer, 2000.

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

Fabian Duddeck (duddeck@tum.de)

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

Computational Plasticity (Vorlesung, 2 SWS)

Duddeck F [L], Duddeck F ( Vargas Fajardo J )

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

## Modulbeschreibung

### **BV330004: Fracture & Damage | Fracture & Damage [Bau-Fracdam]** *Schädigungs- und Bruchmechanik*

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2020

<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 Modulleistung wird in Form einer 60-minütigen Klausur (ohne Hilfsmittel) erbracht. Mit der Klausur wird nachgewiesen, dass die Studierenden verschiedene Modelle der Schädigungs- und Bruchmechanik einschließlich ihrer Herleitung und der damit verbundenen Annahmen verstehen und anwenden können. Ferner wird überprüft, ob die numerische Modellierung dieser Phänomene mittels der Finite-Element-Methoden beschrieben und beurteilt werden kann.

#### **Wiederholungsmöglichkeit:**

Folgesemester

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

Kenntnisse der Materialmechanik und –modellierung (z.B. Computational Material Modelling 1) sowie der Finite-Element-Methoden

#### **Inhalt:**

- Isotrope und anisotrope Schädigungsmechanik
- Schädigungsmodelle für spröde und duktile Materialien
- Schädigungsmodelle für Ermüdung und Kriechen
- LEFM mit K-Faktoren, Griffithkriterien, J-Integral
- EPFM mit Modellierungen nach Dugdale, Irwin, J-Integral, HRR
- Finite-Element-Methoden für die Bruchmechanik
- Beispiele aus Fachliteratur und Softwareprogrammen zur Schädigungs- und Bruchmechanik

#### **Lernergebnisse:**

Nach erfolgreicher Teilnahme am Modul sind die Studierenden in der Lage, die prinzipiellen Methoden zur numerischen Modellierung von Problemen der Schädigungs- und Bruchmechanik zu verstehen und problembezogen korrekt anzuwenden. Im Einzelnen bedeutet dies, sie können:

- die wichtigsten Modelle der Schädigungs- und Bruchmechanik erinnern,
- die zugrundeliegenden Annahmen und Vereinfachungen verstehen,
- die Methoden der Kontinuumsmechanik zur Schädigungsmodellierung richtig anwenden,
- die korrekten Modelle für Probleme der LEFM (Linear Elastic Fracture Mechanics) und der EPFM (Elasto-Plastic Fracture Mechanics) anwenden,
- die mechanischen Modelle im zugehörigen Kontext analysieren,
- die zugehörige Fachliteratur bewerten,
- die Implementierung in verschiedenen Software-Programmen bewerten.
- den problemspezifisch besten Kompromiss entwickeln zwischen Komplexität des Modells und numerischer Effizienz der Modellierung.

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

Das Modul besteht aus einer Vorlesung. In der Vorlesung werden die Inhalte des Moduls durch kleine analytische und numerische Anwendungsbeispiele zur Schädigungs- und Bruchmechanik veranschaulicht und durch eine offene Diskussion mit den Studierenden vertieft. Die Studierenden werden während der Vorlesung motiviert, die besprochenen Themen durch Fachliteratur und Industriebeispiele selbständig zu erweitern.

### **Medienform:**

PowerPoint, Video, Tafelarbeit.

### **Literatur:**

Jean Lemaitre and Rodrigue Desmorat: Engineering Damage Mechanics - Ductile, Creep, Fatigue and Brittle Failures. Springer 2005.

Dietmar Gross and Thomas Seelig: Fracture Mechanics: With an Introduction to Micromechanics. Springer 2011.

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

Fabian Duddeck (duddeck@tum.de)

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

Damage and Fracture (Vorlesung, 2 SWS)

Duddeck F [L], Duddeck F ( Vargas Fajardo J )

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

## Modulbeschreibung

### **BV640006: Zerstörungsfreie Prüfung im Ingenieurwesen | Non-destructive Testing in Engineering**

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2018/19

<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:**

Um das Verständnis der Grundlagen, verschiedener ZfP-Verfahren und deren Anwendung zu überprüfen erfolgt die Prüfung mündlich. Die Prüfung (Dauer 30 Min.) erfolgt am Ende des Semesters, in der auf der Basis des Skriptes und der gezeigten Folien abgeprüft wird, inwieweit der Studierende vertiefte Kenntnisse zu den verschiedenen ZfP-Verfahren besitzt, die dazugehörigen physikalischen Grundlagen beherrscht und die Verfahren zielsicher bei Praxisfragestellungen einsetzen kann. Dazu werden vorbereitete Diagramme vorgelegt, die der Prüfling bearbeiten muss. Für die mündliche Prüfung sind keine Hilfsmittel zugelassen.

#### **Wiederholungsmöglichkeit:**

Folgesemester

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

Ingenieurwissenschaftlich oder geophysikalisch orientierter Bachelorabschluss oder Bachelorabschluss der technischen Physik

#### **Inhalt:**

Es werden die aktuellen ZfP-Verfahren zur Qualitätssicherung und Inspektion von Bauteilen, Anlagen und Bauwerken sowie deren typische Einsatzbereiche behandelt. In der Vorlesung werden beispielhafte Anwendungen und Schadensfälle im Maschinenwesen vorgestellt, was sowohl Methoden für die Qualitätssicherung von metallischen Materialien als auch von Kompositen und Faserverbundwerkstoffen (z. B. CFK und GFK) beinhaltet. Zudem werden die wesentlichen Aspekte traditioneller und moderner ZfP-Messmethoden und -Geräte (u.a. Ultraschall, Wirbelstrom, Infrarot-Thermografie, Radiografie, Schwingungs- und Schallemissionsanalyse), deren Genauigkeit und Anwendungsgrenzen sowie die entsprechenden Auswertemethoden vorgestellt. Neben reinen Inspektionsverfahren werden außerdem Methoden der Dauerüberwachung von Bauwerken diskutiert. In den Übungen können die Studierenden

die Handhabung der Geräte kennenlernen und mit den meisten ZfP-Verfahren selbstständig Messungen durchführen und diese auswerten.

Einzelne Inhalte sind:

1. Einführung: Hintergründe, Historisches, Motivation für Prüfaufgaben im Maschinenwesen; Prüfkonzepte (Signale, Systeme, Filter, Zeitreihen)
2. Grundlagen der Schwingungen und Wellen; Wellenausbreitung
3. Messtechnik, Sensorik, Signalaufzeichnung und Auswertung
4. Ultraschall
5. Wirbelstrom
6. Infrarot-Thermografie zur Schadensanalyse
7. Radiografische Verfahren
8. Prüfung von Faserverbundwerkstoffen und Inspektion von Rotorblättern von Windenergieanlagen
9. Schwingungsanalyse zur Dauerüberwachung
10. Schallemissionsanalyse
11. Dauerüberwachung von Anlagen und Bauwerken: Einführung und Konzepte (visuelle Prüfung, Glasfasertechnik, drahtlose Überwachungsverfahren)

### **Lernergebnisse:**

Nach Teilnahme an den Lehrveranstaltungen des Moduls kennen die Studierenden die aktuellen ZfP-Verfahren der Qualitätssicherung und der Inspektion von Bauteilen, Anlagen und Bauwerken. Sie können deren Einsatzbereiche und -grenzen beurteilen und sind mit wichtigen beispielhaften Anwendungen und Schadensfälle im Maschinenwesen vertraut. Des Weiteren kennen sie die Methoden für die Qualitätssicherung von metallischen Materialien und Kompositen bei der Herstellung und die Grundlagen der Auswertemethoden im Hinblick auf deren Inspektion bzw. Instandsetzung. Die Studierenden kennen zudem die relevanten Normen und Richtlinien, die wesentlichen Aspekte der Handhabung konventioneller ZfP-Verfahren (visuelle Inspektion, Endoskopie, Farbeindringprüfung, Magnetpulverprüfung) und besitzen vertiefte Kenntnisse in den Verfahren Ultraschall, Wirbelstrom, IR-Thermografie, Radiografie, Schwings- und Schallemissionsanalyse inklusive deren Genauigkeit und Anwendungsgrenzen. Die Studierenden können mit den meisten einfachen ZfP-Verfahren selbstständig Messungen durchführen und diese auswerten.

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

Um ZfP-Verfahren zu verstehen und Einsatzbereiche und Grenzen der Methoden bewerten zu können werden die wesentlichen Lehrinhalte grundsätzlich in Form einer klassischen Vorlesung mit ständiger Unterstützung durch eine Powerpoint-Präsentation vermittelt. Ergänzend dazu wird der Vorlesungsstoff durch regelmäßige, an den Fortgang der Vorlesung angepasste Laborübungen vertieft. In den Übungen wenden die Studierenden ZfP-Verfahren selbstständig an und bewerten Messergebnisse.

- Eigenstudium (Lernen) der Fachbegriffe und der grundlegenden Zusammenhänge mit medialer Unterstützung (Dokumente, Videos, Animationen, Schaubilder)
- Lösen (eigenständig) von Fragen/Aufgaben zum Inhalt der Lehrveranstaltung

Analyse und Diskussion der Rechenergebnisse und Antworten

- Ergänzen des Lehrstoffes durch Studium der empfohlenen Literatur
- Formelmäßige Zusammenhänge werden während der Lehrveranstaltung hergeleitet, die Ergebnisse diskutiert und analysiert
- Praktische Umsetzung des Lehrstoffs anhand von Beispielmessungen in der Übung. Die Studierenden müssen diese Messungen eigenständig durchführen und teilweise selbst auswerten.
- Eingehende Diskussion von Fallbeispielen anhand von Anschauungsobjekten

**Medienform:**

Verwendete Medienformen in der Vorlesung sind Präsentationen, Videos und Tafelanschriften. Zusätzlich werden Dokumente in Moodle bereitgestellt. Zu Beginn des Semesters wird ein Skript bereitgestellt.

**Literatur:**

Erhard, Anton: Verfahren der Zerstörungsfreien Materialprüfung, Grundlagen, DVS Media GmbH, Düsseldorf 2014, 392 S., ISBN: 387-1-556-130

Schiebold, K.: Zerstörungsfreie Werkstoffprüfung. Springer-Verlag, 2015 (verschiedene Titel: Ultraschallprüfung, Durchstrahlungsprüfung, Sichtprüfung, Eindringprüfung, Magnetpulverprüfung, etc.)

**Modulverantwortliche(r):**

Große, Christian; Prof. Dr.

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

Zerstörungsfreie Prüfung im Maschinenbau (Vorlesung, 3 SWS)

Große C [L], Große C

Übung zur Zerstörungsfreien Prüfung im Maschinenbau (Übung, 1 SWS)

Große C [L], Maier B, Moser K, Parikh F, Popovych O

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

## Modulbeschreibung

### CH3063: Angewandte Elektrochemie | Applied Electrochemistry

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2024/25

<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:

The examination for this module is conducted in the form of a 90-minute written exam. The only aids allowed during the exam are a pen, a ruler, and a non-programmable calculator. The exam is designed to provide evidence that the students can independently solve typical electrochemical problems in a limited time span without further assistance. The content covered by the exam spans over the entire lecture material. The chosen form ensures that the students not only repeat their newly acquired knowledge but also demonstrate their ability to apply this knowledge to related research questions. In doing so, it is determined to what extent the students have competencies in the evaluation of electrochemical energy storage/conversion technologies and in the assessment of the long-term perspectives of different electromobility concepts, based on understanding their basic electrochemical processes and concepts. The exam will be used to assess the students' understanding and their ability to analyze electrochemical energy conversion/storage technologies.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Basic knowledge in physical chemistry (especially in thermodynamics and kinetics) is recommended; a prior participation in the module "Fundamental Electrochemistry" (CH3065) is recommended, but is not obligatory.

#### Inhalt:

The module provides the electrochemical fundamentals of various energy conversion and storage devices, as well as potential fields of application, including the scientific and engineering challenges for future applications. Amongst others, the module consists of the following fields of electrochemistry: fuel cells (thermodynamics, fueling options, types of fuel cells), electrolysis (water, chlor-alkaline), batteries (conventional batteries, materials for Li-ion and "post"-Li-ion batteries), electrochemical capacitors, and redox-flow batteries. The focus of the lecture in all

discussed topics is a detailed understanding of the basic electrochemical concepts related to the specific application.

**Lernergebnisse:**

Upon successful completion of this module, students will be able to identify the relevant literature and to critically review publications in the field of electrical energy storage and conversion. The students will be able to make suggestions and develop experiments to address specific questions in related areas of research, e.g., on proton-exchange membrane fuel-cells (PEM-FC). The module provides them with a comprehensive overview of the most relevant electrical energy storage technologies (e.g., lithium-ion batteries, lead-acid batteries, and super-capacitors) and energy conversion technologies (e.g., fuel-cells and electrolyzers). In addition, it provides a detailed explanation of the working principles as well as the underlying electrochemical and thermodynamic processes (e.g., the electrochemical potential and the energy efficiency). Finally, students will be able to evaluate the perspectives of different energy storage and conversion technologies, including their potential fields of application.

**Lehr- und Lernmethoden:**

The module consists of a series of lectures with accompanying exercises. The lectures cover most of the course content. White-board discussions are used to explain derivations and illustrate selected examples. The exercises are designed to actively involve students by repeating and deepening selected topics from the lectures. Weekly exercise sheets facilitate the discussions and enable students to independently solve small problem sets related to the lecture materials by means of qualitative and quantitative approaches. Often, these sheets are based on the current questions in the literature or even on the research of the tutors (e.g., related to batteries or fuel cells). Students are encouraged to share their questions with tutors and discuss them in class. At the end of the semester, a Q&A session is offered to the students to resolve any remaining questions prior to the exam.

**Medienform:**

Powerpoint presentations, whiteboard discussions, lecture slides as hand-out, journal articles

**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

### CH3065: Grundlagen der Elektrochemie | Fundamental Electrochemistry

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2024/25

<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:

The examination for this module is conducted in the form of a 90-minute written exam. The only aids allowed during the exam are a pen, a ruler, and a non-programmable calculator. The exam is designed to provide evidence that the students can independently solve typical electrochemical problems in a limited time span without further assistance. The content covered by the exam spans over the entire lecture material. The chosen form ensures that the students not only repeat their newly acquired knowledge but also demonstrate their ability to apply this knowledge to related research questions. In doing so, it is evaluated to what extent the students developed competencies in fundamental electrochemical processes and relevant electroanalytical methods. Further, it will be used to assess the students' understanding and their ability to analyze the underlying electrochemical phenomena and evaluate their influence on practical applications, e.g., in (solid-state) batteries and fuel cells.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Basic knowledge in physical chemistry (especially in thermodynamics and kinetics) is recommended.

#### Inhalt:

The lectures and the accompanying exercises of this module consist of two parts. In the first part, Prof. Hubert Gasteiger provides a comprehensive overview on the most commonly used electroanalytical methods and the underlying phenomena that govern the corresponding electrochemical reactions: Beginning with the thermodynamics, Prof. Gasteiger first introduces electrochemical cells, the electrochemical potential, and the concept of reference electrodes. This is followed by a detailed explanation of the ionic conduction in electrolytes, electrochemical kinetics, as well as mass transport and diffusion effects. Finally, Prof. Gasteiger applies this

knowledge to electroanalytical methods, including cyclic voltammetry, rotating disk electrode experiments, micro-electrodes, and electrochemical impedance spectroscopy. In the second part, Prof. Tom Nilges introduces thermoelectric materials and discusses the transport phenomena in solid electrolytes. He complements the analytical toolkit by further spectroscopic methods.

**Lernergebnisse:**

Upon successful completion of this module, students will be able to identify relevant research literature and critically review publications in the field of electrochemistry. The students will be able to make suggestions and develop experiments to address specific questions in related areas of research, e.g., electrical energy storage and energy conversion. The module provides them with a comprehensive overview of the most commonly used electroanalytical techniques (e.g., cyclic voltammetry, rotating disk electrode experiments) and describes the underlying phenomena that govern the corresponding electrochemical reactions (e.g., ionic transport, electrode kinetics, electrochemical potential).

**Lehr- und Lernmethoden:**

The module consists of a series of lectures with accompanying exercises. The lectures cover most of the content. White-board discussions are used to explain derivations and illustrate selected examples. The exercise is designed to actively involve students by repeating and deepening selected content from the lecture. Weekly exercise sheets facilitate the discussions and enable students to independently solve small problem sets related to the lecture materials by means of qualitative and quantitative approaches. Often, these sheets are based on the current questions in the literature or even on the research of the tutors (e.g., related to batteries or fuel cells). Students are encouraged to share their questions with tutors and discuss them in class. At the end of the semester, a Q&A session is offered to the students to resolve any remaining questions prior to the exam.

**Medienform:**

Powerpoint presentations, whiteboard discussions, lecture slides as hand-out, journal articles

**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 ( Dickmanns J, Schilling M, Schramm C, Wilhelm R ), 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

### CH3099: Polymerisationstechnik | Technical Polymerisation

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2022/23

<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 Prüfungsleistung wird in Form einer Klausur erbracht. Die Prüfungsdauer ist 60 Minuten. In der Klausur sollen die Studierenden nachweisen, dass sie Polymere nach ihrer Herkunft und nach dem Herstellungsverfahren einordnen können. Sie können die Unterschiede zwischen idealer und realer Kinetik der radikalischen Polymerisation erklären. Sie sind in der Lage, anhand vorgegebener Parameter die Produktionsleistung von verschiedenen Idealreaktoren zu berechnen und können den Zusammenhang zwischen Molmasse, Molmassenverteilung und den Einfluss des Polymerisationsverfahrens auf die Molmassenverteilung wiedergeben. Sie wissen Copolymere nach ihrer Mikrostruktur zu unterscheiden und sind in der Lage, die Zusammensetzung eines Copolymeres anhand der Copolymerisationsparameter zu beschreiben. In der Klausur sind keine Hilfsmittel erlaubt. Es werden Aufgaben gestellt, die mittels selbst formulierter Texte beantwortet werden müssen, sowie auch Multiple-Choice-Aufgaben. Darüber hinaus werden kurze Rechenaufgaben gestellt.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Semesterende

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Es sind keine Module Pflicht als Voraussetzung zur Teilnahme an diesem Modul jedoch sind erweiterte Kenntnisse in organischer Molekülchemie (CH0109, CH0132) Grundkenntnisse in physikalischer (CH4104) und analytischer Chemie (CH4109) wünschenswert.

#### Inhalt:

Polymerisationsart (radikalisch, ionisch, koordinativ)  
 Polymerisationsverfahren  
 Reaktionsgeschwindigkeit  
 Geforderte Polymermenge  
 Aggregatzustand von Monomeren und Polymeren

Löslichkeit von Monomeren und Polymeren

Thermostabilität

Wärmeentwicklung (Temperaturkontrolle)

Viskosität

Gewünschtes Erscheinungsbild (Perlen, Granulat, Pulver etc.)

Molmassenverteilung Polymerisationsgrad

Einfluss von Verunreinigungen

Betriebsweise: kontinuierlich oder diskontinuierlich (Wahl des Reaktors)

Technische Möglichkeiten zum Stofftransport

Verweilzeit (Verweilzeitverhalten)

Nicht zuletzt wirtschaftliche Aspekte wie Energieaufwand, Kosten, Preise etc.

Polymerverarbeitung

### **Lernergebnisse:**

Nach der Teilnahme am Modul sind die Studierenden in der Lage, Makromoleküle nach ihrer Herkunft, nach ihrer Synthese und nach ihren Eigenschaften zu differenzieren. Die Studierenden haben tiefer gehende Kenntnisse über Polymerisationskinetik (Ideal- und Realkinetik) und Polymeranalytik. Die Studierenden können den Einfluss der Betriebsweise einer Polyreaktion auf die Molmasse, und die Molmassenverteilung einschätzen und können anhand vorgegebener Parameter die Produktionsleistung verschiedener Idealreaktoren bestimmen. Sie haben erweiterte Kenntnisse über Reaktorarten, Betriebsweise von Reaktoren, Polymerisationsverfahren und Polymerverarbeitung erlangt. Die Studierenden können Copolymere anhand ihrer Mikrostruktur unterscheiden und anhand der Copolymerisationsparameter die Zusammensetzung des Copolymers ermitteln.

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

Das Modul besteht aus einer Vorlesung (2 SWS) und einer Übung (1 SWS). Nach dem Vermitteln der Grundlagen verschiedener Polymerisationsarten werden einzelne Themen wie Ideal- und Realkinetik, Reaktorauslegung, Kühlung, Polymerisationsgrad und Polymerisationsgradverteilung sowie verfahrensrelevante Ansätze einer technischen Polymerisation vertieft. Der stufenweise Stoffaufbau soll das Gelernte schneller festigen. Die Inhalte der Vorlesung werden durch Präsentationen und Tafelanschrieb behandelt. Parallel zur Vorlesung sollen die Studierenden einschlägige Lehrbuchkapitel durcharbeiten, welche zur Vertiefung auch durch weitere Literatur, z.B. ausgewählte aktuelle Journal-Artikel, ergänzt werden.

### **Medienform:**

Folien, Tafelarbeit, PowerPoint

### **Literatur:**

Oskar Nuyken (Springer)

Polymere

Synthese, Eigenschaften und Anwendungen

Martin Brahm (Hirzel Verlag)

Polymerchemie kompakt

Wilhelm Keim (Wiley-VCH)

Kunststoffe

Synthese, Herstellungsverfahren, Apparaturen

Hans-Georg Elias (Wiley-VCH)

Makromoleküle

Von Monomeren und Makromolekülen

Adolf Echte (Wiley-VCH)

Handbuch der technischen Polymerchemie

[http://www.chemgapedia.de/vsengine/topics/de/vlu/Chemie/Makromolekulare\\_00032Chemie/index.html](http://www.chemgapedia.de/vsengine/topics/de/vlu/Chemie/Makromolekulare_00032Chemie/index.html)

**Modulverantwortliche(r):**

Troll, Carsten; Dr. rer. nat.

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

Polymerisationstechnik (CH3099) (Vorlesung mit integrierten Übungen, 3 SWS)

Troll C, Adams F

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

## Modulbeschreibung

### CH4108: Quantenmechanik | Quantum Mechanics

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2023/24

<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> 75	<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 Prüfungsleistung wird schriftlich in Form einer Klausur (120 Min.) erbracht. In dieser sollen die Studierenden nachweisen, dass sie sich an grundlegende Prinzipien, Methoden und Sachverhalte aus der Quantenmechanik erinnern, ein Problem erkennen und mathematisch formulieren und in begrenzter Zeit ohne Hilfsmittel Wege zu einer Lösung finden können. Die Antworten erfordern teils eigene Berechnungen und Formulierungen teils Ankreuzen von vorgegebenen Mehrfachantworten.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Semesterende

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

"Mathematische Methoden der Chemie 1", "Mathematische Methoden der Chemie 2", "Experimentalphysik 1" und "Experimentalphysik 2"

#### Inhalt:

Begriffliche und historische Einführung, Grundprinzipien der Quantenmechanik (QM), einfachste Anwendungen der QM, der harmonische Oszillator, Drehimpuls in der QM, Wasserstoff-Atom, grundlegende Näherungsverfahren der QM, Elektronen-Spin und Pauliprinzip, Helium-Atom, einfachste zweiatomige Moleküle, abstrakte Gruppentheorie, molekulare Symmetrie und Symmetriegruppen, Darstellungstheorie, Anwendungen von Gruppentheorie in der QM, Molekülorbital-Theorie.

#### Lernergebnisse:

Nach der Teilnahme am Modul "Quantenmechanik" sind die Studierenden mit den begrifflichen und mathematischen Grundlagen der Quantenmechanik (QM) vertraut. Sie kennen die Bedeutung von Zustandsfunktionen, Operatoren, Eigenwerten und Eigenfunktionen. Sie kennen die Lösungen von elementaren Modell-Systemen, z. B. Teilchen im Kasten oder harmonischer Oszillator.

Die Studierenden sind mit den grundlegenden Näherungsmethoden der QM (Variationsprinzip und Störungstheorie) vertraut und können diese auf konkrete Fragestellungen anwenden. Die Studierenden kennen die Bedeutung des Pauliprinzips für atomare und molekulare Mehrelektronen-Systeme und verstehen die Mechanismen der chemischen Bindung am Beispiel des  $H_2^+$  Molekülions und des Wasserstoffmoleküls. Sie kennen die Eigenlösungen des Drehimpulsoperators und des Wasserstoffatoms. Die Studierenden verstehen die Bedeutung von Symmetrie-Operationen, Symmetrie-Gruppen und irreduziblen Darstellungen für die QM. Die Studierenden sind in der Lage, für konkrete Beispiele die Symmetriegruppe zu ermitteln und die Charaktertafeln anzuwenden.

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

Das Modul besteht aus einer Vorlesung (3 SWS) und einer begleitenden Übungsveranstaltung in Kleingruppen (2 SWS). Die Inhalte der Vorlesung werden in traditioneller Weise durch Vortrag mit Kreide und Tafel vermittelt. Alle Aussagen und Ergebnisse werden aus den Grundlagen (den Axiomen der Quantenmechanik) hergeleitet. Nicht Wissensvermittlung, sondern das Verständnis logischer Zusammenhänge ist das primäre Ziel der Vorlesung. Die Studierenden sollen zum Mitdenken und zu gemeinsamer Problemlösung von Dozent und Auditorium angeregt werden. Den Studierenden steht ein aktuelles Skriptum zur Verfügung, sodass sie von mechanischem Mitschreiben entlastet sind. Durch Verweise auf spezifische Kapitel von drei besonders geeigneten Lehrbüchern sollen die Studierenden zu selbständigen weiterführenden Studien angeregt werden. In den Gruppenübungen werden gemeinsam mit dem Übungsgruppenleiter ausgewählte Präsenzaufgaben bearbeitet und die Lösungswege diskutiert. Anspruchsvollere Aufgaben werden als Hausaufgaben vergeben. Diese bauen in ihrer Komplexität auf den Präsenzaufgaben auf und bedürfen in der Regel einer längeren Bearbeitungszeit. Die Lösungen der Hausaufgaben werden in der nachfolgenden Übungsstunde anhand von Musterlösungen besprochen.

### **Medienform:**

Tafelanschrieb, Folien, PowerPoint, Vorlesungsmanuskript, Übungsblätter, Musterlösungen, e-Learning-Kurs (Moodle). Vorlesungsmanuskript, Übungsblätter und Musterlösungen werden zur Verfügung gestellt.

### **Literatur:**

P. W. Atkins and R. S. Friedman, Molecular Quantum Mechanics (Oxford University Press, 1997)  
I. N. Levine, Quantum Chemistry (Prentice Hall, 2000)  
F. A. Cotton, Chemical Applications of Group Theory (Mc-Graw-Hill 1971)

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

Ortmann, Frank; Prof. Dr. rer. nat.

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

Quantenmechanik (CH4108) (Vorlesung, 3 SWS)  
Ortmann F

Quantenmechanik, Übung (CH4108) (Übung, 2 SWS)

Ortmann F

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

## Modulbeschreibung

### ED160034: Kunststoffcharakterisierung und -analyse | Analysis and Testing of Plastics [AToP]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2024

<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 Modulprüfung erfolgt in Form einer schriftlichen oder, mit vorheriger Ankündigung, als mündliche Klausur basierend auf Inhalten der Vorlesung, des praktischen Teils sowie aus Teilen des Selbststudiums. Die Klausur beurteilt ob die Studierenden das Kurrikulum zu einem zufriedenstellenden Niveau beherrschen. Die Bearbeitungsdauer der Klausur ist 60 Minuten. Es ist nur ein nicht programmierbarer Taschenrechner als Hilfsmittel erlaubt. Die Klausur besteht sowohl aus Wissensfragen als auch aus Anwendungsaufgaben.

Die Klausur beurteilt ob

- die Studierenden die physikalischen und chemischen Grundprinzipien der Analysemethoden verstehen sowie die Relevanz der Methoden für verschiedene Branchen und Anwendungsbereiche ableiten können.
- die Daten verschiedener Analysemethoden zu interpretieren und zu diskutieren, wie diese mit der Polymerstruktur und -chemie verknüpft sind.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

keine

#### Inhalt:

Die Vorlesung vermittelt ein vertieftes Verständnis zu den unterschiedlichen Analysemethoden für Kunststoffe. Dabei werden die Bereiche

- Polymerklassen
- Thermische Analyse
- Kriechen und Relaxation
- Statische Mechanische Analyse

- Dynamische Analyse
- Rheologische Analyse
- Flammeigenschaften
- Alterung
- Schadensanalyse
- Recycling von Kunststoffen

hinsichtlich deren chemischen und physikalischen Grundprinzipien sowie deren Anwendungsbereiche analysiert. Beginnend vom Messprinzip inklusive physikalischer und chemischer Wirkmechanismen, über den Anlagenaufbau und die Probenpräparation, bis hin zur Interpretation von experimentellen Ergebnissen. Ergänzt werden die Vorlesungsinhalte durch die Grundlagen für die softwarebasierte Vorhersage von Vernetzungsreaktionen, die auf Kinetik-Modellen basieren. Anhand konkreter Anwendungen in unterschiedlichen Branchen & Verfahren wird das grundlegende Wissen vertieft und Anwendungskriterien abgeleitet.

### **Lernergebnisse:**

Nach der Teilnahme an dem Modul haben die Studierenden ein breites Verständnis von verschiedenen Analysemethoden von Kunststoffen und verstehen wie diese Methoden funktionieren. Nach Absolvieren des Moduls, sind Studierende in der Lage:

- Kunststoffeigenschaften aus den Analysen zu bestimmen und zu bestehen, wie die Analysemethoden funktionieren.
- zwischen verschiedenen Polymerklassen zu unterscheiden sowie deren charakteristischen Eigenschaften zu benennen.
- die fundamentalen Mechanismen der wichtigsten Analysemethoden zu erkennen und deren Wichtigkeit für verschiedene Branchen oder Anwendungen darzustellen.
- verschiedene Kunststoffe durch Anwendung der Analysemethoden zu erkennen.
- Für die jeweilige Anwendung bzw. Fragestellung das geeignete Analyseverfahren ableiten sowie umgekehrt, durch die durchgeführten Analysen, Vorschläge für die Anwendung von verschiedenen Kunststoffen treffen.

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

Das Modul besteht aus mehreren Vorlesungseinheiten, Laborübungen und Selbststudien (Hausübungen), die einander komplementieren. In der Vorlesung wird zunächst ein Überblick über Kunststoffe, deren Aufbau und Einteilung sowie deren charakteristischen Eigenschaften gegeben. Der Schwerpunkt liegt dann auf den Grundlagen von verschiedenen Analysemethoden von Kunststoffen, die anhand von Vortrag, Präsentation und Praxisbeispielen erklärt werden. Die Vorlesungsunterlagen werden auf geeignete Weise zur Verfügung gestellt. Damit sollen die Studierenden lernen, die verschiedenen Analysemethoden für Kunststoffe zu verstehen. Die Möglichkeiten für Rückfragen sind gegeben. Die Studenten erlernen die fundamentalen Analysemethoden für unterschiedliche Anwendungsfälle zu unterscheiden und die Ergebnisse korrekt zu interpretieren.

### **Medienform:**

Vortrag, Präsentation, Tablet-PC mit Beamer

**Literatur:**

Tim Osswald, Natalie Rudolph, Polymer Rheology, Hanser, 2013, ISBN 978-1-56990-517-3

Ehrenstein, Gottfried & Riedel, Gabriela & Trawiel, Pia, Thermal Analysis of Plastics, 2004, ISBN 978-3-446-22340-0

Gebhardt, Andreas, and Jan-Steffen Hötter. Additive manufacturing: 3D printing for prototyping and manufacturing. Carl Hanser Verlag GmbH Co KG, 2016.

George Wypych, Handbook of Polymers, ChemTec Publishing, 2012, ISBN 978-1-895198-47-8

Kevin P. Menard. Dynamic Mechanical Analysis: A Practical Introduction, Second Edition (English Edition) 2nd Edition 2008, ISBN 978-1420053128

**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) oder [hier](#).

## Modulbeschreibung

### ED170003: Wood and Biomaterials Mechanics and Physics | Wood and Biomaterials Mechanics and Physics [WBMP]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2021/22

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Sommersemester
<b>Credits:*</b> 5	<b>Gesamtstunden:</b> 75	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 75	<b>Präsenzstunden:</b> 150

\* 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 examination will be an individual oral examination (45 min), where the student presents and discusses the results of an exercise of choice. For the exercise of choice, the student has the option to choose from: 1. Manufacturing a prototype with wood or biomaterials, 2. Performing a numerical modelling study (FEM/FDM), 3. Setting up and performing an experiment. By presenting the exercise during the oral examination, the student shows that theoretical backgrounds can be applied in real life design exercises, either through numerical design tools or by design by experiments.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Prerequisites: knowledge in one or more of the following fields at 1st year Master's level: Materials science, Mechanics of materials, Computational mechanics, NDT, Timber in Construction, Bioresources.

#### Inhalt:

Wood and biomaterials mechanics and physics in relation to loading conditions.

3D properties of wood and wood products as well as methods for determining these.

Destructive and Non-destructive testing.

Short and long term strength, damage accumulation, stress-strain curves, fatigue, transient processes in wood.

Manufacturing techniques.

Application of wood and biomaterials in engineering structures, Numerical approaches and their applications (FEM, FDM), Background of design rules, statistical modelling of properties along the production chain from forest to wood products.

### **Lernergebnisse:**

After participation of the module, the students are able to understand the mechanical and physical behavior of wood, wood products and biomaterials with respect to their structure and properties.

They can relate these to possible products and product applications in environments characterized by mechanical and physical loads, temperature and relative humidity conditions

They are able to apply methods for modelling and analyzing wood and biobased materials in engineering applications over multiple scales.

They are able to relate and judge multi-scale approaches with respect to problem analysis and modelling choices.

They are capable of selecting experimental techniques (both destructive and non), and designing test set-ups for the determination of essential properties of both materials and products made of these materials.

On the basis of this, students can design new materials and products and predict how these products will behave in a predefined environments and loading conditions.

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

This will be done by classroom teaching of fundamental material properties relating to mechanics and physics, application of theory in classroom and individual exercises.

Some lectures will be given in the Non-destructive testing laboratory (ultrasound, stress wave analysis, image processing and laboratory experiments related to physics and mechanics of wood.

### **Medienform:**

The lecture will be conducted by means of oral presentations, video lectures, relevant scientific and conference publications, classes in the laboratory. A script will be provided for the exercises.

### **Literatur:**

Scientific publications from the teaching staff and from various peers from around the world will be provided.

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

van de Kuilen, Jan Willem; Prof. Dr.

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

Wood and Biomaterials Mechanics and Physics (Übung, 2,5 SWS)

van de Kuilen J [L], Khaloian Sarnaghi A, van de Kuilen J

Wood and Biomaterials Mechanics and Physics (Vorlesung, 2,5 SWS)

van de Kuilen J [L], Khaloian Sarnaghi A, van de Kuilen J

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

## Modulbeschreibung

### EI71066: Simulation of Semiconductor Properties | Simulation of Semiconductor Properties [SSP]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2022

<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> 75	<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 Modulprüfung besteht aus drei Teilen:

- Hausaufgaben [Gewichtung 30%].
- Projekte [Gewichtung 60%].
- Diskussionen [Gewichtung 10%].

Während dem Semester wird es drei kurze Hausaufgaben geben. Die Studierenden werden hier spezifische theoretische Konzepte von DFT und ML erarbeiten und in kurzen Präsentationen (~10 Minuten) ihren Kommilitonen:innen erklären.

Die praktische Anwendung von DFT und ML wird mittels dreier vorlesungsbegleitender Projekte geprüft. Hierbei lösen die Studierenden spezifische Simulationsaufgaben. Die Implementierung und die Simulationsergebnisse werden in den Tutorien präsentiert und diskutiert.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Grundlagen der Materialphysik und der Funktionsweise von nanostrukturierten Bauelementen.

- EI0636: Nanoelectronics
- EI04032: Nano- und Quantentechnologie

Grundlagen der Programmierung und Datenverarbeitung.

- EI00110: Computertechnik und Programmieren
- EI04024: Python for Engineering Data Analysis

### **Inhalt:**

Der Fokus dieses Moduls liegt darauf, hochgenaue Simulationsmethoden für verschiedene Halbleitermaterialien einzuführen. Dies beinhaltet elementreine Systeme (z.B. Silizium), Materialverbindungen (z.B. Gallium-Nitride), sowie organische Halbleiter, die wegen ihren einzigartigen Eigenschaften untersucht werden. Verschiedene Eigenschaften (z.B. Zustandsdichte, Bandlücke, Bandstruktur, Ladungstransferintegrale) werden mittels Dichtefunktionaltheorie (DFT) untersucht.

Zusätzlich werden die Grundprinzipien des Machine-Learning (ML), sowie verschiedene spezielle ML-Architekturen besprochen und auf einfache Probleme angewandt. Zuletzt werden neuartige Ansätze besprochen, wie ML-Techniken im Bereich der Halbleiter-Materialforschung eingesetzt werden.

Der Inhalt wird in drei Teile gegliedert:

- Einführung in DFT und ihre Anwendung zur Berechnung von Halbleiter-Materialeigenschaften.
- Einführung in verschiedene ML-Architekturen und ihre Anwendung in Python (es werden die Bibliotheken scikit-learn, tensorflow, und pytorch genutzt).
- Anwendung von ML-Techniken in der Halbleiter-Materialforschung.

### **Lernergebnisse:**

Nach der erfolgreichen Teilnahme an diesem Modul sind die Studierenden in der Lage

- die grundlegenden Konzepte der Dichtefunktionaltheorie (DFT) zu verstehen.
- DFT-Simulationen mit bestehenden Software-Tools durchzuführen (z.B. QuantumEspresso).
- elektronische Eigenschaften von Halbleitermaterialien mittels DFT zu analysieren.
- die grundlegenden Konzepte verschiedener Machine Learning (ML) -Architekturen zu verstehen.
- ML-Techniken im Bereich der Halbleiter-Materialforschung anzuwenden.

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

Die Lernmethode dieses Moduls ist auf die Studierenden ausgerichtet. Die aktive Teilnahme an Diskussionen, das gegenseitige Erklären und F&A werden gefördert. Methoden, wie das umgekehrte Klassenzimmer und personalisierte Lehrmethoden werden genutzt. Dies hilft Studierenden, die grundlegenden Konzepte zu erlernen, die andernfalls oft als schwierig angesehen werden.

Das Modul besteht aus wöchentlichen Vorlesungen und Tutorien.

In den Vorlesungen werden die theoretischen Grundlagen von einem Dozenten vorgetragen und anschließend mit den Studierenden diskutiert. Die Vorlesungen sind durch elektronische Präsentationen unterstützt.

In den Tutorien lernen die Studierenden die praktische Anwendung von DFT- und ML-Tools. Zusätzlich werden die Studierenden Zeit haben, an ihren individuellen Projekten und Hausaufgaben zu arbeiten. Aufkommende Fragen werden zusammen mit den anderen Studierenden und dem Dozenten diskutiert.

### **Medienform:**

Die Vorlesungsunterlagen werden über die Moodle Plattform bereitgestellt:

- Präsentationen
- Vorlesungs-Skript
- Übungsblätter
- Zugang zu numerischen Simulations-Programmen

**Literatur:**

- R.M. Martin: "Electronic Structure - Basic Theory and Practical Methods", Cambridge University Press, 2020 [<https://doi.org/10.1017/9781108555586>]
- F. Giustino: "Materials Modelling using Density Functional Theory", Oxford University Press, 2014
- V. Brazdova, D.R. Bowler: "Atomistic Computer Simulations", John Wiley & Sons, 2013
- G. James et al.: "An Introduction to Statistical Learning", Springer, 2013 [<https://doi.org/10.1007/978-1-4614-7138-7>]

**Modulverantwortliche(r):**

Gagliardi, Alessio; 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

### EI73751: Quantum Nanoelectronics | Quantum Nanoelectronics

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2021

<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:

In an oral examination (25 minutes) students prove their understanding of nanoelectronics for information technology. By answering questions and performing calculations they show their ability to analyze quantum mechanical effects on devices.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

No prerequisites

#### Inhalt:

The influence of quantum mechanics on electronics, nanoelectronics and information theory, early quantum theory of radiation, Planck's radiation law, the photoelectric effect, spontaneous and induced emission, quantum properties of matter, the matter wave, the Schrödinger equation, the observability of physical quantities, expectation values of observables, eigenfunctions and eigenvalues of operators, stationary states, particle in square well potential, the one-dimensional harmonic oscillator, the hydrogen atom, atoms, molecules, solids, nanostructures, the Hilbert space representation of states and observables, Dirac vectors, dynamics of quantum systems, the Schrödinger representation, the Heisenberg representation, the interaction representation, algebraic treatment of the harmonic oscillator, quantum information theory, the Einstein-Podolsky-Rosen experiment, entangled states, the quantization of the electromagnetic field, quantum theory of electric circuits, coherent states, interaction of radiation and matter, emission and absorption of radiation, the natural line width of an atom, quantum statistics, the density operator, the coherent state and the Poisson distribution, signal and noise, the characteristic function, photon field coupled to a reservoir of a two-level atom, laser theory, superconductivity, the Josephson effect, quantization of the JC circuit, quantum computing, basic operations in quantum computing, the no-cloning theorem, quantum teleportation

**Lernergebnisse:**

At the end of the module students are able to analyse effects of quantum mechanics in quantum nanoelectronics. They understand the relevance of nanoelectronics in information theory and information technology.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Lerning method:

In addition to the individual methods of the students consolidated knowledge is aspired by repeated lessons in exercises and tutorials.

Teaching method:

During the lectures students are instructed in a teacher-centered style. The exercises are held in a student-centered way.

**Medienform:**

The following kinds of media are used:

- Presentations
- Lecture notes
- Exercises with solutions as download

**Literatur:**

The following literature is recommended:

- Additional reading material, class notes and useful web sources will be provided to the students by a sharepoint system

**Modulverantwortliche(r):**

Utschick, Wolfgang; 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

### EI7388: Technologie der III-V-Halbleiterbauelemente | Technology of III/V Semiconductor Devices

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2015/16

<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 Klausur (60 min) bearbeiten die Studierenden ohne Hilfsmittel Fragestellungen, anhand derer sie nachweisen, dass sie sowohl die physikalischen als auch technologischen Eigenschaften von III-V-Halbleitern abrufen können und auf entsprechende Bauelemente anwenden können.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Grundkenntnisse über elektronische und optoelektronische Bauelemente

Es wird empfohlen, ergänzend an folgenden Modulen teilzunehmen:

- Optoelektronik
- Nanophotonics

#### Inhalt:

TEIL I: Materialien - Herstellung, Charakterisierung und Bearbeitung:

Grundlegende Eigenschaften von Halbleitern und Anforderungen von optoelektronischen Bauelementen; Herstellung von III-V-Verbindungshalbleitern (Epitaxieverfahren; LPE, MOVPE, MBE); Charakterisierung von Halbleiterkristallen (Röntgenbeugung, Photolumineszenz, Hall-Effekt); Bearbeitung von Halbleitern (Lithografie, Ätztechniken, Kontaktierung)

TEIL II: Bauelemente:

Feldeffekttransistoren (Funktionsweise, Herstellung, Optimierung für High-Speed-Anwendungen); Heterobipolartransistoren (Funktionsweise, Herstellung, Optimierung); Leuchtdioden; Laserdioden (Funktionsweise, Herstellung, Realisierungsformen verschiedener Konzepte)

### **Lernergebnisse:**

Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls kennen die Studierenden die technologischen und physikalischen Grundlagen der Technologie von III-V-Verbindungshalbleitern und deren optoelektronischer und elektronischer Bauelemente.

Zu Beginn werden verschiedene Verfahren zur Synthetisierung von III/V-Halbleitern vorgestellt und die Studenten bekommen ein Verständnis für die Grundlagen der Kristallherstellung. Hierauf aufbauend steht die Analyse der Materialien, deren Prinzipien sich die Teilnehmer der Vorlesung auch anhand von Übungsaufgaben erarbeiten. Am Ende der Vorlesung sollten die Teilnehmer in der Lage sein, einen Fertigungsprozess für Halbleiterbauelemente zumindest in den wichtigsten Schritten eigenständig zu entwickeln.

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

Der Inhalt der Vorlesung wird in Form eines Frontalunterrichts präsentiert. Zur Vertiefung einzelner Themengebiete wird den Studenten über die Lehrbücher hinaus weiterführende bzw. Originalliteratur zum Selbststudium angegeben. Um den Umgang mit den präsentierten Sachverhalten einzuüben, werden Aufgaben ausgeteilt, die von den Studenten als Hausaufgaben zu bearbeiten und später in der Übungsveranstaltung von ihnen vorzurechnen sind.

### **Medienform:**

Folgende Medienformen finden Verwendung:

- Präsentationen
- Übungsaufgaben
- eigene Präsentation der erarbeiteten Ergebnisse

### **Literatur:**

Folgende Literatur wird empfohlen:

- W. Prost, "Technologie der III/V-Halbleiter", Springer-Verlag, 1997
- S.M. Sze, "High-Speed Semiconductor Devices", John Wiley & Sons, Inc., 1990
- J. Singh, "Semiconductor Devices", McGraw-Hill, Inc., 1994
- W. Bludau, "Halbleiteroptoelektronik", Hanser-Verlag,

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

Belkin, Mikhail; Prof. Dr.

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

Technologie der III-V-Halbleiterbauelemente (Vorlesung mit integrierten Übungen, 3 SWS)

Belkin M, Meyer R

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

## Modulbeschreibung

### IN2026: Wissenschaftliche Visualisierung | Scientific Visualization

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2015

<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:

The exam takes the form of a written test of 75 minutes. Questions allow to assess acquaintance with concepts and algorithms of scientific visualization and visual data analysis, and the application domains where visualization methods are used.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Semesterende

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

None.

#### Inhalt:

Visualization pipeline (data acquisition, filtering, display), information visualization vs. scientific visualization, grids and grid construction (Delaunay triangulation), interpolation in grids (inverse distance weighting, radial basis functions), discretization aspects, visualization of scalar fields (color coding, iso-contours and iso-surfaces, volume rendering, vector field visualization (particle-based visualization, line integral convolution, topological approaches), terrain rendering including adaptive meshing techniques and hierarchical data representations using quadtree and octrees.

#### Lernergebnisse:

After successful completion of the module, the students have gained advanced knowledge concerning the visualization pipeline, ranging from data acquisition to the final image of the data. This includes knowledge about the application specific data representations, data interpolation and approximation techniques for discrete data sets, data filtering techniques like convolution, as well as the final mapping stage to generate a renderable representation from the data. The students know the common methods which are used in information visualization to graphically depict abstract data, and in scientific visualization to graphically depict 2D and 3D scalar and vector fields, including isocontouring, direct volume rendering, flow visualization, and terrain rendering. They

can analyse and categorize available techniques in terms of quality, efficiency, and suitability for a particular data type, and they can model and develop new approaches considering application-specific requirements. In the practical exercises the student learn about the functionality of commonly used visualization tools, they can evaluate available tools based on their functionality, and they can apply these tools to create own visualizations of given data sets.

**Lehr- und Lernmethoden:**

The modul consists of the lecture and an accompanying practical exercise. In the lecture, the lecturer conveys to the students the area-specific knowledge, points towards relevant articles and encourages the students to read and put into relation the presented approaches, and gives examples demonstrating the application of these approaches. In the practical exercises, state-of-the-art tools for scientific visualization are demonstrated online. The students are introduced to these tools so that they can use them on their own. The students are supposed to apply some of the tools for the visualization of 3D data sets from a number of different application domains. They learn to differentiate common visualization techniques regarding the data modalities they are suited for. Small tasks using public domain visualization tools assess the ability to apply suitable visualization techniques to specific kinds of data and let the students become familiar with common visualization options.

**Medienform:**

Powerpoint course slides, white board exercises, online tutorials and demonstrations

**Literatur:**

Schumann, Müller: Visualisierung - Grundlagen und allgemeine Methoden, Springer Verlag  
C. Hansen, C. Johnson (Ed.): The handbook of Visualization, Academic Press

**Modulverantwortliche(r):**

Westermann, Rüdiger; Prof. Dr.

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

Visual Data Analytics (IN2026, IN8019) (Vorlesung mit integrierten Übungen, 4 SWS)  
Bukenberger D, Kehrer J, Niedermayr S, Weitz S, Westermann R  
Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de) oder [hier](#).

## Modulbeschreibung

### IN2182: Praktikum Scientific Computing (CSE) | Scientific Computing Lab

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2021/22

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester
<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:

Type of Assessment: exercise work.

Students submit code for 4-6 exercise sheets. By this code the students show that they can implement methods and algorithms appearing in scientific computing. Furthermore, participants show via the code submissions that they take care of the reproducibility of the achieved results; they demonstrate their ability of teamwork for the code submissions handed in for the whole team. By benchmarking their implementation they show that they can apply the respective algorithms and methods. For each worksheet of about 3-6 pages, a short discussion of about 20-30 min between the supervisors and the students takes place after an assignment is submitted and corrected. On an individual basis, students explain their implementation and the theoretical background of the implementation and show their capability of analyzing and interpret the underlying methods and the according properties.

The final grade is an averaged grade from the code submissions (50%) and the short discussions (50%).

#### Wiederholungsmöglichkeit:

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Basic skills in linear algebra and differential calculus.

#### Inhalt:

The lab course gives an application-oriented introduction to the following topics using the programming language MATLAB:  
- simulation of discrete processes

- explicit and implicit single-step methods for ordinary differential equations
- numerical methods for stationary and non-stationary partial differential equations relying on finite-difference discretizations

### **Lernergebnisse:**

At the end of the module, students are able to apply important methods and algorithms of numerical programming and can implement these within a numerical programming environment. They have experience with the practical use of the respective techniques and tools and are able to recognize typical properties of numerical methods. Participants are able to work in small teams to design and implement software prototype solutions for the specified tasks. They are able to discuss and assess the correctness, reproducibility and reliability of their obtained results following established best practices of the scientific and general community.

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

This module consists of practical course and self-study time.

The theoretical contents of the module will be taught by talks and presentations by the supervisors. Students will be encouraged to study literature to get involved with the topics in depth and to discuss this in small teams of 2-3 students. Specific programming problems are posed as homework exercise, so students learn how to work on respective solutions. In these assignments the students implement numerical methods and algorithms, which frequently appear in the field of scientific computing. The students work on the assignments in the small groups and get, if necessary, advice by the supervisors during the computer lab session. The participants submit their solution and get feedback. A short discussion on topics of the assignment takes place between the supervisors and the students of each group after an assignment is submitted and corrected.

Overall, the joint discussion of scientific and methodological decisions plays an important role. The students should also learn to critically reflect on possible consequences and to articulate them in the group.

### **Medienform:**

Slides, whiteboard, exercise sheets

### **Literatur:**

- MATLAB - The Language of Technical Computing. <http://www.mathworks.com/products/matlab/>
- Boyce, DiPrima. Elementary Differential Equations and Boundary Value Problems. Wiley, 1992.
- Michael Hanke. Short Introduction to COMSOL Multiphysics. <http://www.nada.kth.se/kurser/kth/2D1266/femlabcrash.pdf>

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

Bungartz, Hans-Joachim; Prof. Dr. rer. nat. habil.

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

Praktikum Scientific Computing (CSE) (IN2182) (Praktikum, 6 SWS)  
Bungartz H [L], Cukarska A, Datar C, Kurapati V, Neckel T, Sievers F

CSE Primer (Scientific Computing (CSE) (IN2182) (Tutorium, 8 SWS)

Bungartz H [L], Gaddameedi K, Narvaez Rivas S

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*

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2022/23

<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:

Zeitnahes Nachbereiten 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 fluiddynamischen Grundauslegung verbrennungstechnischer Systeme. Sie beherrschen die Grundlagen des Entwurfs und der Skalierung von Verbrennungsanlagen. Durch das Verständnis der thermofluiddynamischen 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):**

Wen, Dongsheng; 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]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab 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 - Übung (Übung, 1 SWS)

Gümmer V [L], Chakroun Y, de Mendonca Luz G, Rocchi S

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

Gümmer V [L], Gümmer V ( Chakroun Y, de Mendonca Luz G, Rocchi S )

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]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab 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]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2022/23

<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.

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 mit integrierten Übungen statt. Die theoretischen Grundlagen werden am Tablet-PC angeschrieben, die die Studierenden in ihr Lückenskript übertragen können. Um die Theorie auf anwendungsnahe Beispiele übertragen zu können, werden Beispielaufgaben vorgerechnet und hierbei Arbeitstechniken gezeigt und die wichtigsten Aspekte noch einmal verdeutlicht. Zusätzlich werden weitere Aufgaben, sogenannte Hausübungen verteilt, deren Bearbeitung freiwillig ist. Alle Folien sowie Lösungsbeispiele der Hausübungen werden online gestellt. Damit sollen die Studierenden die theoretischen Grundlagen selbstständig in kleinen Praxisbeispielen anwenden. 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, Rudlstorfer D

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

## Modulbeschreibung

### MW0620: Nichtlineare Finite-Element-Methoden | Nonlinear Finite Element Methods [NiliFEM]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab 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 Prüfungsleistung wird in Form einer schriftlichen Klausur (Bearbeitungsdauer 90 min) erbracht, in der sowohl Fakten- und Zusammenhangswissen zur Anwendung der Finite-Element-Methode als auch Problemlösungskompetenz überprüft werden. Damit soll nachgewiesen werden, dass in begrenzter Zeit und mit begrenzten Hilfsmitteln (erlaubt ist ein nicht-programmierbarer Taschenrechner) ein Deformations-Problem erkannt und beschrieben wird und Wege zur korrekten Lösung gefunden werden. Die Studierenden sollen so demonstrieren, dass sie z. B. die Finite-Element-Methode auf nichtlineare Problemstellungen anwenden können, geeignete Dehnungs- und Spannungsmaße auswählen und berechnete Gleichgewichtspfade zu charakterisieren.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Finite Elemente

#### Inhalt:

Um es einfach zu formulieren: Die Welt, in der wir leben, ist nichtlinear. Dementsprechend kommt den nichtlinearen Finite-Element-Methoden (FEM) eine bedeutende Stellung in der Simulation moderner Anwendungen zu. Die Vorlesung Nichtlineare Finite-Element-Methoden konzentriert sich auf die Beschreibung von Festkörper-Strukturen, die großen Deformationen ausgesetzt sind, wie sie beispielsweise bei Flugzeugtragflächen, Abspannungen, etc. auftreten. Dabei wird auf die numerische Umsetzung und Behandlung von nichtlinearen Phänomenen wie Stabilität eingegangen.

In der Vorlesung werden unter anderem die folgenden Themen behandelt:

- (1) Nichtlineare Dehnungsmaße
- (2) Geometrische Nichtlinearität bei großen Deformationen

- (3) Nichtlineare Lösungsstrategien (Newton-Raphson-Iteration, Pfadverfolgung, ...)
- (4) Stabilität (Extended systems, ...)
- (5) Nichtlineare Dynamik
- (6) Kontaktmechanik

**Lernergebnisse:**

Nach der erfolgreichen Teilnahme am Modul Nichtlineare Finite-Element-Methoden sind die Studierenden in der Lage die Finite-Element-Methode auf nichtlineare Problemstellungen anzuwenden. Dabei können sie geeignete Dehnungs- und Spannungsmaße zur Beschreibung des Problems auswählen. Außerdem sind die Studierenden in der Lage berechnete Gleichgewichtspfade zu charakterisieren und kritische Punkte zu erkennen.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Die Vorlesung findet als Vortrag (Präsentation mit Tablet-PC und Beamer) statt. Damit können die theoretischen Grundlagen der Finite-Element-Methode sowie mathematische Zusammenhänge anschaulich vermittelt und hergeleitet werden. Wichtige Inhalte der Vorlesung werden dabei am Tablet-PC angeschrieben, die die Studierenden in ihr Lückenskript übertragen können. In den Übungen werden Beispielaufgaben (zur Lösung von geometrisch nichtlinearen Systemen, Bestimmung von Gleichgewichtspfaden, Linearisierung von Gleichungssystemen und Lösen mittels dem Newton Verfahren, Diskretisierung mittels finiter Elemente) vorgerechnet, 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.

**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):**

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]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab 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.

### **Lernergebnisse:**

Am Ende des Moduls 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], Liu C, 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

### MW1392: Fertigungsverfahren für Composite-Bauteile | Production Technologies for Composite Parts [FCB]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2023

<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 Prüfungsleistung wird in Form einer 90-minütigen Klausur erbracht. In dieser soll nachgewiesen werden, dass die vermittelten Inhalte auf verschiedene Problemstellungen angewendet werden können. Die Prüfungsfragen gehen über den gesamten Stoff der Vorlesung und Übung. Zugelassene Hilfsmittel: nichtprogrammierbarer Taschenrechner.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Einführung in die Werkstoffe und Fertigungstechnologien von Carbon Composites Faser-, Matrix-, und Verbundwerkstoffe mit ihren Eigenschaften

#### Inhalt:

Einleitung Composites; Einteilung der Herstellungsverfahren; Composites mit duroplastischer Matrix; Composites mit thermoplastischer Matrix; Textile Halbzeuge; Preforming mittels Textil- und Bindertechnologie; Tapelegen; Wickeln; Flechten; Pultrudieren; Prepregtechnologie; Handling von Preformen und Halbzeugen; Rheologie; Infusionstechnologien; Formen und Werkzeuge; Hilfsstoffe für Fertigungsprozesse; Online-Prozess-Monitoring; Nachbearbeitung von Composite-Bauteilen; Fügeverfahren

#### Lernergebnisse:

Nach der Teilnahme an der Modulveranstaltung „Fertigungsverfahren für Composite-Bauteile“ sind die Studierenden in der Lage, Fertigungskonzepte für Bauteile aufzustellen und zu bewerten. Der Studierende kann nach Vorgabe von Randbedingungen wie Stückzahlen, Geometrien, Toleranzen, Materialien und Kosten beurteilen, welches Fertigungsverfahren für das Bauteil geeignet ist. Er ist in der Lage, prozessbedingte Randbedingungen zu differenzieren und somit die Gestaltung

eines Bauteils der Fertigungstechnologie (Gestaltung der Geometrie, des Lagenaufbaus, etc.) anzupassen.

**Lehr- und Lernmethoden:**

In dieser Vorlesung werden die Lehrinhalte anhand von Vortrag, Präsentation und Tafelanschrieb vermittelt. Beispielhaft werden Probleme aus der Praxis vorgestellt. Den Studierenden wird eine Foliensammlung zugänglich gemacht. In der Übung wird die Prozesskette anhand von Beispielen aus der Industrie vorgestellt und diskutiert. Alle Lehrmaterialien sowie weiterführende Informationen werden online zur Verfügung gestellt.

**Medienform:**

Vortrag, Präsentation, Tafelanschrieb, Beamer, Online-Lehrmaterialien

**Literatur:**

Hinweise für relevante Literatur wird in den Vorlesungsunterlagen angegeben

**Modulverantwortliche(r):**

Drechsler, Klaus; 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

### MW1393: Auslegung und Bauweisen von Composite Strukturen | Analysis and Design of Composite Structures [ADCS]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2020

<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:

In einer schriftlichen Prüfung (2 Teile á 45 min = 90 min) sind die vermittelten Inhalte auf verschiedene Aufgabenstellungen anzuwenden. Im Theorieteil (Teil 1) wird das Verständnis der theoretischen Grundlagen abgeprüft. Dies geschieht anhand von frei zu beantwortenden Fragestellungen, anzufertigenden Zeichnungen oder Skizzen sowie Multiple-Choice-Aufgaben. Im Berechnungsteil (Teil 2) wird die Kompetenz zur Anwendung der theoretischen Grundlagen sowie deren Übertrag auf konkrete Problemstellungen aus dem Bereich der Auslegung von Composite-Strukturen abgeprüft. Die Studierenden müssen erkennen, welche der erlernten Prinzipien angewendet werden müssen und selbständig die notwendigen analytische Berechnungen durchführen sowie die Tragfähigkeit der Strukturen anhand von Versagenskriterien bewerten.

Zugelassene Hilfsmittel: Teil 1: nicht-programmierbarer Taschenrechner, Teil 2.: Formelsammlung (wird zur Verfügung gestellt).

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Faser-, Matrix-, und Verbundwerkstoffe mit ihren Eigenschaften

Fertigungsverfahren für Composite-Bauteile

#### Inhalt:

Einführung/ Motivation (Überblick über den Bauteilentwurf und -entwicklung anhand von einem Demonstrator -Bauteil); Klassische Laminattheorie und Versagenskriterien für First Ply Failure; Auslegungsphilosophie (Sicherheitskonzept, Lastfälle, Lastfaktoren, Steifigkeit, Festigkeit); Composite-Bauweisen (Grundregeln, Materialauswahl, Anwendungsbereiche und Anforderungen, Fertigungsanforderungen); Vorauslegung (analytische und FE Rechnungen);

Konstruktionssystematik (Methodik, Schnittstellen zur Simulation, Ply-Book); Verbindungstechnik: Kleben, mechanisch; Effects of Defects - Beurteilung von Fertigungsdefekten und In-Service Defekten und Reparatur (Schadensbilder, Beurteilung, Repair-Technologien, Simulation, Instandhaltung); Testing (Testpyramide, Coupon-, Sub-Komponenten, Full-Scale-Tests); Lebensdauerbetrachtung; Optimierung der Faserverbundstruktur; Entwicklung einer Composite Struktur beispielhaft anhand von Demonstrator -Bauteil

### **Lernergebnisse:**

Nach der Teilnahme an der Modulveranstaltung "Auslegung und Bauweisen von Composite Strukturen" sind die Studierenden in der Lage, eine Composite Struktur zu entwerfen und zu entwickeln. Sie verstehen die unterschiedlichen Anforderungen an eine Composite Struktur und die zugehörigen Auslegungskonzepte. Besonderes Augenmerk legen sie dabei auf die integrale Berücksichtigung aller fertigungstechnischen, konstruktiven und belastungsrelevanten Anforderungen. Sie wenden dementsprechend auch unterschiedliche Bauweisen (integral, differential; Volllaminat, Sandwich) an. Sie können eine Vorauslegung und eine detaillierte FE Analyse auf Basis der Klassischen Laminattheorie durchführen. Die Studenten sind in der Lage Fertigungsdefekte und In-Service Defekte zu bewerten und Reparaturen dafür zu erarbeiten. Ebenso können sie eine Optimierung der Faserverbundstruktur durchführen.

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

In der Vorlesung werden die Lehrinhalte anhand von Vortrag, Präsentation mit Powerpoint Folien, Tafelbild, Beamer und fachspezifischer Software (Konstruktion, Berechnung) vermittelt. Anhand von Beispielen aus der Praxis wird zuerst der "rote Faden" erklärt und ein grundlegendes Verständnis für die Aufgabenstellungen geschaffen. Die theoretischen und praktischen Grundlagen werden im Anschluß über Folienpräsentation und Tafelbild und über Rückfragen vermittelt und gemeinsam erarbeitet. Das erlernte Wissen wird in den Übungen an praxisnahen Beispielen angewandt (z.B. Vorauslegung und Detailberechnung einer Faserverbundstruktur). Den Studierenden wird eine Foliensammlung zugänglich gemacht. Alle Lehrmaterialien werden online zur Verfügung gestellt. In den Assistentensprechstunden wird individuelle Hilfe gegeben.

### **Medienform:**

Vortrag, Präsentation mit Powerpoint Folien, Tafelbild, Beamer, Online-Lehrmaterialien, Fachspezifische Software (Konstruktion, Berechnung)

### **Literatur:**

Schürmann, H. Konstruieren mit Faser-Kunststoff-Verbunden Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2007, 978-3540721895

Flemming, Manfred ;Ziegmann, Gerhard; Roth, Siegfried; Faserverbundbauweisen Fasern Matrices (3-540-58645-8); Faserverbundbauweisen Halbzeuge und Bauweisen (3-540-60616-5); Faserverbundbauweisen Eigenschaften - Mechanische. konstruktive. thermische. elektrische. ökologische. wirtschaftliche Aspekte (3-540-00636-2)

R. M. Jones, Mechanics of Composite Materials, Second Edition, Materials Science & Engineering Series, 1998, ISBN-10: 156032712X

M.C. Niu, Composite Airframe Structures, Hong Kong Conmilit Press limited, 2006, ISBN-10: 9627128066

Armstrong, Keith B.; Bevan, L. Graham; Cole, William F., Care and Repair of Advanced Composites, 2nd Edition, Society of Automotive Engineers, 2005, ISBN: 978-0-7680-1062-6

**Modulverantwortliche(r):**

Drechsler, Klaus; Prof. Dr.-Ing.

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

Auslegung und Bauweisen von Composite-Strukturen (Übung, 1 SWS)

Drechsler K [L], Al-Qadhi Z, Banea K, Dörr P, Faron D, Jäger C, Steinhardt M, Tönjes M, Wettemann T

Auslegung und Bauweisen von Composite-Strukturen (Vorlesung, 2 SWS)

Drechsler K [L], Banea K, Steinhardt M, Tönjes M, Wettemann T

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

## Modulbeschreibung

### MW1394: Faser-, Matrix-, und Verbundwerkstoffe mit ihren Eigenschaften | Composite Materials and Structure-Property Relationship [FME]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2025

<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:

In einer schriftlichen Prüfung (90 min) sind die vermittelten Inhalte auf verschiedene Aufgabenstellungen anzuwenden.

Zugelassenes Hilfsmittel: nicht-programmierbarer Taschenrechner.

Studierende weisen in der Prüfung ihr Verständnis der Materialeigenschaften von Faserverbundwerkstoffen sowie ihren Ausgangsmaterialien sowie der angewendeten Prozessketten und Charakterisierungsverfahren nach.

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:

#### Inhalt:

- Einführung/ Motivation (Überblick über Materialien und deren Einsatzgebiete bzw. Marktentwicklung);

- Ausgangsmaterialien und Herstellung unterschiedlicher Fasern (Carbon, Glas, Aramid, mineralische und Naturfasern) und Matrixwerkstoffen (Duromer, Thermoplast, Elastomer) und deren spezifische Eigenschaften;
- Beschreibung der Faser/Matrixanbindung und Bedeutung der Faseroberflächenvorbehandlung;
- Charakterisierung phys./chemischer und mechanischer Eigenschaften von Ausgangsmaterialien und Verbundwerkstoffen;
- Mechanisches Verhalten im Überblick;
- Verarbeitung von Fasern zu Faserhalbzeugen und Preformen
- Einführung in die Flüssigharzinfusionsverfahren und andere Bauteil-Produktionsverfahren
- Verfahren zur zerstörenden und zerstörungsfreien Werkstoffprüfung
- Recyclingprozesse.

### **Lernergebnisse:**

Nach der Teilnahme an der Modulveranstaltung "Faser-, Matrix-, und Verbundwerkstoffe mit ihren Eigenschaften" sind die Studierenden in der Lage, Unterschiede zwischen den Ausgangsmaterialien und deren Herstellung bzw. Weiterverarbeitung zu Komponenten zu verstehen und Faser bzw. Matrixmaterialien anhand ihres mechanischen Eigenschaftsprofils und ihrer Kostenstruktur auszuwählen und zu bewerten. Die Studierenden können unterschiedliche Verarbeitungstechnologien in der Textil- und Infusionstechnik beschreiben und nach technologischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten evaluieren. Außerdem können sie die Potenziale der Faserverbundwerkstoffe erkennen, die Möglichkeiten innerhalb der Verarbeitungsprozesskette einschätzen und neue Herstellkonzepte auf Bauteilebene entwerfen.

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

In der Vorlesung (Unterrichtssprache Englisch) werden die Lehrinhalte anhand von Vortrag, Präsentation mit Powerpoint Folien, Tafelbild, Beamer vermittelt. Anhand von Beispielen aus der Praxis wird zuerst der "rote Faden" erklärt und ein grundlegendes Verständnis für die Aufgabenstellungen geschaffen. Die theoretischen und praktischen Grundlagen werden im Anschluss über Folienpräsentation und Tafelbild und über Rückfragen vermittelt und gemeinsam erarbeitet. Das erlernte Wissen wird in den Übungen (Unterrichtssprache Englisch) an praxisnahen Beispielen angewandt (z.B. Berechnung von Faservolumengehalt; Bestimmung Glasübergangstemperatur aus DSC-Kurve). Den Studierenden wird eine Foliensammlung zugänglich gemacht. Alle Lehrmaterialien werden online zur Verfügung gestellt.

### **Medienform:**

Vortrag, Präsentation mit Powerpoint Folien, Tafelbild, Beamer, Online-Lehrmaterialien; Unterlagen sind in englischer Sprache gehalten.

### **Literatur:**

Neitzel Manfred; Mitschang, Peter; Handbuch Verbundwerkstoffe: Werkstoffe, Verarbeitung, Anwendung (3-446-22041-0); Hearle, J.W.S; High-Performance Fibers (1-855-73539-3); Flemming, Manfred ;Ziegmann, Gerhard; Roth, Siegfried; Faserverbundbauweisen Fasern Matrices (3-540-58645-8); Faserverbundbauweisen Halbzeuge und Bauweisen (3-540-60616-5);

Faserverbundbauweisen Eigenschaften - Mechanische. konstruktive. thermische. elektrische. ökologische. wirtschaftliche Aspekte (3-540-00636-2)

**Modulverantwortliche(r):**

Drechsler, Klaus; Prof. Dr.-Ing.

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

Faser, Matrix- und Verbundwerkstoffe mit ihren Eigenschaften (Übung, 1 SWS)

Drechsler K [L], Kohler C, Körber L, Rehman N, Wettemann T

Faser, Matrix- und Verbundwerkstoffe mit ihren Eigenschaften (Vorlesung, 2 SWS)

Drechsler K [L], Kohler C, Körber L, Rehman N, Wettemann T

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

## Modulbeschreibung

### MW1412: Prozesssimulation und Materialmodellierung von Composites | Process Simulation and Material Modelling of Composites [PMC]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2020

<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 Klausur (Bearbeitungsdauer 90 min) werden die vermittelten Lernergebnisse mit verschiedenen Aufgabenstellungen überprüft. Die Prüfung gliedert sich in einen Kurzfragen- und einen Berechnungsteil (jeweils 45 min).

Anhand von Verständnisfragen demonstrieren die Studierenden, dass sie die Prinzipien der Materialmodellierung und der Simulation der Fertigungsprozesse von Composites anwenden können. Die Fähigkeit mit analytischen Ansätzen Fragestellungen zur Prozesssimulation und Materialmodellierung zu lösen wird im Berechnungsteil überprüft.

Erlaubte Hilfsmittel sind ein nicht programmierbarer Taschenrechner sowie eine mit der Prüfung ausgeteilte Formelsammlung. Für den Kurzfragenteil sind keinerlei Hilfsmittel erlaubt.

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:

- Faser-, Matrix-, und Verbundwerkstoffe mit ihren Eigenschaften
- Fertigungsverfahren für Composite-Bauteile

- Auslegung und Bauweisen von Composite-Strukturen
- Finite Elemente

### **Inhalt:**

Einführung anhand von einem Demonstrator-Bauteil (Überblick über Prozesssimulation und Materialmodellierung); numerische Grundlagen; Mikromechanik; klassische Laminattheorie; First Ply Failure; Berücksichtigung von Schädigung bzw. Materialdegradation - Last Ply Failure; Materialmodellierung für Kleber, textile Preforms und Laminat; Multi Skalen Ansatz; Preforming Simulation: Drapieren, Kompaktieren, Flechten, Wickeln, Tapelegen Fiber Placement; Füllsimulation; Aushärtensimulation; Verzugssimulation; Struktursimulation (statisch, dynamisch/ Crashsimulation, Stabilität); Anwendung der Simulation in der Forschung und in der industriellen Praxis

### **Lernergebnisse:**

Nach der Teilnahme an der Modulveranstaltung "Prozesssimulation und Materialmodellierung von Composites" sind die Studierenden in der Lage die Materialmodellierung von Composite Werkstoffen und die Simulation der Fertigungsprozesse praxisrelevant durchzuführen. Sie können die einzelnen Fertigungsschritte simulieren und haben ein grundlegendes Verständnis für die Schnittstellen zwischen den einzelnen Fertigungsschritten und die Parameter, die übergeben werden können. Innerhalb der Materialmodellierung können die Studierenden Ansätze aus der Mikro- und Mesomechanik anwenden, um das Textil kontinuumsmechanisch zu beschreiben und um Eingabegrößen für eine Strukturanalyse auf Makroebene zu erarbeiten. Die Studierenden sind in der Lage die Anwendbarkeit und Aussagegenauigkeit der einzelnen Simulationsmethoden für den Praxisfall zu bewerten und zwischen einem Stand der Forschung und einem Stand der Anwendung in der industriellen Praxis zu unterscheiden.

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

In der Vorlesung werden die Lehrinhalte anhand von Vortrag und Präsentationen mit PowerPoint Folien, Beamer und fachspezifischer Simulationssoftware vermittelt. Anhand von Beispielen aus der Praxis wird zuerst der "rote Faden" erklärt und ein grundlegendes Verständnis für die Aufgabenstellungen zur Materialmodellierung und den einzelnen Fertigungsschritten geschaffen. Die theoretischen und praktischen Grundlagen werden im Anschluss über Folienpräsentationen vermittelt und gemeinsam erarbeitet. Das erlernte Wissen wird in den Übungen an einfachen Beispielen mit analytischen Methoden angewandt und mit numerisch berechneten Simulationsergebnissen verglichen. Den Studierenden werden die in Vorlesung und Übung gezeigten Präsentationen zugänglich gemacht. Alle Lehrmaterialien werden online zur Verfügung gestellt. In den Assistentensprechstunden wird individuelle Hilfe gegeben.

### **Medienform:**

In der Vorlesung werden die Lehrinhalte anhand von Vortrag, Präsentation mit Powerpoint-Folien, Tafelbild, Beamer und fachspezifischer Simulationssoftware vermittelt. Anhand von Beispielen

aus der Praxis wird zuerst der "rote Faden" erklärt und ein grundlegendes Verständnis für die Aufgabenstellungen geschaffen. Die theoretischen und praktischen Grundlagen werden im Anschluss über Folienpräsentation und Tafelbild und über Rückfragen vermittelt und gemeinsam erarbeitet. Das erlernte Wissen wird in den Übungen an praxisnahen Beispielen angewandt (z.B. Drapiersimulation eines Multiaxialgeleges für ein Bauteil aus der Automobilindustrie). Den Studierenden wird eine Foliensammlung zugänglich gemacht. Alle Lehrmaterialien werden online zur Verfügung gestellt. In den Assistentensprechstunden wird individuelle Hilfe gegeben.

**Literatur:**

A.Puck, Festigkeitsanalyse von Faser-Matrix-Laminaten, Hanser Verlag, 1996, ISBN 3-446-18194-6

Long, A.C., Composite Forming Technologies, 2007, Woodhead Publishing Limited, ISBN 978-1-84569-033-5

Kruckenberg, Paton, Resin Transfer Moulding for Aerospace Structures, 1998, Kluwer Academic Publishers, ISBN 0412731509

**Modulverantwortliche(r):**

Drechsler, Klaus; 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

### MW1419: Thermodynamics for Energy Conversion | Thermodynamics for Energy Conversion [TEC]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2023/24

<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 schriftliche Klausur besteht aus einem theoretischen Teil und einem Berechnungsteil (insgesamt 90 min). Es sind keine Hilfsmittel bis auf einen nicht programmierbaren Taschenrechner und eine vorher ausgeteilte Formelsammlung erlaubt.

Im theoretischen Teil müssen die Studierenden grundlegende Verständnisfragen zu Grundlagen der Thermodynamik und Anwendung der Exergieanalyse beantworten. Im Berechnungsteil wird überprüft, inwieweit die Studierenden die Konzepte zur thermodynamischen Bewertung von Prozessen und der Reduzierung von Exergieverlusten anwenden können.

Die Klausur setzt sich aus einem kurzen Multiple-Choice Teil (ca. 20 %), theoretischen Verständnisfragen (ca. 40 %) und einem Rechenteil (ca. 40 % zusammen). Zum Bestehen der Prüfung werden ungefähr 50 % der Punkte benötigt. Die theoretischen Fragen beziehen sich auf Vorlesungsthemen und -material, während der Berechnungsteil auf den Übungen basiert. Theorie- und Berechnungsteil können nicht separat zueinander bestanden werden.

In der schriftlichen Prüfung sollen die Studenten nachweisen, dass sie in der Lage sind, die wichtigsten thermodynamischen Methoden anzuwenden, die in den Lernergebnisse aufgeführt sind und die geforderten Berechnungen unter Zeitdruck durchzuführen. Die Prüfung enthält auch theoretische Fragen zu den Methoden und Anwendungen der Exergieanalyse in Energieumwandlungssystemen, durch die die Studenten nachweisen, dass sie die in den Vorlesungen gelehrt Grundkonzepte verstanden haben.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

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

Grundlegendes Wissen über mathematische, physikalische und chemische Zusammenhänge. Ein Ingenieurshintergrund ist vorteilhaft für das Verständnis des Moduls.

### **Inhalt:**

Erster Teil der Vorlesung: Grundlagen

Systemgrenzen setzen, Massen-/Energiebilanzen, Erster und Zweiter Hauptsatz der Thermodynamik, offene und geschlossene Systeme, Phasengleichgewichte, Dampf tafeln, Entropie und Irreversibilität, Prozessänderungen und Kreisprozesse, Exergie betrachtung

Zweiter Teil: Anwendung auf Energiewandlungsprozesse

Dampf kreislauf: Funktion, Berechnung, Optimierung, Vergleich mit ORC

Gasturbine: Effizienz, Optimierung, Kombination mit Dampf kreisläufen (GuD), KWK

Kältemaschinen: Kreisläufe, Joule-Thomson Effekt, Kältemittel, Wärmepumpen

Erneuerbare Technologien: Geothermie (oberflächlich und tief), solarthermische und industrielle Abwärmenutzung.

Chemische Reaktionen: Grundkonzept, Stöchiometrie, energetische und thermodynamische Betrachtung, Verbrennungsreaktionen

Brennstoffzellen: Prinzip, Vorteile, Berechnung, Elektrolyse

Ausweitung der Exergie betrachtung auf Brennstoffe (chemische Exergie, Exerriefaktoren, Brennwert)

### **Lernergebnisse:**

Die Studierenden verstehen die Gesetzmäßigkeiten der Thermodynamik und können sie auf reale Problemstellungen anwenden. Die Grundkonzepte moderner Energiewandlungsprozesse (z.B. thermisches Kraftwerk, Brennstoffzelle) können wiedergegeben werden und hinsichtlich ihrer Effizienz und ihres Optimierungspotenzials bewertet werden.

Die Studierenden verstehen das Funktionsprinzip thermodynamischer Prozesse sowohl in konventionellen als auch in erneuerbaren Energieanwendungen und können die thermodynamische Leistung erneuerbarer Technologien, wie z. B. Erdwärmekraftwerke oder Erdwärmepumpen, bewerten und beurteilen. Darüber hinaus sind die Studierenden in der Lage, die Rolle von Brennstoffzellen im Zusammenhang mit einem zukünftigen nachhaltigen Energiesystem zu diskutieren.

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

Während der Vorlesung werden die Lehrinhalte mittels Powerpointpräsentationen vermittelt. Zusätzliche dienen Tafelzeichnungen, weitere grafische Veranschaulichungen, sowie regelmäßige Diskussionen dem Verständnis der behandelten Energieumwandlungsprozesse und den darin auftretenden Exergieverlusten. Studenten sind dazu angehalten, sich aktiv an der Diskussion zu beteiligen. Die Vor- und Nachbereitung der Inhalte mittels eigenen Mitschriften und den zur Verfügung gestellten Vorlesungsfolien ist nötig, um die theoretischen Grundlagen von Kraftwerksprozessen samt Komponenten vollständig erfassen zu können. In der Übung werden Beispielprozesse vorgerechnet und dadurch das Vorgehen beim Lösen thermodynamischer Problemstellungen gezeigt. Zudem bietet die Übung die Möglichkeit, die Inhalte der Vorlesung

nochmals zu diskutieren. Vorlesungsbegleitend werden Online-Selbsttests angeboten, um den Studierenden die Möglichkeit zu geben, ihren Wissensstand selbst zu prüfen.

**Medienform:**

Powerpointpräsentationen, Tafelzeichnungen, Videos, Bilder, Online-Tests

**Literatur:**

Vorlesungsfolien, Handouts, Literaturempfehlungen werden zur Verfügung gestellt

Moran, Michael J. ; Shapiro, Howard N. ; Boettner, Daisie D. ; Bailey, Margaret B.: Fundamentals of Engineering Thermodynamics. New York: Wiley, 2014.

**Modulverantwortliche(r):**

Spliethoff, Hartmut; Prof. Dr.-Ing.

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

Übung zu Thermodynamics in Energy Conversion (Übung, 1 SWS)

Schifflechner C [L], Schifflechner C, Ceruti A, Ohmstedt S, Ostermann K, von Zabienski J

Thermodynamics in Energy Conversion (Vorlesung, 2 SWS)

Schifflechner C [L], Schifflechner C, Ohmstedt S, von Zabienski J

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

## Modulbeschreibung

### MW1532: Thermal Power Plants (MSPE) | Thermal Power Plants (MSPE)

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2023

<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:

The written exam consists of a theoretical part with short questions (30 min) and a second part with calculations (60 min). For the theoretical part, no further help is allowed. Students should be able to answer questions related to the thermodynamic principles of power cycles, to the major components of power plants and to the systems used to limit their emissions. For the second part, students can use a calculator (non-programmable), a given h-s diagram and steam table as well as one DIN A4 sheet (2 pages) hand-written in the colour of green list of formulas in order to perform calculations regarding the main power plant components as well as more advanced plant configurations and cycle optimization concepts.

The theoretical part accounts for 33.3 % and the calculation part for 66.6 % of the total points. To pass the exam you must achieve at least 50 % of the total points. Theoretical and calculation parts cannot be passed separately.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Basic knowledge in Thermodynamics and Power Plants are helpful. The lecture "Thermodynamics in Energy Conversion" is recommended but not mandatory

#### Inhalt:

1. Introduction (Energy Conversion, Overview)
2. Steam Power Cycles (Thermodynamic Fundamentals, Efficiency, State of the Art)
3. Combustion (Fuels, Fundamentals, Systems)
4. Steam Generation (History, Fundamentals, Systems)

5. Power Plant Control (Transmission Grid, Grid and Power Plant Control)
6. Gas Turbines (Thermodynamic Fundamentals, Examples)
7. Combined Cycles for Natural Gas (Thermodynamic Fundamentals, Waste Heat Steam Generation, Cycles)
8. Combined Cycles for Solid Fuels (Processes and Characteristics, IGCC)
9. Carbon Capture and Storage/Utilization (CCS/CCU)
10. Solar Power Plants (Collector, Heat Storage, Technology examples)
11. Nuclear Power Plants (Physics, Reactors, Framework)

### **Lernergebnisse:**

Students should gain in-depth insight into the thermodynamic principles of the most important power cycles, especially the Clausius-Rankine/steam cycle and the Joule-Brayton cycle. At the end of the module, they are able to solve problems related to the major components of power plants, such as pumps, compressors, turbines, steam generators and condensers. Herein, the students should be able to solve mass- and enthalpy balances. Beside conventional power plant technology, students also evaluate the influence of more advanced plant configurations and optimization concepts, such as supercritical steam parameters, preheating and reheating for modern and future power plants. The overall goal is to gain in-depth understanding and to be able evaluate different power plant technologies and their configurations.

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

The lecture is mainly based on presentations to introduce and clarify the theory of thermal power plants and their major components. Lecture notes as well as an equation and table collection are provided for studies and preparation for the exam.

The tutorials are based on classroom teaching and active student participation, where theoretical and numerical tasks related to power plant technology for modern and future power plants are solved under the guidance of the lecturer. In this session, the students are actively prepared for the end-term exam.

### **Medienform:**

PowerPoint presentation  
lecture notes  
equation and table collection

### **Literatur:**

1. Spliethoff, H.: Power Generation from Solid Fuels, Springer Berlin
2. Moran, Michael J.: Fundamentals of Engineering Thermodynamics, Wiley 2010
3. Thomas, H.-J.: Thermische Kraftanlagen - Grundlagen, Technik, Probleme. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo, 1985
4. Baehr, H. D.: Thermodynamik - Grundlagen und technische Anwendungen. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 2004
5. Rayaprolu, Kumar: Boilers for Power and Process, CRC Press 2009

6. Babcock & Wilcox Company: Steam, its Generation and Use
7. Goswami, D. Yogi: Energy Conversion, CRC Press 2007

**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

### MW1948: Biomaterialcharakterisierung für Ingenieure | Characterization of Biomaterials for Engineers [BCI]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2025/26

<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 70-minütigen schriftlichen Klausur weisen die Studierenden nach, dass sie optische und mechanische Charakterisierungsverfahren verstehen und deren Anwendbarkeit und Limitierungen bezüglich der Untersuchung von Biomaterialien bewerten können.

Es sind keine Hilfsmittel erlaubt.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Grundkenntnisse in der physikalischen Optik werden vorausgesetzt. Biologisches und chemisches Grundwissen (Niveau: gymnasiale Oberstufe) wird ebenfalls erwartet.

#### Inhalt:

Dieses Modul behandelt materialwissenschaftliche Methoden, die zur Charakterisierung der Struktur und Mechanik von Biomaterialien geeignet sind. Zunächst werden abbildende Techniken wie Lichtmikroskopie, Elektronenmikroskopie, Nahfeld- und Raster-Kraft-Mikroskopie besprochen und aufgezeigt, welche Techniken zur Verbesserung des Auflösungsvermögens und des Kontrasts der gewonnenen Bilder verwendet werden damit diese erfolgreich zur Strukturaufklärung von Biomaterialien eingesetzt werden können. Ferner werden Grundprinzipien des maschinellen Lernens besprochen, die zur Analyse von Oberflächen eingesetzt werden. In einem zweiten Teil werden makro- und mikroskopische Techniken zur Vermessung von viskoelastischen Materialeigenschaften diskutiert und die entsprechenden Messaufbauten besprochen. Schließlich werden in einem dritten Teil Mikrostrukturierungstechniken diskutiert und aufgezeigt, wie diese in Kombination mit optischen oder mechanischen Methoden z.B. bei der Mikrofluidik zu Zwecken der Sortierung oder Analyse von biologischen Proben zum Einsatz kommen („lab on a chip“).

**Lernergebnisse:**

Nach erfolgreicher Teilnahme an diesem Modul sind die Studierenden in der Lage, verschiedene experimentelle Techniken aus den Bereichen mechanische Prüfung und Bildgebung/strukturanalyse hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit auf Biomaterialien zu bewerten. Sie beherrschen die physikalischen Prinzipien, die diesen Techniken zugrunde liegen und können diese bei der Charakterisierung von Biomaterialien anwenden.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Das Modul besteht aus einer Vorlesung, in dieser werden die Lernergebnisse mittels Vorträgen, unterstützt durch Präsentationen vermittelt. Die Vorlesungsfolien werden spätestens am Tag vor dem jeweiligen Vorlesungstermin online zum Download zugänglich gemacht, so dass sich die Studierenden während der Vorlesung ergänzende Kommentare in ihre ausgedruckten Folien eintragen können. Ausgewählte Skizzen und Schemata werden als Tafelanschrieb ergänzt. Gastvorträge aus der Industrie und/oder live Demonstrationen von verschiedenen Messaufbauten vertiefen das Verständnis der Studierenden zur Funktionsweise und zum Einsatzgebiet der in der Vorlesung behandelten Geräte und Techniken.

**Medienform:**

Vortrag, Präsentation mit PC, Kurzvideos zur Veranschaulichung bzw. Wiederholung bereits behandelte Themen

**Literatur:**

Die Vorlesungsfolien werden online zum Download bereitgestellt. Vertiefende Fachliteratur zu den jeweiligen Themen wird in der Vorlesung genannt bzw. ist auf den jeweiligen Folien angegeben.

**Modulverantwortliche(r):**

Lieleg, Oliver; Prof. Dr.

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

Biomaterialcharakterisierung für Ingenieure (Vorlesung, 3 SWS)

Lieleg O, Henkel M, Voigt S

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

## Modulbeschreibung

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

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab 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; aeroservoelastic 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], Anand A, Bottasso C, Mühle F, von Braunbehrens R

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

Bottasso C [L], Anand A, Mühle F, von Braunbehrens R

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

## Modulbeschreibung

### MW2458: Werkstoffe in der Füge-technik und Additiven Fertigung | Materials in Joining and Additive Manufacturing

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2023/24

<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 Modulprüfung erfolgt in Form einer 90-minütigen, schriftlichen Klausur in englischer Sprache. Die Klausur kann aus Auswahlaufgaben (Multiple Choice), offenen Kurzfragen sowie vertiefenden Verständnis- und Rechenaufgaben bestehen. Hiermit wird überprüft, ob die Studierenden die Auswirkungen unterschiedlicher thermischer Zyklen auf verschiedene metallische Werkstoffe verinnerlicht haben und das Verhalten dieser Materialien unter thermischer Belastung beschreiben können. Als Hilfsmittel sind Schreibutensilien, Lineal/Geodreieck, ein nichtprogrammierbarer Taschenrechner, sowie ein allgemeines Wörterbuch Englisch-Muttersprache (ohne eigene Ergänzungen) zugelassen.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Grundlagenkenntnisse im Bereich Werkstoffkunde

#### Inhalt:

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

- Thermische Wirkung, thermischer Zyklus von Wärmequellen
- Fügbarkeit
- Wechselwirkung zwischen Wärmequelle und Werkstoff
- Wärmeeinflusszone, Epitaxie, Kornfeinung/-vergrößerung
- Diffusion

- Mechanismen von Heiß- und Kaltrissen, andere Fertigungsfehler
- Besonderheiten der additiven Fertigung von metallischen Werkstoffen

### **Lernergebnisse:**

Nach der Teilnahme am Modul sind die Studierenden in der Lage, die Auswirkungen von Prozessvorgängen beim Fügen und der additiven Fertigung auf die Eigenschaften von metallischen Werkstoffen zu beschreiben. Sie können nicht-konventionelle Wärmeeinflüsse auf unterschiedliche Metalle erklären und deren Konsequenzen für die Materialeigenschaften beurteilen. Sie werden weiterhin in der Lage sein, geeignete Prozesse für bestimmte Werkstoffe auszuwählen, um ein gegebenes Füge-/Prozessziel zu erreichen.

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

Im Rahmen des Moduls (bestehend aus Vorlesung und Übung) werden den Studierenden Fachbegriffe und grundlegende Zusammenhänge vermittelt. Mithilfe der fachspezifischen Literatur ist es den Studierenden möglich eine individuelle Vorlesungsmitschrift zu erstellen und die vermittelten Inhalte im Eigenstudium, zu vertiefen.

Die Vorlesung soll den Studierenden die Fachbegriffe und die Auswirkungen der Prozessparameter auf die resultierenden Materialeigenschaften vermitteln. Hierbei wird auch auf Prozessbeispiele Bezug genommen, um den Studierenden an realen Bauteilen die Wechselwirkungen zwischen Werkstoff, Prozess und Eigenschaften zu vermitteln. Dadurch lernen sie z. B. die Auswirkungen von Prozessvorgängen beim Fügen und der additiven Fertigung auf die Eigenschaften von metallischen Werkstoffen zu beschreiben.

Die Übung soll Studierenden ermöglichen das erworbene Wissen in praxisnahen Aufgabenstellungen anzuwenden. Hierzu werden Fallbeispiele aus der Vorlesung vertieft und mit den Studierenden diskutiert. Damit lernen sie nicht-konventionelle Wärmeeinflüsse auf unterschiedliche Metalle zu erklären und deren Konsequenzen für die Materialeigenschaften beurteilen sowie geeignete Prozesse für bestimmte Werkstoffe auszuwählen, um ein gegebenes Füge-/Prozessziel zu erreichen.

### **Medienform:**

Digitale Präsentation

### **Literatur:**

Granjon: Fundamentals of Welding Metallurgy, 1st Edition, Abington Publishing, 1991

Dilthey: Schweißtechnische Fertigungsverfahren 2: Verhalten der Werkstoffe beim Schweißen, 3. Auflage, Springer, Berlin/Heidelberg, 2005

Schuster: Schweißen von Eisen, Stahl- und Nickelwerkstoffen, 2010, ISBN 978-3-87155-223-6

Bajaj et al.: Steels in additive manufacturing: A review of their microstructure and properties, <https://doi.org/10.1016/j.msea.2019.138633>

Callister, Rethwisch: Materials Science and Engineering: An Introduction, 10th Edition, Wiley, 2018

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

Mayr, Peter; Prof. Dr. techn. Dipl.-Ing.

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

Werkstoffe in der Füge­technik und Additiven Fertigung (Vorlesung, 2 SWS)

Mayr P ( Arnhold J, Mohamed Z, Paiotti Marcondes Guimaraes R )

Werkstoffe in der Füge­technik und Additiven Fertigung Übung (Übung, 1 SWS)

Mohamed Z ( Paiotti Marcondes Guimaraes R )

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

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab 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 nur 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):**

Additive Fertigung mit Kunststoffen Übung (Übung, 1 SWS)

Wudy K [L], Burchard B, Grünewald J, Kwade C, Wudy K

Additive Fertigung mit Kunststoffen Vorlesung (Vorlesung, 2 SWS)

Wudy K [L], Grünewald J, Kwade C, Wudy K

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

## Modulbeschreibung

### MW2476: Additive Fertigung mit Metallen | Additive Manufacturing with Metals [AFM]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2021

<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 Modulprüfung erfolgt in Form einer schriftlichen Klausur, die sowohl aus Wissensfragen, Anwendungsaufgaben und Rechenaufgaben besteht, abgefragt. Die Bearbeitungsdauer der Klausur sind 90 Minuten. Als Hilfsmittel ist nur ein nicht programmierbarer Taschenrechner erlaubt. In der Klausur wird überprüft, ob die Studierenden z. B. die verschiedenen Prozesse der Additiven Fertigung mit Metallen verstehen, die fundamentalen Mechanismen der Erzeugung der Ausgangswerkstoffe z.B. Pulver und Filamente verstehen 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 Metallen. Dabei werden die Prozesse

- Binder Jetting
- Materialextrusion
- Direct Energy Deposition
- Powder Bed Fusion

hinsichtlich deren Ausgangswerkstoffe, physikalischer Bindungsmechanismen und resultierenden Bauteileigenschaften analysiert. Beginnend von der Herstellung der jeweiligen Ausgangswerkstoffe (Pulver und Filamente), über das additive Grundprinzip, inklusive physikalischer Wirkmechanismen, bis hin zur Ableitung von Prozess-Struktur-Eigenschaftsbeziehungen werden die einzelnen additiven Verfahren im Detail besprochen.

Zusätzlich werden industriell relevante Themen wie die Qualitätssicherung im Bereich der metallischen additiven Fertigung besprochen. Ergänzt werden die Vorlesungsinhalte durch Inhalte im Bereich der Simulation von additiven Fertigungsprozessen. Anhand konkreter Anwendungen in unterschiedlichen Branchen wird das grundlegende Wissen vertieft und Auslegungskriterien abgeleitet.

**Lernergebnisse:**

Nach der Teilnahme an dem Modul sind die Studierenden in der Lage verschiedene Prozesse der Additiven Fertigung mit Metallen zu verstehen. Die Studierenden können die fundamentalen Mechanismen der additiven Bauteilerzeugung für die unterschiedlichen Prozesse unterscheiden. Sie können für die jeweilige Anwendung das geeignete Verfahren in Kombination mit dem jeweiligen Werkstoff ableiten.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Das Modul besteht aus einer Vorlesung und einer Übung. In der Vorlesung werden die Grundlagen zu verschiedenen additiven Fertigungsverfahren mit Metallen anhand von Vortrag, Präsentation und Praxisbeispielen erklärt. Die Vorlesungsunterlagen werden auf geeignete Weise zur Verfügung gestellt. Damit sollen die Studierenden lernen, die verschiedenen Prozesse der Additiven Fertigung mit Metallen 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 für die jeweilige Anwendung das geeignete Verfahren in Kombination mit dem jeweiligen Werkstoff abzuleiten.

**Medienform:**

Vortrag, Präsentation, Tablet-PC mit Beamer

**Literatur:**

John O. Milewski, Additive Manufacturing of Metals: From Fundamental Technology to Rocket Nozzles, Medical Implants, and Custom Jewelry, Springer, 2017, ISBN 9783319582054  
Gebhardt, Andreas, and Jan-Steffen Hötter. Additive manufacturing: 3D printing for prototyping and manufacturing. Carl Hanser Verlag GmbH Co KG, 2016.  
Gibson, Ian, David W. Rosen, and Brent Stucker. Additive manufacturing technologies. Vol. 17. New York: Springer, 2014.

**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) oder [hier](#).

## Modulbeschreibung

### MW2479: Bioprinting: Fundamentals and Applications | Bioprinting: Fundamentals and Applications [Bioprinting]

*Bioprinting: Grundlagen und Anwendungen*

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2024

<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 Modulprüfung erfolgt in Form einer schriftlichen Klausur (90 min, keine Hilfsmittel sind erlaubt). Damit wird überprüft, ob die Studierenden beispielsweise in der Lage sind die bestehenden Bioprinting-Technologien und ihre spezifischen Vor- und Nachteile zu bewerten, Methoden zur Beurteilung der Lebensfähigkeit und Proliferation von Zellen zu beschreiben, aktuelle Herausforderungen auf dem Gebiet der Biofabrikation zu analysieren oder regulatorische Überlegungen für Prozesse und Produkte zu formulieren.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

keine

#### Inhalt:

Die additive Fertigung ermöglicht das Herstellen von hochkomplexen Geometrien mit hoher Flexibilität im Vergleich zu traditionellen Fertigungstechnologien und hat in vielen Bereichen, einschließlich der Medizintechnik, zunehmende Aufmerksamkeit erhalten. Die neuesten Fortschritte in der additiven Fertigung und die Anwendung von Biomaterialien und Zellen führten zu einer neuen Technologie: das Bioprinting. Diese Technologie nutzt die technischen Fortschritte der additiven Fertigung, um Zellen in einer 3D-Umgebung präzise zu positionieren und um die biochemischen und biophysikalischen Eigenschaften von nativem Gewebe zu rekapitulieren. Auf diese Art und Weise werden 3D-In-vitro-Modelle spezifischer Gewebe/Organe erstellt, die für die Modellierung von Krankheiten und das Screening von Medikamenten verwendet werden können. Mit dieser Technologie werden physiologisch relevant Modelle mit menschlichen Zellen erstellt, die bzgl. der menschlichen Reaktion auf, zum Beispiel, Medikamente prädiktiver als die üblicherweise

verwendeten Tiermodelle sind. Biologisch funktionale Modelle können durch die strukturelle Organisation lebender Zellen, bioaktiver Moleküle und Biomaterialien durch verschiedene Bioprinting-Technologien, wie z.B. Extrusions- und Inkjet-basierte Verfahren oder Laser#induced forward transfer (LIFT), erzeugt werden. Mit Anwendungen, die von der Krankheitsmodellierung über die Entdeckung von Medikamenten bis hin zur personalisierten Medizin und der Erforschung grundlegender biologischer Mechanismen reichen, ist das Bioprinting ein schnell fortschreitendes Feld, das sowohl in translationalen Arbeit an Relevanz gewinnt als auch ein enormes Potenzial für verschiedene industrielle Anwendungen aufweist.

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

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

- Einführung in das Bioprinting: historische Entwicklungen, Motivation und Anwendungen
- Definition und Vergleich von Bioprinting-Technologien
- Einführung in die Grundlagen der Zellkultur und in den Bereich der Stammzellen
- Klassifizierung und Designkriterien für Bioinks
- Grundlagen und Anwendungen von Vernetzungsmethoden im Bioprinting
- Methoden zur Bewertung der Extrudierbarkeit, Formtreue und Druckgenauigkeit
- Methoden zur Bewertung der Lebensfähigkeit und Proliferation von Zellen
- In-vitro-3D-Modelle von menschlichem Gewebe/Organen und Organoiden: Biofabrikation und Potenzial
- Translationale Anwendungen und zukünftige Herausforderungen
- Regulatorische Überlegungen für Prozesse und Produkte

### **Lernergebnisse:**

Nach erfolgreicher Teilnahme am Modul "Bioprinting" sind die Studierenden in der Lage

- die Funktionsprinzipien von Bioprinting-Technologien zu verstehen
- die bestehenden Bioprinting-Technologien und ihre spezifischen Vor- und Nachteile zu bewerten
- ein Verständnis für die Designkriterien von Bioinks zu demonstrieren und Bioink-Spezifikationen für Bioprinting-Technologien und Anwendungsbereiche zu formulieren
- Methoden zur Beurteilung der Lebensfähigkeit und Proliferation von Zellen zu beschreiben
- aktuelle Herausforderungen auf dem Gebiet der Biofabrikation zu analysieren

- regulatorische Überlegungen für Prozesse und Produkte zu formulieren

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

Das Modul besteht aus einer Vorlesung und einer Übung. Materialien und Zusatzinformationen stehen allen eingeschriebenen Studierenden online in digitaler Form über die eLearning-Plattform Moodle zur Verfügung. In der Vorlesung werden mittels Präsentation und den zur Verfügung gestellten Unterlagen die theoretischen Grundlagen des Bioprintings erläutert. In der Übung werden die in der Vorlesung behandelten Grundlagen gefestigt. Die Studierenden werden dabei Probleme aus dem Bereich des Bioprintings lösen und diskutieren und lernen, die gelehrt Konzepte in beispielhaften Anwendungen umzusetzen. Die Übungen sind ein wesentliches Format, um den Studierenden zu helfen, die Lehrziele dieses Moduls zu erwerben. Damit sollen die Studierenden z. B. lernen, Methoden zur Beurteilung der Lebensfähigkeit und Proliferation von Zellen zu beschreiben, aktuelle Herausforderungen auf dem Gebiet der Biofabrikation zu analysieren und regulatorische Überlegungen für Prozesse und Produkte zu formulieren.

### **Medienform:**

Präsentationen, Handouts, Videos, Fallstudien

### **Literatur:**

- [1] Murphy, S. V., Atala, A. (2014). 3D bioprinting of tissues and organs. *Nature biotechnology*, 32(8), 773-785.
- [2] Sun, W. et al. (2020). The Bioprinting Roadmap. *Biofabrication*, 12(2), 022002.
- [3] Moroni, L., et al (2018). Biofabrication: a guide to technology and terminology. *Trends in biotechnology*, 36(4), 384-402.
- [4] Groll, J., et al. (2016). Biofabrication: reappraising the definition of an evolving field. *Biofabrication*, 8(1), 013001.
- [5] Bedell, M. et al. (2020). Polymeric systems for bioprinting. *Chemical Reviews*, 120(19), 10744-10792.
- [6] Schwab, A. et al. (2020). Printability and shape fidelity of bioinks in 3D bioprinting. *Chemical Reviews*, 120(19), 11028-11055.
- [7] Levato, R., et al. (2020). From shape to function: the next step in bioprinting. *Advanced Materials*, 32(12), 1906423.
- [8] Ibrahim Ozbolat (2016) 3D Bioprinting Fundamentals, Principles and Applications
- [9] Michele Conti and Michele Marino (2022) Bioprinting From Multidisciplinary Design to Emerging Opportunities
- [10] Jeremy M. Crook (2020) 3D Bioprinting: Principles and Protocols.

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

Mela, Petra; 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

### PH2172: Zweidimensionale Materialien | Two Dimensional Materials

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2025

<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:

Es findet eine schriftliche Klausur von 90 Minuten Dauer statt. Darin wird exemplarisch das Erreichen der im Abschnitt Lernergebnisse dargestellten Kompetenzen mindestens in der dort angegebenen Erkenntnisstufe durch Verständnisfragen und Beispielrechnungen überprüft.

Prüfungsaufgabe könnte beispielsweise sein:

- Nennen Sie Herstellungsmethoden von 2D Materialien.
- Erörtern Sie Charakterisierungsmethoden von 2D Materialien.
- Erklären Sie die (polarisierten) Photolumineszenz-Eigenschaften von halbleitenden 2D Materialien.
- Analysieren Sie den phononischen Fingerabdruck von Graphen anhand von ausgewählten Ramanspektren.
- Diskutieren Sie den Einfluss der Lagenzahl auf die optischen und mechanischen Eigenschaften von 2D Materialien.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Semesterende

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Es gibt keine weiteren Voraussetzungen, außer denen im Masterstudium verlangt.

#### Inhalt:

In diesem Modul wird eine faszinierende Klasse von Festkörpern, die ein schnell wachsendes Forschungsfeld bilden, eingeführt: Zweidimensionale (2D) Materialien sind tatsächlich zweidimensionale Kristalle mit einer Schichtdicke im Bereich von 1 nm. Starke kovalente chemische Bindungen stabilisieren die Materialien in der Ebene, wohingegen die einzelnen Lagen durch die van der Waals Wechselwirkung schwach gebunden sind. Dennoch sind die Eigenschaften von 2D Festkörpern signifikant von der Lagenzahl und der Wechselwirkung

mit der Umgebung ums Substrat abhängig. Folgende Themen werden in diesem Modul näher beleuchtet:

- Historische und topologische Einführung zu 2D Materialien;
  - Überblick, Klassifikation und charakteristische Eigenschaften der bekanntesten Familien von 2D Materialien
  - Nanofabrikation- und Präparationsmethoden die für 2D Materialien geeignet sind;
  - Nanoanalytical Methoden die insbesondere für die Untersuchung von 2D Materialien geeignet sind. Dabei enthalten sind Visibilitätskontrast, Ellipsometrie, Rasterkraft- und Rastertunnemikroskopie als auch Röntgenspektroskopie;
  - Einführung in die Phononen und excitonischen Eigenschaften am Beispiel von Graphen und Übergangsmetalldichalcogenide (z.B. MoS<sub>2</sub>);
  - Diskussion über mögliche Anwendungen und Bauelemente von ausgewählten 2D Materialien in den Bereichen Elektronik, Sensorik, Opto-/elektronik, Photovoltaik und Katalyse;
  - Vertiefungsthemen um spezielle Eigenschaften von ausgewählten Materialien näher einzuführen:
1. Relativistische Ladungsträger, Klein Tunneln und Quanten Hall Effekt in Graphene und dessen Rolle für das neue internationale Einheitssystem;
  2. Quanten-Emitter;
  3. Vielteilchen- und Korrelations-Effekte wie moiré Exzitonen und die Bose-Einstein-Kondensation;

Zusätzlich werden die Studierenden in das Arbeiten mit ausgewählten Forschungsarbeiten in 'high-impact' Fachzeitschriften wie Science, Nature und weiterer Literatur zu 2D Materialien herangeführt.

**Lernergebnisse:**

Nach der erfolgreichen Teilnahme an dem Modul sind die Studierenden in der Lage:

1. Die unterschiedlichen Klassen von 2D Materialien zu verstehen und das Klassifizierungsschema auf weitere 2D Festkörper anzuwenden;

2. Die Methoden zur Präparation und Nanofabrikation von 2D Materialien zu verstehen und zu bewerten, welche Methoden für neuartige Materialien geeignet sind;
3. Die Methoden zur optischen und strukturellen Charakterisierung von 2D Materialien zu beschreiben, entsprechende Resultate, die in der Literatur gezeigt sind zu differenzieren und geeignete Untersuchungsmethoden für neuartige 2D Materialien zu evaluieren;
4. die Raman Spektren von ausgewählten 2D Materialien zu interpretieren;
5. Magnetotransport Phänomene wie Quanten Hall Effekt in Graphene und Transporteigenschaften in Topologischen Isolatoren zuzuordnen;
6. Absorptionsspektren, Exzitonische- und Spineigenschaften von Übergangsmetaldichalcogenide zu benennen und zu beurteilen;
7. Anwendungsbeispiele von 2D Materialien in den Bereichen Elektronik, Optoelektronik, Spintronik und solare Energieumwandlung zu benennen und zu beschreiben;
8. Die Inhalte von aktuellen wissenschaftlichen Publikationen, die in hochrangigen Fachzeitschriften zu ausgewählten Themen bzgl. 2D Materialien veröffentlicht sind, zu extrahieren und zu evaluieren;
9. die vorgestellten Materialien und Methoden im Hinblick auf die soziale Verantwortung und mögliche zukünftige Anwendungen in der Quantenwissenschaft und -technologie zu bewerten.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Das Modul besteht aus einer thematisch strukturierten Vorlesung. In dieser werden durch Vorträge die Lerninhalte präsentiert, dabei werden insbesondere mit Querverweisen zwischen verschiedenen Themen die universellen Konzepte der Physik aufgezeigt. Anknüpfungspunkte zur Aktuellen Forschungsaktivitäten werden durch das Einbinden und Diskutieren von aktuellen wissenschaftlichen Artikeln aus hochrangigen Fachzeitschriften realisiert. Die Studierenden werden motiviert sich aktiv an den Diskussionen zu den einzelnen Themen zu beteiligen, um das eigene Verständnis zur Thematik zu verbessern. In der Übung werden die Inhalte der Vorlesung anhand von aktuellen Publikationen weiter vertieft. Damit soll die Verwendung von aktuellen wissenschaftlichen Arbeiten eingeübt werden.

**Medienform:**

Powerpoint Präsentationen zusammen mit handschriftlichen Notizen mithilfe von Tablet-PC und Beamer ("e-chalk"); Ergänzende Literatur und wissenschaftliche Publikationen als PDF-Dateien; Die Materialien werden bis zum Abschluss der Wiederholungsprüfung zum Download zur Verfügung gestellt.

**Literatur:**

- P.Y. Yu & M. Cardona: Fundamentals of Semiconductors, Springer, (2010)

- A.K. Geim & I.V. Grigorieva: Van der Waals Heterostructures, Nature 499, 419-425, (2013)

**Modulverantwortliche(r):**

Holleitner, Alexander; 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

### PH2189: Halbleitersynthese und Nanoanalytik | Semiconductor Synthesis and Nanoanalytics

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2024/25

<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:

Es findet eine mündliche Prüfung von 25 Minuten Dauer statt. Darin wird das Erreichen der im Abschnitt Lernergebnisse dargestellten Kompetenzen mindestens in der dort angegebenen Erkenntnisstufe exemplarisch durch Verständnisfragen und Beispielrechnungen überprüft.

Prüfungsaufgabe könnte beispielsweise sein:

- Describe of the potential distribution and plasma composition across a DC glow discharge
- What are the energetic considerations that define the stability regions for the three major film growth modes?
- Explain the major extended defect types in epitaxial thin films and the consequences they can have on optoelectronic properties of the resulting materials.
- Describe the different steps associated with an atomic layer deposition cycle and explain the different factors that affect growth rate.
- Describe and explain the electronic transitions associated with different X-ray and electron spectroscopies
- Explain the selection rules for vibrational spectroscopies and provide examples of active and inactive modes
- Explain what the experimentalist can learn from different X-ray diffraction modes and geometries
- Describe the different radiative and non-radiative recombination mechanisms in a semiconductor

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Semesterende

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

keine Voraussetzungen, die über die Zulassung zum Physik-Masterstudium hinausgehen.

**Inhalt:**

Diese MSc-Vorlesung konzentriert sich auf fortgeschrittene Methoden zur Synthese von Halbleiter-Dünnschichten und zur Charakterisierung ihrer Eigenschaften. Eine breite Palette moderner technologischer Vorrichtungen basiert auf Dünnschicht-Halbleitern, die über eine kontrollierte Zusammensetzung, Struktur und nanoskalige Morphologie verfügen. Dieses Modul führt die Studierenden in die physikalischen Prinzipien und die experimentelle Umsetzung der wichtigsten Methoden ein, die heute zur Abscheidung und Charakterisierung solcher Materialien eingesetzt werden.

In der ersten Hälfte des Semesters werden die folgenden Depositionsmethoden ausführlich behandelt:

- Molekularstrahlepitaxie (MBE)
- Reaktives Sputtern
- Chemische Gasphasenabscheidung (CVD)
- Atomschichtabscheidung (ALD)

Energetische und kinetische Überlegungen im Zusammenhang mit verschiedenen Wachstumsmodi werden vorgestellt. Auf dem Weg dorthin werden die Physik der Plasmen für die Halbleitersynthese; Hochvakuumtechnologien und Gasabgabesysteme; Keimbildung, Wachstum, Stamm und Oberflächendiffusion; sowie die oberflächenchemische Reaktionskinetik diskutiert.

In der zweiten Semesterhälfte werden die folgenden nanoanalytischen Methoden konkret vorgestellt:

- Bildgebende Verfahren: Elektronenmikroskopie, Raster-Sonden-Mikroskopie, KPFM
- Methoden zur Strukturcharakterisierung: XRD, LEED, RHEED
- Chemische Analyse: XPS, AES, EDX, SIMS
- Schwingungsspektroskopie: Fourier-Transformations-Infrarotspektroskopie, Ramanspektroskopie
- Optische Spektroskopie: Variabler Winkel spektroskopische Ellipsometrie, Absorptionsspektroskopie, Photolumineszenzspektroskopie
- Elektronische Transportmessungen

**Lernergebnisse:**

Nach erfolgreichem Abschluss dieses Moduls verfügen die Studierenden über Grundkenntnisse aller diskutierten Synthese- und Nanoanalysemethoden, einschließlich ihrer physikalischen Grundlagen und ihrer modernsten experimentellen Umsetzung. Dadurch erhalten sie das notwendige Wissen, um diese Methoden in ihrem späteren Studium (z.B. Bachelor- oder Masterarbeiten) effektiv einzusetzen und die erzielten experimentellen Ergebnisse richtig und kritisch zu interpretieren. Nach erfolgreichem Abschluss dieses Moduls ist der Student in der Lage: Insbesondere sind die Studierenden in der Lage:

- die wichtigsten Vorteile, Einschränkungen und Eigenschaften der verschiedenen Synthesemethoden in Bezug auf die wichtigsten Halbleitereigenschaften zu verstehen.
- Beschreibung der modernen Implementierungen der einzelnen Synthesemethoden
- die Physik der plasmaunterstützten Synthesen zu verstehen.
- zu verstehen, wie wichtige experimentelle Parameter (z.B. Temperatur, Druck, Fluss, Vorspannung) die Wachstumsmodi und -eigenschaften von Halbleiterschichten und Nanostrukturen beeinflussen.

- die physikalischen Grundlagen, die gewonnenen Schlüsselinformationen und den Stand der Technik der behandelten nanoanalytischen Methoden zu beschreiben.
- experimentelle Ergebnisse richtig und kritisch interpretieren
- die physikalischen Prinzipien und Wechselwirkungen zu erklären, auf denen jede experimentelle Methode basiert.
- erkennen, wie sich verschiedene Methoden gegenseitig ergänzen
- Beschreiben Sie die Grenzen verschiedener Methoden in Bezug auf Empfindlichkeit, Auflösung und Auswirkungen auf untersuchte Proben.

**Lehr- und Lernmethoden:**

**Medienform:**

**Literatur:**

**Modulverantwortliche(r):**

Sharp, Ian; 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

### PH2201: Energie-Materialien 1 | Energy Materials 1

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2025/26

<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> 120	<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:

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Semesterende

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

#### Inhalt:

The aim of this module is to provide students with a broad overview over functional materials currently employed or investigated for the energy provision, conversion and storage. Rather than dealing with the physical and chemical basics of energy conversion and storage, the module will focus on the many diverse materials used in this field and explain their important properties in terms of specific functionality and quantitative figures of merit.

Content:

- Fuels: energy content, production, price, sustainability
- Materials for energy conversion
- Materials for fuel cells (membranes, anodes, cathodes, catalysts)
- Photovoltaic materials (semiconductors, thin films, materials for sensitization)
- Photocatalytic materials
- Materials for energy storage: batteries, supercapacitors
- Environmental aspects: availability, recycling and life-cycle assessment of energy materials.

#### Lernergebnisse:

After successful completion of this module, the students are able to:

- identify the most important materials in the field of energy science

- explain the working principles of energy conversion and storage devices (batteries, fuel cells, solar cells supercapacitors etc)
- name factors which determine the performance of functional materials for these devices
- analyse and evaluate pros and cons for future viability of functional materials for energy provision, conversion and storage

**Lehr- und Lernmethoden:**

Lectures, seminars (master students), presentations

The students are supposed to read literature, which is provided in the lecture slides and TUM Moodle system, as there are no exercise classes attributed to these lectures.

The students can however visit complimentary seminars on Energy Materials 1 after the lectures.

**Medienform:**

- PowerPoint presentations with incorporated animations.
- interactive discussions and explanations using the black board.
- lecture PDFs with the links to the relevant literature are available before and after the lecture in TUM Moodle.
- Key literature including relevant journal publications are available at TUM Moodle in the sections corresponding to the particular lectures

**Literatur:**

- B. Dunn, H. Kamath, J.M. Tarascon: Electrical Energy Storage for the Grid: A Battery of Choices, Science (2011), 334 (6058), 928-935.
- P.C. Vesborg, T.F. Jaramillo: Addressing the Terawatt Challenge: Scalability in the Supply of Chemical Elements for Renewable Energy, RSC Adv. (2012), 2 (21), 7933-7947.

The literature to this lecture is based on the scientific research articles referred to in the lecture slides and partly available at TUM Moodle in the sections corresponding to the particular lectures.

**Modulverantwortliche(r):**

Bandarenka, Aliaksandr; Prof. Dr.

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

Energie-Materialien 1 (Vorlesung, 2 SWS)

Bandarenka A

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

## Modulbeschreibung

### PH2291: Optische Spektroskopie von Halbleiter-Nanomaterialien und Nanostrukturen | Optical Spectroscopy of Semiconductor Nanomaterials and Nanostructures

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2025/26

<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:

##### Wiederholungsmöglichkeit:

Semesterende

##### (Empfohlene) Voraussetzungen:

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

##### Inhalt:

##### Lernergebnisse:

##### Lehr- und Lernmethoden:

In der thematisch strukturierten Vorlesung werden die Lerninhalte präsentiert, dabei werden insbesondere mit Querverweisen zwischen verschiedenen Themen die universellen Konzepte der Physik aufgezeigt. In wissenschaftlichen Diskussionen werden die Studierenden mit einbezogen und das eigene analytisch-physikalische Denkvermögen gefördert.

In der Übung werden anhand von Problembeispielen und (Rechen-)Aufgaben die Lerninhalte vertieft und eingeübt, sodass die Studierenden das Gelernte selbständig erklären und anwenden können.

**Medienform:**

**Literatur:**

**Modulverantwortliche(r):**

Finley, Jonathan; Prof. Ph.D.

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

Optische Spektroskopie von Halbleiter-Nanomaterialien und Nanostrukturen (Vorlesung, 2 SWS)

Finley J ( Blundo E )

Übung zu Optische Spektroskopie von Halbleiter-Nanomaterialien und Nanostrukturen (Übung, 1 SWS)

Finley J [L]

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

## E1\_UQaMM: Uncertainty Quantification and Mathematical Modeling (Electives I) | Uncertainty Quantification and Mathematical Modeling (Electives I)

### Modulbeschreibung

#### ED010002: Recognized Modules | Recognized Modules

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2024

<b>Modulniveau:</b>	<b>Sprache:</b>	<b>Semesterdauer:</b>	<b>Häufigkeit:</b>
<b>Credits:*</b> 5	<b>Gesamtstunden:</b>	<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:

#### Wiederholungsmöglichkeit:

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

#### Inhalt:

#### Lernergebnisse:

#### Lehr- und Lernmethoden:

#### Medienform:

#### Literatur:

**Modulverantwortliche(r):**

**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

### BGU60020: Risikoanalyse | Risk Analysis [RA]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2019/20

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester
<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:

The module examination consists of a Klausur (duration 90 min).

With the exam the students prove that they are able to reflect and reproduce the contents of the modul. Also the Students demonstrate that they are able to describe and reflect important theories. Throughout the semester, students are given tasks based on the lectures, as well as homework and exercises to continuously check their level of knowledge.

All study materials, literature and simple scientific calculators are permitted as aids in the exam.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

The module will assume a basic knowledge of probability concepts such as random variables and their description (e.g., through completion of the BSc module "Zuverlässigkeit und Lastannahmen"). Basic Matlab knowledge is an advantage but not required (an introduction will be given).

#### Inhalt:

1. Introduction, Data analysis using Matlab
2. Probability theory
3. Random variables
4. Parameter estimation
5. Probabilistic modeling of systems
6. Discrete probability models in engineering
7. Continuous probability models in engineering
8. Multivariate probability models

9. Functions of random variables
10. Monte Carlo simulation
11. Extreme value distributions
12. Random processes
13. Outlook

**Lernergebnisse:**

Upon successful completion of this module, students are able understand concepts of uncertainty and information. Students will gain a profound toolbox for analyzing engineering problems subject to uncertainty and randomness. At the end of the course, students are able to:

- Know when to apply probabilistic methods and risk analysis
- Use the appropriate probabilistic model for individual and groups of variables
- interpret data analysis (statistics) using Matlab
- Apply Bayes rule for information updating
- Analyze the reliability of systems with statistically dependent elements
- use functions of random variables
- create stochastic process models
- Interpret the quality of a probabilistic analysis

**Lehr- und Lernmethoden:**

The module consist of weekly lectures and integrated exercises from the fields of civil, environmental, structural, and mechanical and transportation engineering.

Lectures will be given on the blackboard, including selected illustrations. Case studies should help the understanding of the problems. The lecture notes in PDF form will be distributed at the beginning of the semester.

Simple examples for hand-calculation will be provided and more realistic examples will be carried out using Matlab in the computer facilities of the department.

Short tests (15min) will be carried out during the semester, which serve to self-assess the learning success of students.

**Medienform:**

- Lectures with blackboard supported by PowerPoint
- Exercises, partly using Matlab (which is available to all TUM students)
- Lecture notes including theory and examples
- Short tests
- 2 homework examples

**Literatur:**

Lecture notes will be distributed. The following books provide useful supplemental material:

- Kottegod, N. T., and R. Rosso (2008), Applied statistics for civil and environmental engineers, Blackwell, Oxford.
- Ang, A. H.-S., and Tang, W. H. (2006). Probability Concepts in Engineering: Emphasis on Applications to Civil and Environmental Engineering, Wiley, New York.

- Benjamin, J. R., and C.A., C. (1970). Probability, Statistics and Decision for Civil Engineers, McGraw-Hill, New York.
- Bedford, T., and Cooke, R. (2001). Probabilistic risk analysis: foundations and methods, Cambridge University Press.

**Modulverantwortliche(r):**

Herr Prof. Dr. sc. Tech. Daniel Straub [straub@tum.de](mailto:straub@tum.de)

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

Risikoanalyse (Vorlesung mit integrierten Übungen, 4 SWS)

Straub D [L], Straub D, Teichgräber P

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

## Modulbeschreibung

### **BV330003: Computational Plasticity | Computational Plasticity [Bau-CompPlas]**

*Numerik der Plastizitätstheorie*

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2020

<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 Modulleistung wird in Form einer 60-minütigen Klausur (ohne Hilfsmittel) erbracht. Mit der Klausur weisen die Studierenden nach, dass sie die verschiedenen Modelle und numerischen Ansätze zur Berechnung von Plastizitätsvorgängen einschließlich ihrer Herleitungen und der damit verbundenen Annahmen verstanden haben und anwenden können. Ferner zeigen die Studierenden, dass sie die algorithmische Umsetzung dieser Phänomene beschreiben und beurteilen können.

#### **Wiederholungsmöglichkeit:**

Folgesemester

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

Kenntnisse der Materialmechanik und –modellierung (z.B. Computational Material Modelling 1), der Finite-Element-Methoden und der Kontinuumsmechanik

#### **Inhalt:**

- Mathematische Grundlagen für die Plastizitätsmodellierung (ein- und mehrdimensional),
- Plastizitätsmodelle unter der Annahme kleiner Dehnungen (z.B. J2-Plastizität),
- Algorithmische Verfahren zur Behandlung von Fließkriterien, Verfestigungsgesetzen und plastischen Fließregeln,
- Assoziative und nicht-assoziative Plastizität,
- Return mapping algorithm (RMA);
- Plastizität unter der Annahme endlicher Dehnungen,
- Rechnerische und algorithmische Behandlung der Viskoplastizität,
- Limit Analysis für dynamische und statische Probleme.

### **Lernergebnisse:**

Nach erfolgreicher Teilnahme am Modul sind die Studierenden in der Lage, die prinzipiellen Methoden und Algorithmen zur Berechnung von Plastizitätsvorgängen zu verstehen und problembezogen korrekt anzuwenden. Im Einzelnen bedeutet dies, sie können:

- die wichtigsten Aspekte und Modelle der mathematischen und mechanischen Beschreibung der Plastizität erinnern,
- die zugrundeliegenden Annahmen und Vereinfachungen verstehen,
- die entsprechenden Modelle und Methoden im Bereich der SSP (small-strain plasticity) richtig anwenden,
- die Methoden der FSP (finite strain plasticity) richtig anwenden,
- die vereinfachten Ansätze zur Plastizität (Limit Analysis) für statische und dynamische Fälle korrekt anwenden,
- zugehörige Algorithmen (z.B. Return-Mapping-Algorithmus) analysieren,
- die Implementierung in verschiedenen Software-Programmen bewerten,
- Flussdiagramme und Pseudo-Codes für die Plastizitätsalgorithmen entwickeln.

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

Das Modul besteht aus einer Vorlesung. In der Vorlesung werden die Inhalte des Moduls durch kleine Anwendungsbeispiele bezüglich des plastischen Verhaltens typischer Materialien und der zugehörigen algorithmischen Implementierung (Pseudo-codes) veranschaulicht sowie durch die offene Diskussion mit den Studierenden vertieft. Die Studierenden werden während der Vorlesung motiviert, die besprochenen Themen durch Fachliteratur und eigenständige Studien selbständig zu erweitern. Durch Software-Demonstrationen (z.B. mit Python) werden weitere praktische Aspekte aufgezeigt.

### **Medienform:**

PowerPoint, Video, Tafelarbeit, Software-Demonstrationen

### **Literatur:**

E.A. de Souza Neto, D. Peric, and D.R.J Owen: Computational Methods for Plasticity – Theory and Applications. Wiley, 2008.

F. Dunne and N. Petrinic: Introduction to Computational Plasticity, Oxford Univ. Press, 2005.

J.C. Simo and T.J.R. Hughes: Computational Inelasticity, Springer, 2000.

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

Fabian Duddeck (duddeck@tum.de)

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

Computational Plasticity (Vorlesung, 2 SWS)

Duddeck F [L], Duddeck F ( Vargas Fajardo J )

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

## Modulbeschreibung

### **BV330004: Fracture & Damage | Fracture & Damage [Bau-Fracdam]** *Schädigungs- und Bruchmechanik*

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2020

<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 Modulleistung wird in Form einer 60-minütigen Klausur (ohne Hilfsmittel) erbracht. Mit der Klausur wird nachgewiesen, dass die Studierenden verschiedene Modelle der Schädigungs- und Bruchmechanik einschließlich ihrer Herleitung und der damit verbundenen Annahmen verstehen und anwenden können. Ferner wird überprüft, ob die numerische Modellierung dieser Phänomene mittels der Finite-Element-Methoden beschrieben und beurteilt werden kann.

#### **Wiederholungsmöglichkeit:**

Folgesemester

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

Kenntnisse der Materialmechanik und –modellierung (z.B. Computational Material Modelling 1) sowie der Finite-Element-Methoden

#### **Inhalt:**

- Isotrope und anisotrope Schädigungsmechanik
- Schädigungsmodelle für spröde und duktile Materialien
- Schädigungsmodelle für Ermüdung und Kriechen
- LEFM mit K-Faktoren, Griffithkriterien, J-Integral
- EPFM mit Modellierungen nach Dugdale, Irwin, J-Integral, HRR
- Finite-Element-Methoden für die Bruchmechanik
- Beispiele aus Fachliteratur und Softwareprogrammen zur Schädigungs- und Bruchmechanik

#### **Lernergebnisse:**

Nach erfolgreicher Teilnahme am Modul sind die Studierenden in der Lage, die prinzipiellen Methoden zur numerischen Modellierung von Problemen der Schädigungs- und Bruchmechanik zu verstehen und problembezogen korrekt anzuwenden. Im Einzelnen bedeutet dies, sie können:

- die wichtigsten Modelle der Schädigungs- und Bruchmechanik erinnern,
- die zugrundeliegenden Annahmen und Vereinfachungen verstehen,
- die Methoden der Kontinuumsmechanik zur Schädigungsmodellierung richtig anwenden,
- die korrekten Modelle für Probleme der LEFM (Linear Elastic Fracture Mechanics) und der EPFM (Elasto-Plastic Fracture Mechanics) anwenden,
- die mechanischen Modelle im zugehörigen Kontext analysieren,
- die zugehörige Fachliteratur bewerten,
- die Implementierung in verschiedenen Software-Programmen bewerten.
- den problemspezifisch besten Kompromiss entwickeln zwischen Komplexität des Modells und numerischer Effizienz der Modellierung.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Das Modul besteht aus einer Vorlesung. In der Vorlesung werden die Inhalte des Moduls durch kleine analytische und numerische Anwendungsbeispiele zur Schädigungs- und Bruchmechanik veranschaulicht und durch eine offene Diskussion mit den Studierenden vertieft. Die Studierenden werden während der Vorlesung motiviert, die besprochenen Themen durch Fachliteratur und Industriebeispiele selbständig zu erweitern.

**Medienform:**

PowerPoint, Video, Tafelarbeit.

**Literatur:**

Jean Lemaitre and Rodrigue Desmorat: Engineering Damage Mechanics - Ductile, Creep, Fatigue and Brittle Failures. Springer 2005.

Dietmar Gross and Thomas Seelig: Fracture Mechanics: With an Introduction to Micromechanics. Springer 2011.

**Modulverantwortliche(r):**

Fabian Duddeck (duddeck@tum.de)

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

Damage and Fracture (Vorlesung, 2 SWS)

Duddeck F [L], Duddeck F ( Vargas Fajardo J )

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

## Modulbeschreibung

### BV600001: Risikoanalyse | Risk Analysis [RA1]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2021

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester
<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:

The module examination consists of a Klausur (duration 90 min).

With the exam the students prove that they are able to reflect and reproduce the contents of the modul. Also the Students demonstrate that they are able to describe and reflect important theories. Throughout the semester, students are given tasks based on the lectures, as well as homework and exercises to continuously check their level of knowledge.

All study materials, literature and simple scientific calculators are permitted as aids in the exam.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

The module will assume a basic knowledge of probability concepts such as random variables and their description (e.g., through completion of the BSc course "Zuverlässigkeit und Lastannahmen") [Modulnumber BV600003]. Basic Matlab knowledge is an advantage but not required (an introduction will be given).

#### Inhalt:

1. Introduction, Data analysis using Matlab
2. Probability theory
3. Random variables
4. Parameter estimation
5. Probabilistic modeling of systems
6. Discrete probability models in engineering
7. Continuous probability models in engineering
8. Multivariate probability models

9. Functions of random variables
10. Monte Carlo simulation
11. Extreme value distributions
12. Random processes
13. Outlook

**Lernergebnisse:**

After participation in the module students are able to understand concepts of uncertainty and information. Students gain a profound toolbox for analyzing engineering problems subject to uncertainty and randomness. At the end of the module, students are able to:

- Know when to apply probabilistic methods and risk analysis
- Use the appropriate probabilistic model for individual and groups of variables
- interpret data analysis (statistics) using Matlab
- Apply Bayes rule for information updating
- Analyze the reliability of systems with statistically dependent elements
- use functions of random variables
- create stochastic process models
- Interpret the quality of a probabilistic analysis

**Lehr- und Lernmethoden:**

The module consist of weekly lectures with integrated exercises from the fields of civil, environmental, structural, and mechanical and transportation engineering.

Lectures will be given on the blackboard, including selected illustrations. Case studies should help the understanding of the problems. The lecture notes in PDF form will be distributed at the beginning of the semester.

Simple examples for hand-calculation will be provided within the lectures and more realistic examples will be carried out using Matlab in the computer facilities of the department.

Short tests (15min) will be carried out during the semester, which serve to self-assess the learning success of students.

**Medienform:**

- Lectures with blackboard supported by PowerPoint
- Exercises, partly using Matlab (which is available to all TUM students)
- Lecture notes including theory and examples
- Short tests
- 2 homework examples

**Literatur:**

Lecture notes will be distributed. The following books provide useful supplemental material:

- Kottegod, N. T., and R. Rosso (2008), Applied statistics for civil and environmental engineers, Blackwell, Oxford.
- Ang, A. H.-S., and Tang, W. H. (2006). Probability Concepts in Engineering: Emphasis on Applications to Civil and Environmental Engineering, Wiley, New York.

- Benjamin, J. R., and C.A., C. (1970). Probability, Statistics and Decision for Civil Engineers, McGraw-Hill, New York.
- Bedford, T., and Cooke, R. (2001). Probabilistic risk analysis: foundations and methods, Cambridge University Press.

**Modulverantwortliche(r):**

Herr Prof. Dr. sc. Tech. Daniel Straub [straub@tum.de](mailto:straub@tum.de)

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

Risikoanalyse (Vorlesung mit integrierten Übungen, 4 SWS)

Straub D [L], Straub D, Teichgräber P

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

## Modulbeschreibung

### CH3333: Fortgeschrittene elektronische Struktur | Advanced Electronic Structure

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2023/24

<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 Modulprüfung besteht aus einer mündlichen Prüfung (Dauer: 30 Minuten) in der die Studierenden verschiedene theoretische Ansätze der Elektronenstrukturtheorie erinnern und ihre jeweiligen Anwendungsbereiche benennen sollen. Es müssen einfache Probleme durch Berechnung ohne Hilfsmittel gelöst werden.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Die Module Mathematische Methoden der Chemie (CH0105, CH0112), Quantenmechanik (CH4108), und Molekulare Struktur and Statistische Mechanik (CH4113) aus dem TUM Chemie Bachelorstudium.

#### Inhalt:

1. Einführung des Konzeptes der Potentialenergiefläche (PES)
2. Wichtige aktuelle PES Techniken
  - 2.a klassische Kraftfelder
  - 2.b Semi-empirische Methoden
  - 2.c Hartree-Fock Theorie
  - 2.d Korrelierte Wellenfunktionstechniken
  - 2.e Dichtefunktionaltheorie (DFT)
3. Technische Aspekte
  - 3.a Basissätze
  - 3.b Numerische Parameter und Konvergenz
4. Electronsch angeregte Zustände

**Lernergebnisse:**

Nach der erfolgreichen Teilnahme an diesem Modul können die Studierenden grundlegende Elektronenstrukturmethoden aufzählen und deren Konzepte qualitativ beschreiben.

Sie kennen deren Anwendungsbereiche und Beiträge zur Untersuchung chemischer Fragestellungen.

Sie können die Anwendbarkeit und Einschränkungen der verschiedenen Techniken klassifizieren.

Sie können die erlernten Methoden zur Lösung einfacher Elektronenstrukturprobleme selbst einsetzen.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Das Modul besteht aus einer Vorlesung mit begleitenden Übungen. Die Anwesenheitszeit in der Vorlesung und den Übungen ist von vergleichbarem Umfang, um die Aneignung von konzeptionellem Wissen mit der praktischer Fähigkeiten gleichmäßig zu gewichten. Der in thematische Blöcke gegliederte Lehrstoff wird jeweils in der Vorlesung durch Frontalvortrag vermittelt. Die Studierenden vertiefen ihr Verständnis durch angeleitetes Selbststudium. Praktische Übungsaufgaben gestatten es den Studierenden, ihr Kompetenzniveau selbst einzuschätzen, ihr erworbenes Wissen gemeinsam zur Lösung von Beispielproblemen einzusetzen, sowie direktes Feedback zu erhalten.

**Medienform:**

Vorlesungsskript, Aufgabensammlung, Tafelanschrieb, PowerPoint.

**Literatur:**

- 1) C.J. Cramers, Essentials of Computational Chemistry
- 2) F. Jensen, Introduction to Computational Chemistry
- 3) E. Lewars, Computational Chemistry
- 4) W. Koch, M. C. Holthausen, A Chemist's guide to DFT

**Modulverantwortliche(r):**

Stein, Christopher; Prof. Dr.

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

Advanced Electronic Structure (CH3333) (Vorlesung mit integrierten Übungen, 4 SWS)

Stein C

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

## Modulbeschreibung

### ED130005: Probabilistische Ersatzmodellierung | Uncertainty Quantification with Surrogate Models

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2021/22

<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> 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:

Students will be assigned individual graded coding projects related to one of the lecture topics at the end of the semester. In particular, students will be asked to implement one of the methods discussed in lecture and use this implementation to solve an engineering problem. The grading will be based both on a project report (80%) as well as a short oral presentation of the work (20%). During the semester, bi-weekly problem sets will be distributed. Completing handed-in problem sets with at least 70% of the total points earns students a grade bonus of 0.3 on the final grade (1 problem set may be skipped or if all problem sets are handed in, the lowest-graded will be dropped).

#### Wiederholungsmöglichkeit:

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

This course requires basic knowledge of probabilistic modelling, e.g., through successful participation in one or several of the following courses offered by ERA: Risk Analysis, Stochastic Finite Element Methods, Estimation of Rare Events and Failure Probabilities.

Further, a good command of either Matlab or Python is beneficial.

#### Inhalt:

1. Introduction to UQ, motivation for surrogate modelling
2. Linear regression
3. Experimental design
4. Uncertainty propagation with surrogate models
5. Polynomial chaos expansions
6. Variance-based sensitivity analysis
7. Gaussian process regression

8. Reliability analysis with surrogate models
9. Support vector machines
10. Neural networks

**Lernergebnisse:**

This course aims at familiarising students with different approaches to probabilistic surrogate modelling and its uses for solving problems in the uncertainty quantification disciplines of uncertainty propagation, probabilistic sensitivity analysis and reliability analysis. After having completed this course, students should:

- understand the surrogate modelling process consisting of experimental design, computation and validation
- have acquired an in-depth knowledge of the covered surrogate modelling approaches for UQ: regression, polynomial chaos expansions, Gaussian process regression, support vector machines and neural networks
- know how to assess the accuracy of surrogate models and how to improve the experimental design with regard to the prediction target
- understand the strengths and weaknesses of the covered surrogate modelling approaches for the different UQ disciplines
- Implement the discussed methods in Matlab or Python

**Lehr- und Lernmethoden:**

The course consists of weekly lectures. Lectures will be given on the black/whiteboard, along with slide presentations and code demonstrations. Whiteboard lectures are used to convey theoretical concepts and derivations at an appropriate pace. Slide presentations and code demonstrations serve to illustrate applications and demonstrate how to move from theory to practice when implementing the taught approaches.

**Medienform:**

- Lectures with blackboard supported by slides
- Exercise sheets
- Matlab code examples

**Literatur:**

References and selected materials will be provided

**Modulverantwortliche(r):**

Max Ehre

**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

### ED160034: Kunststoffcharakterisierung und -analyse | Analysis and Testing of Plastics [AToP]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2024

<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 Modulprüfung erfolgt in Form einer schriftlichen oder, mit vorheriger Ankündigung, als mündliche Klausur basierend auf Inhalten der Vorlesung, des praktischen Teils sowie aus Teilen des Selbststudiums. Die Klausur beurteilt ob die Studierenden das Kurrikulum zu einem zufriedenstellenden Niveau beherrschen. Die Bearbeitungsdauer der Klausur ist 60 Minuten. Es ist nur ein nicht programmierbarer Taschenrechner als Hilfsmittel erlaubt. Die Klausur besteht sowohl aus Wissensfragen als auch aus Anwendungsaufgaben.

Die Klausur beurteilt ob

- die Studierenden die physikalischen und chemischen Grundprinzipien der Analysemethoden verstehen sowie die Relevanz der Methoden für verschiedene Branchen und Anwendungsbereiche ableiten können.
- die Daten verschiedener Analysemethoden zu interpretieren und zu diskutieren, wie diese mit der Polymerstruktur und -chemie verknüpft sind.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

keine

#### Inhalt:

Die Vorlesung vermittelt ein vertieftes Verständnis zu den unterschiedlichen Analysemethoden für Kunststoffe. Dabei werden die Bereiche

- Polymerklassen
- Thermische Analyse
- Kriechen und Relaxation
- Statische Mechanische Analyse

- Dynamische Analyse
- Rheologische Analyse
- Flammeigenschaften
- Alterung
- Schadensanalyse
- Recycling von Kunststoffen

hinsichtlich deren chemischen und physikalischen Grundprinzipien sowie deren Anwendungsbereiche analysiert. Beginnend vom Messprinzip inklusive physikalischer und chemischer Wirkmechanismen, über den Anlagenaufbau und die Probenpräparation, bis hin zur Interpretation von experimentellen Ergebnissen. Ergänzt werden die Vorlesungsinhalte durch die Grundlagen für die softwarebasierte Vorhersage von Vernetzungsreaktionen, die auf Kinetik-Modellen basieren. Anhand konkreter Anwendungen in unterschiedlichen Branchen & Verfahren wird das grundlegende Wissen vertieft und Anwendungskriterien abgeleitet.

### **Lernergebnisse:**

Nach der Teilnahme an dem Modul haben die Studierenden ein breites Verständnis von verschiedenen Analysemethoden von Kunststoffen und verstehen wie diese Methoden funktionieren. Nach Absolvieren des Moduls, sind Studierende in der Lage:

- Kunststoffeigenschaften aus den Analysen zu bestimmen und zu bestehen, wie die Analysemethoden funktionieren.
- zwischen verschiedenen Polymerklassen zu unterscheiden sowie deren charakteristischen Eigenschaften zu benennen.
- die fundamentalen Mechanismen der wichtigsten Analysemethoden zu erkennen und deren Wichtigkeit für verschiedene Branchen oder Anwendungen darzustellen.
- verschiedene Kunststoffe durch Anwendung der Analysemethoden zu erkennen.
- Für die jeweilige Anwendung bzw. Fragestellung das geeignete Analyseverfahren ableiten sowie umgekehrt, durch die durchgeführten Analysen, Vorschläge für die Anwendung von verschiedenen Kunststoffen treffen.

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

Das Modul besteht aus mehreren Vorlesungseinheiten, Laborübungen und Selbststudien (Hausübungen), die einander komplementieren. In der Vorlesung wird zunächst ein Überblick über Kunststoffe, deren Aufbau und Einteilung sowie deren charakteristischen Eigenschaften gegeben. Der Schwerpunkt liegt dann auf den Grundlagen von verschiedenen Analysemethoden von Kunststoffen, die anhand von Vortrag, Präsentation und Praxisbeispielen erklärt werden. Die Vorlesungsunterlagen werden auf geeignete Weise zur Verfügung gestellt. Damit sollen die Studierenden lernen, die verschiedenen Analysemethoden für Kunststoffe zu verstehen. Die Möglichkeiten für Rückfragen sind gegeben. Die Studenten erlernen die fundamentalen Analysemethoden für unterschiedliche Anwendungsfälle zu unterscheiden und die Ergebnisse korrekt zu interpretieren.

### **Medienform:**

Vortrag, Präsentation, Tablet-PC mit Beamer

**Literatur:**

Tim Osswald, Natalie Rudolph, Polymer Rheology, Hanser, 2013, ISBN 978-1-56990-517-3

Ehrenstein, Gottfried & Riedel, Gabriela & Trawiel, Pia, Thermal Analysis of Plastics, 2004, ISBN 978-3-446-22340-0

Gebhardt, Andreas, and Jan-Steffen Hötter. Additive manufacturing: 3D printing for prototyping and manufacturing. Carl Hanser Verlag GmbH Co KG, 2016.

George Wypych, Handbook of Polymers, ChemTec Publishing, 2012, ISBN 978-1-895198-47-8

Kevin P. Menard. Dynamic Mechanical Analysis: A Practical Introduction, Second Edition (English Edition) 2nd Edition 2008, ISBN 978-1420053128

**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) oder [hier](#).

## Modulbeschreibung

### EI0671: Simulation elektromechanischer Aktoren | Simulation of Electromechanical Actuators

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2025

<b>Modulniveau:</b> Bachelor	<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 mündlichen Prüfung weisen die Studierenden durch die Bearbeitung von Fragen und Vorrechnen gegebener Problemstellungen nach, dass Sie die Techniken zur numerischen Integration sowie die Systemsimulation abrufen können.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Grundkenntnisse über elektrische Maschinen

Es wird empfohlen, ergänzend an folgenden Modulen teilzunehmen:

- Grundlagen elektrischer Maschinen (im Wintersemester)

#### Inhalt:

Grundzüge der Simulationstechnik (numerische Integration, kontinuierliche und diskontinuierliche Simulation). Modellbildung für Leistungshalbleiter in Stromrichterschaltungen. Aufbereitung der nichtlinearen Systemgleichungen elektromechanischer Energiewandler. Kopplung der Systemkomponenten. Dynamische Simulation energietechnischer Gesamtsysteme. Ein- und Zweimassenschwinger.

#### Lernergebnisse:

Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls kennen die Studierenden numerische Integration und die damit verbundenen Problemstellungen.

Darüber kennen sie die Vorgehensweise zur Modellierung einzelner Komponenten und Teilsysteme. Sie haben die Kopplung zu Gesamtsystemen sowie die Gesamtsystemsimulation verstanden.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Als Lernmethode wird zusätzlich zu den individuellen Methoden der Studierenden eine vertiefende Wissensbildung durch mehrmaliges Aufgabenrechnen in Übungen angestrebt.

Als Lehrmethode wird in den Vorlesungen und Übungen Frontalunterricht gehalten, in den Übungen auch Arbeitsunterricht (Aufgaben rechnen).

**Medienform:**

Folgende Medienformen finden Verwendung:

- Präsentationen
- Skript
- Übungsaufgaben mit Lösungen als Download im Internet

**Literatur:**

Folgende Literatur wird empfohlen:

- G. Opfer, Numerische Mathematik für Anfänger, Vieweg-Verlag
- Modellierung dynamischer Systeme, Oldenbourg

**Modulverantwortliche(r):**

Herzog, Hans-Georg; 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

### EI71055: Computational Materials Design | Computational Materials Design [CMD]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2022/23

<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> 75	<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 Modulprüfung besteht aus zwei Teilen:

- Projekte [Gewichtung 50%].
- Hausaufgaben [Gewichtung 50%].

Die praktische Anwendung von Machine Learning (ML) in den Materialwissenschaften wird mittels zweier vorlesungsbegleitender Projekte geprüft. In den Projekten werden die Studierenden verschiedene ML-Anwendungen in Python implementieren und die Qualität verschiedener ML-Modelle vergleichen. Die Implementierung und die Simulationsergebnisse werden in je einer Präsentation pro Projekt (~15 Minuten) präsentiert und mit den Kommilitonen:innen diskutiert. Zusätzlich wird es zwei Hausaufgaben geben. Hierbei werden die Studierenden verschiedene theoretische Konzepte des Machine Learning und der Datenwissenschaften erarbeiten und in einem ca. Zweiseitigen Aufsatz zusammenfassen.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Grundlagen der Programmierung, sowie grundlegende Kenntnisse der Festkörperphysik, Mathematik, Material- und Ingenieurwissenschaften.

- EI04024: Python for Engineering Data Analysis
- EI71066: Simulation of Semiconductor properties

#### Inhalt:

Es handelt sich um ein projektorientiertes Modul für Studierende eines Masterstudiengangs, die Schlüsselfertigkeiten im interdisziplinären Feld der Materialwissenschaften erwerben wollen. Der Kursschwerpunkte liegen auf (1) der Anwendung von Hochdurchsatzverfahren zur

Modellierung von Materialien und (2) datengestützten Methoden zur akkuraten Vorhersage von unterschiedlichen Materialeigenschaften mittels maschinellen Lernens.

Der Inhalt wird in vier Teile gegliedert:

- Einführung in Hochdurchsatzsimulationen und maschinelles Lernen (ML)
- Einführung in ML für Materialwissenschaften und zugehörige Datensätze sowie Featurisierung und Regressionsmethoden für Anwendungen aus den Materialwissenschaften.
- Implementierung und Optimierung von neuronalen Netzwerke (NN) sowie fortgeschrittene ML Methoden wie z.B. Graphnetzwerke (GNN) im Kontext der Materialwissenschaften.
- Einführung und Implementierung von Bayesschen neuronalen Netzwerken, physikalisch-informierten neuronalen Netzwerken und Kompositionstechniken.

### **Lernergebnisse:**

Nach der erfolgreichen Teilnahme an diesem Modul sind die Studierenden in der Lage

- Programme mittels Python zu entwickeln.
- grundlegende Analysen auf vorhandene Datensätzen anzuwenden.
- verschiedene Typen von Datensätzen in den Materialwissenschaften für maschinelles Lernen zu verstehen.
- wissenschaftliche Fragestellungen der Materialwissenschaften zu identifizieren, die mittels maschinellen Lernens gelöst werden können.
- die Güte eines Machine-Learning-Modelles zu beurteilen.
- unterschiedliche Methoden des maschinellen Lernens zu vergleichen.
- die Bedeutung und Notwendigkeit datengestützter Methoden und maschinellen Lernens zur Bestimmung von Materialeigenschaften zu verstehen.

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

Das Modul besteht aus wöchentlichen Vorlesungen und Übungen.

In den Vorlesungen werden die Modulhalte von einem Dozenten vorgetragen und anschließend mit den Studierenden diskutiert. Zur Visualisierung der Inhalte werden teilweise elektronische Präsentationen verwendet.

In den Übungen sammeln die Studierenden praktische Erfahrungen in der Anwendung von Python im Kontext des maschinellen Lernens. Des Weiteren lernen die Studierenden wie maschinelles Lernen zur Lösung von Problemstellungen in den Materialwissenschaften angewendet werden kann. Hierzu werden die allgemein anerkannten open-source Python Bibliotheken scikit-learn und PyTorch verwendet. Diese Softwarewerkzeuge werden von den Studierenden sowohl in den Übungen als auch zur Bearbeitung der Projektarbeiten verwendet.

### **Medienform:**

Die folgenden Unterlagen werden über die Moodle Plattform bereitgestellt:

- Präsentationen
- Python Codes und Beispiel-Datensätze

### **Literatur:**

- Y. Cheng, T. Wang, G. Zhang: "Artificial Intelligence for Materials Science", Springer, 2021

- A. Géron: "Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow", O'Reilly Media, Inc., 2019

**Modulverantwortliche(r):**

Gagliardi, Alessio; Prof. Dr. rer. nat.

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

Computational Materials Design (Vorlesung mit integrierten Übungen, 5 SWS)

Gagliardi A [L], Kouroudis I

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

## Modulbeschreibung

### IN2026: Wissenschaftliche Visualisierung | Scientific Visualization

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2015

<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:

The exam takes the form of a written test of 75 minutes. Questions allow to assess acquaintance with concepts and algorithms of scientific visualization and visual data analysis, and the application domains where visualization methods are used.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Semesterende

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

None.

#### Inhalt:

Visualization pipeline (data acquisition, filtering, display), information visualization vs. scientific visualization, grids and grid construction (Delaunay triangulation), interpolation in grids (inverse distance weighting, radial basis functions), discretization aspects, visualization of scalar fields (color coding, iso-contours and iso-surfaces, volume rendering, vector field visualization (particle-based visualization, line integral convolution, topological approaches), terrain rendering including adaptive meshing techniques and hierarchical data representations using quadtree and octrees.

#### Lernergebnisse:

After successful completion of the module, the students have gained advanced knowledge concerning the visualization pipeline, ranging from data acquisition to the final image of the data. This includes knowledge about the application specific data representations, data interpolation and approximation techniques for discrete data sets, data filtering techniques like convolution, as well as the final mapping stage to generate a renderable representation from the data. The students know the common methods which are used in information visualization to graphically depict abstract data, and in scientific visualization to graphically depict 2D and 3D scalar and vector fields, including isocontouring, direct volume rendering, flow visualization, and terrain rendering. They

can analyse and categorize available techniques in terms of quality, efficiency, and suitability for a particular data type, and they can model and develop new approaches considering application-specific requirements. In the practical exercises the student learn about the functionality of commonly used visualization tools, they can evaluate available tools based on their functionality, and they can apply these tools to create own visualizations of given data sets.

**Lehr- und Lernmethoden:**

The modul consists of the lecture and an accompanying practical exercise. In the lecture, the lecturer conveys to the students the area-specific knowledge, points towards relevant articles and encourages the students to read and put into relation the presented approaches, and gives examples demonstrating the application of these approaches. In the practical exercises, state-of-the-art tools for scientific visualization are demonstrated online. The students are introduced to these tools so that they can use them on their own. The students are supposed to apply some of the tools for the visualization of 3D data sets from a number of different application domains. They learn to differentiate common visualization techniques regarding the data modalities they are suited for. Small tasks using public domain visualization tools assess the ability to apply suitable visualization techniques to specific kinds of data and let the students become familiar with common visualization options.

**Medienform:**

Powerpoint course slides, white board exercises, online tutorials and demonstrations

**Literatur:**

Schumann, Müller: Visualisierung - Grundlagen und allgemeine Methoden, Springer Verlag  
C. Hansen, C. Johnson (Ed.): The handbook of Visualization, Academic Press

**Modulverantwortliche(r):**

Westermann, Rüdiger; Prof. Dr.

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

Visual Data Analytics (IN2026, IN8019) (Vorlesung mit integrierten Übungen, 4 SWS)  
Bukenberger D, Kehrer J, Niedermayr S, Weitz S, Westermann R  
Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de) oder [hier](#).

## Modulbeschreibung

### IN2124: Basic Mathematical Methods for Imaging and Visualization | Basic Mathematical Methods for Imaging and Visualization

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab 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> 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:

Prüfungsart: schriftliche Klausur

Die Prüfungsleistung wird in Form einer 75-minütigen schriftlichen Klausur erbracht, in der die Studierenden anhand der gestellten Aufgaben nachweisen, dass sie über Kenntnisse der grundlegenden mathematischen Methoden verfügen, und diese erfolgreich bei der Lösung von einfachen, abstrakten mathematischen Problemstellungen anwenden können. Ferner demonstrieren die Studierenden beim Lösen von Aufgaben mit Bezug zu konkreten Anwendungen in Image Processing und Computer Vision, dass sie Anwendungsprobleme mathematisch formulieren können, ihre mathematischen Eigenschaften analysieren können, und mit geeigneten Methoden lösen können.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Semesterende

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

IN0015 Diskrete Strukturen, IN0018 Diskrete Wahrscheinlichkeitstheorie, IN0019 Numerisches Programmieren, MA0901 Lineare Algebra für Informatik, MA0902 Analysis für Informatik

#### Inhalt:

Grundlegende, oft angewandte Techniken werden in der Vorlesung präsentiert und anhand von Anwendungen aus Image Processing und Computer Vision demonstriert. Dieselben mathematischen Methoden kommen aber auch in anderen Ingenieurs-Disziplinen wie Künstliche Intelligenz, Machine Learning, Computergrafik, Robotik etc. zum Einsatz.

Folgende Inhalte werden beispielhaft behandelt:

- Lineare Algebra

- ++ Vektorräume und Basen
- ++ Lineare Abbildungen und Matrizen
- ++ Lineare Gleichungssysteme, Lösen von linearen Gleichungssystemen
- ++ Methode der kleinsten Quadrate
- ++ Eigenwertprobleme und Singulärwertzerlegung
- Analysis
- ++ Metrische Räume und Topologie
- ++ Konvergenz, Kompaktheit
- ++ Stetigkeit und Differenzierbarkeit im Mehrdimensionalen, Taylor-Entwicklung
- Optimierung
- ++ Existenz und Eindeutigkeit von Minimierern, Identifikation von Minimierern
- ++ Gradientenabstieg, Conjugate Gradient
- ++ Newton-Verfahren, Fixpunktiterationen
- Wahrscheinlichkeitstheorie
- ++ Wahrscheinlichkeitsräume, Zufallsvariablen
- ++ Erwartungswert und bedingte Erwartung
- ++ Schätzer, Expectation Maximization Methode

In den Übungen gibt es die Möglichkeit für die Teilnehmer bei der Implementation oder Anwendung der Methoden zur Lösung von realen Problemstellungen ein tieferes Verständnis zu erlangen und praktische Erfahrung zu sammeln.

### **Lernergebnisse:**

Nach der erfolgreichen Teilnahme an diesem Modul verstehen die Teilnehmer die grundlegenden mathematischen Techniken und Methoden. Sie sind dann in der Lage, reale Aufgabenstellungen im Gebiet Imaging und Visualisierung zu formulieren sowie Methoden für die Problemlösung auszuwählen, zu optimieren und zu bewerten. Sie können diese Techniken und Methoden auch auf andere Ingenieurs-Disziplinen wie Künstliche Intelligenz, Machine Learning, Computergrafik, Robotik, etc. anwenden.

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

Das Modul besteht aus einer Vorlesung und einer begleitenden Übungsveranstaltung. Die Inhalte der Vorlesung werden im Vortrag und durch Präsentation mit Tafelanschrieb vermittelt. Studierende werden insbesondere durch die Lösung von Übungsblättern zur inhaltlichen Auseinandersetzung mit den Themen und ihren Anwendungen angeregt. Die Lösung der Übungsaufgaben wird in der Übungsveranstaltung besprochen.

### **Medienform:**

Folienpräsentation, Tafelanschrieb

### **Literatur:**

MATLAB

- Cleve Moler, first chapter of Numerical Computing with MATLAB, SIAM Linear Algebra
- Yousef Saad, Iterative Methods for Sparse Linear Systems, SIAM

- Lloyd N. Trefethen and David Bau, Numerical Linear Algebra, SIAM
- Gilbert Strang, Introduction to Linear Algebra, Wellesley-Cambridge Press Analysis
- Walter Rudin, Real and Complex Analysis, McGraw-Hill Optimization
- Ake Björck, Numerical Methods for Least Squares Problems, SIAM
- Jonathan Shewchuk, An Introduction to the Conjugate Gradient Method Without the Agonizing Pain
- Uri Ascher, A first course in numerical methods, SIAM Probability Theory
- Heinz Bauer, Measure and Integration Theory, deGruyter
- Sheldon Ross, Introduction to probability and statistics for engineers and scientists, Elsevier PDEs
- Lloyd Nick Trefethen , Finite Difference and Spectral Methods for Ordinary and Partial Differential Equations
- Cleve Moler, chapter 11 of Numerical Computing with MATLAB, SIAM

**Modulverantwortliche(r):**

Navab, Nassir; Prof. 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

### IN2182: Praktikum Scientific Computing (CSE) | Scientific Computing Lab

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2021/22

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester
<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:

Type of Assessment: exercise work.

Students submit code for 4-6 exercise sheets. By this code the students show that they can implement methods and algorithms appearing in scientific computing. Furthermore, participants show via the code submissions that they take care of the reproducibility of the achieved results; they demonstrate their ability of teamwork for the code submissions handed in for the whole team. By benchmarking their implementation they show that they can apply the respective algorithms and methods. For each worksheet of about 3-6 pages, a short discussion of about 20-30 min between the supervisors and the students takes place after an assignment is submitted and corrected. On an individual basis, students explain their implementation and the theoretical background of the implementation and show their capability of analyzing and interpret the underlying methods and the according properties.

The final grade is an averaged grade from the code submissions (50%) and the short discussions (50%).

#### Wiederholungsmöglichkeit:

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Basic skills in linear algebra and differential calculus.

#### Inhalt:

The lab course gives an application-oriented introduction to the following topics using the programming language MATLAB:

- simulation of discrete processes

- explicit and implicit single-step methods for ordinary differential equations
- numerical methods for stationary and non-stationary partial differential equations relying on finite-difference discretizations

### **Lernergebnisse:**

At the end of the module, students are able to apply important methods and algorithms of numerical programming and can implement these within a numerical programming environment. They have experience with the practical use of the respective techniques and tools and are able to recognize typical properties of numerical methods. Participants are able to work in small teams to design and implement software prototype solutions for the specified tasks. They are able to discuss and assess the correctness, reproducibility and reliability of their obtained results following established best practices of the scientific and general community.

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

This module consists of practical course and self-study time.

The theoretical contents of the module will be taught by talks and presentations by the supervisors. Students will be encouraged to study literature to get involved with the topics in depth and to discuss this in small teams of 2-3 students. Specific programming problems are posed as homework exercise, so students learn how to work on respective solutions. In these assignments the students implement numerical methods and algorithms, which frequently appear in the field of scientific computing. The students work on the assignments in the small groups and get, if necessary, advice by the supervisors during the computer lab session. The participants submit their solution and get feedback. A short discussion on topics of the assignment takes place between the supervisors and the students of each group after an assignment is submitted and corrected.

Overall, the joint discussion of scientific and methodological decisions plays an important role. The students should also learn to critically reflect on possible consequences and to articulate them in the group.

### **Medienform:**

Slides, whiteboard, exercise sheets

### **Literatur:**

- MATLAB - The Language of Technical Computing. <http://www.mathworks.com/products/matlab/>
- Boyce, DiPrima. Elementary Differential Equations and Boundary Value Problems. Wiley, 1992.
- Michael Hanke. Short Introduction to COMSOL Multiphysics. <http://www.nada.kth.se/kurser/kth/2D1266/femlabcrash.pdf>

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

Bungartz, Hans-Joachim; Prof. Dr. rer. nat. habil.

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

Praktikum Scientific Computing (CSE) (IN2182) (Praktikum, 6 SWS)  
Bungartz H [L], Cukarska A, Datar C, Kurapati V, Neckel T, Sievers F

CSE Primer (Scientific Computing (CSE) (IN2182) (Tutorium, 8 SWS)

Bungartz H [L], Gaddameedi K, Narvaez Rivas S

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

## Modulbeschreibung

### MA4803: Probabilistische Techniken und Algorithmen in der Datenanalyse | Probabilistic Techniques and Algorithms in Data Analysis

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2021

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester
<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:

Die Prüfung in schriftlicher Form (60 Minuten) verlangt von den Studierenden die präzise Formulierung von Definitionen, wesentlichen Hilfsmitteln für und Resultaten über randomisierte Techniken und Algorithmen für die Analyse von großen Datensätzen. Es wird erwartet, dass sie die vorgestellten Methoden mithilfe von probabilistischen Techniken wie bspw. der Theorie der Zufallsmatrizen mathematisch analysieren, ihre Eigenschaften bewerten und sie auf spezifische Beispiele anwenden können. Weiterhin sollen sie die Ergebnisse und Techniken übertragen, um Resultate ähnlicher Struktur zu beweisen.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Semesterende

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

MA1001 Analysis 1, MA1002 Analysis 2, MA1101 Linear Algebra 1, MA1102 Linear Algebra 2, MA1401 Einführung in die Wahrscheinlichkeitstheorie, MA2003 Maß- und Integrationstheorie, MA2409 Probability Theory. Suggested: MA4800 Foundations of Data Analysis, MA2504 Fundamentals of Convex Optimization

#### Inhalt:

1. Hilfsmittel aus der Wahrscheinlichkeitstheorie
  - a. Gaußsche Zufallsvariablen, Gaußsche Zufallsvektoren, Rotationsinvarianz
  - b. Bernoulli-/Rademacher-Zufallsvariablen
  - c. Subadditivitätsabschätzungen
  - d. Überdeckungsargumente
  - e. Konzentrationsungleichungen

- f. Grundlagen der Theorie von Zufallsmatrizen
- 2. Compressed sensing
  - a. Die Restricted-Isometry-Eigenschaft
  - b. Rekonstruktionsgarantien für L1 Minimierung
  - c. Rekonstruktionsgarantien für Algorithmen vom Greedy-Typ
  - d. Strukturierte Zufallsmatrizen
- 3. Verallgemeinerungen auf Matrizen und Tensoren
  - a. Niedrigrang-Matrixrekonstruktion
  - b. Matrixvervollständigung
  - c. Tensorrekonstruktion
- 4. Johnson-Lindenstrauss (JL)-Einbettungen
  - a. Matrizen mit unabhängigen Einträgen
  - b. Schnelle JL-Einbettungen
- 5. Randomisierte Algorithmen für die Datenanalyse
  - a. Randomisierte Matrixmultiplikation
  - b. Dünnbesetzte schnelle Fouriertransformation
- 6. Probabilistische Datenmodelle
  - a. Probabilistische Modelle für Clustering-Probleme
  - b. Zufallsunterraummodelle für die Entfaltung

**Lernergebnisse:**

Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls sind die Studierenden in der Lage, die fortgeschrittenen theoretischen Aspekte von Zufallsmatrizen zu verstehen und sie auf Dimensionsreduktion von Daten und der Wiederherstellung von Daten aus partiellen Informationen anzuwenden. Ferner können sie randomisierte Ansätze für die Reduktion der Komplexität der Analysis großer Datensätze analysieren und die Leistungsfähigkeit wichtiger randomisierter Algorithmen wie etwa der dünnbesetzten schnellen Fouriertransformation bewerten.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Das Modul besteht aus einer Vorlesung und einer begleitenden Übungsveranstaltung. In der Vorlesung werden mit Hilfe der Inhalte die entsprechenden Kompetenzen durch Vortrag und Diskussion vermittelt. Studierende sollen dabei zum Studium der Literatur und der inhaltlichen Auseinandersetzung mit den Themen angeregt werden. Die Kompetenzen werden anschließend in der Übung an Fallbeispielen oder Aufgaben erst angeleitet im Laufe des Semesters immer mehr selbstständig einzeln zum Teil auch in Kleingruppen geübt und erworben.

**Medienform:**

Die folgenden Medien werden verwendet:

- Tafel, Folien
- Übungsblätter

**Literatur:**

Foucart, Simon; Rauhut, Holger A mathematical introduction to compressive sensing. Applied and Numerical Harmonic Analysis. Birkhäuser/Springer, New York, 2013

Dasgupta, Sanjoy; Gupta, Anupam, "An elementary proof of a theorem of Johnson and Lindenstrauss", *Random Structures & Algorithms* 22 (1): 60–65, 2003

Krahmer, Felix; Ward, Rachel New and improved Johnson-Lindenstrauss embeddings via the restricted isometry property. *SIAM J. Math. Anal.* 43 (2011), no. 3, 1269–1281.

Anna Gilbert, Piotr Indyk, Mark Iwen, and Ludwig Schmidt, Recent Developments in the Sparse Fourier Transform, *IEEE Signal Processing Magazine*, Vol. 31, Issue 5, pages 91 -- 100, 2014.

Vershynin, Roman Introduction to the non-asymptotic analysis of random matrices. *Compressed sensing*, 210–268, Cambridge Univ. Press, Cambridge, 2012.

Vershynin, Roman Lectures in geometric functional analysis, *Lecture Notes*, 2009

**Modulverantwortliche(r):**

Krahmer, Felix; 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

### MW0376: Biofluid Mechanics | Biofluid Mechanics

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab 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

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

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab 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]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2022/23

<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.

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 mit integrierten Übungen statt. Die theoretischen Grundlagen werden am Tablet-PC angeschrieben, die die Studierenden in ihr Lückenskript übertragen können. Um die Theorie auf anwendungsnahe Beispiele übertragen zu können, werden Beispielaufgaben vorgerechnet und hierbei Arbeitstechniken gezeigt und die wichtigsten Aspekte noch einmal verdeutlicht. Zusätzlich werden weitere Aufgaben, sogenannte Hausübungen verteilt, deren Bearbeitung freiwillig ist. Alle Folien sowie Lösungsbeispiele der Hausübungen werden online gestellt. Damit sollen die Studierenden die theoretischen Grundlagen selbstständig in kleinen Praxisbeispielen anwenden. 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, Rudlstorfer D

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

## Modulbeschreibung

### MW0620: Nichtlineare Finite-Element-Methoden | Nonlinear Finite Element Methods [NiliFEM]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab 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 Prüfungsleistung wird in Form einer schriftlichen Klausur (Bearbeitungsdauer 90 min) erbracht, in der sowohl Fakten- und Zusammenhangswissen zur Anwendung der Finite-Element-Methode als auch Problemlösungskompetenz überprüft werden. Damit soll nachgewiesen werden, dass in begrenzter Zeit und mit begrenzten Hilfsmitteln (erlaubt ist ein nicht-programmierbarer Taschenrechner) ein Deformations-Problem erkannt und beschrieben wird und Wege zur korrekten Lösung gefunden werden. Die Studierenden sollen so demonstrieren, dass sie z. B. die Finite-Element-Methode auf nichtlineare Problemstellungen anwenden können, geeignete Dehnungs- und Spannungsmaße auswählen und berechnete Gleichgewichtspfade zu charakterisieren.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Finite Elemente

#### Inhalt:

Um es einfach zu formulieren: Die Welt, in der wir leben, ist nichtlinear. Dementsprechend kommt den nichtlinearen Finite-Element-Methoden (FEM) eine bedeutende Stellung in der Simulation moderner Anwendungen zu. Die Vorlesung Nichtlineare Finite-Element-Methoden konzentriert sich auf die Beschreibung von Festkörper-Strukturen, die großen Deformationen ausgesetzt sind, wie sie beispielsweise bei Flugzeugtragflächen, Abspannungen, etc. auftreten. Dabei wird auf die numerische Umsetzung und Behandlung von nichtlinearen Phänomenen wie Stabilität eingegangen.

In der Vorlesung werden unter anderem die folgenden Themen behandelt:

- (1) Nichtlineare Dehnungsmaße
- (2) Geometrische Nichtlinearität bei großen Deformationen

- (3) Nichtlineare Lösungsstrategien (Newton-Raphson-Iteration, Pfadverfolgung, ...)
- (4) Stabilität (Extended systems, ...)
- (5) Nichtlineare Dynamik
- (6) Kontaktmechanik

**Lernergebnisse:**

Nach der erfolgreichen Teilnahme am Modul Nichtlineare Finite-Element-Methoden sind die Studierenden in der Lage die Finite-Element-Methode auf nichtlineare Problemstellungen anzuwenden. Dabei können sie geeignete Dehnungs- und Spannungsmaße zur Beschreibung des Problems auswählen. Außerdem sind die Studierenden in der Lage berechnete Gleichgewichtspfade zu charakterisieren und kritische Punkte zu erkennen.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Die Vorlesung findet als Vortrag (Präsentation mit Tablet-PC und Beamer) statt. Damit können die theoretischen Grundlagen der Finite-Element-Methode sowie mathematische Zusammenhänge anschaulich vermittelt und hergeleitet werden. Wichtige Inhalte der Vorlesung werden dabei am Tablet-PC angeschrieben, die die Studierenden in ihr Lückenskript übertragen können. In den Übungen werden Beispielaufgaben (zur Lösung von geometrisch nichtlinearen Systemen, Bestimmung von Gleichgewichtspfaden, Linearisierung von Gleichungssystemen und Lösen mittels dem Newton Verfahren, Diskretisierung mittels finiter Elemente) vorgerechnet, 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.

**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):**

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]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab 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> 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 einer Formelsammlung zusammenhängende Probleme erarbeitet werden sollen.

Zugelassenes Hilfsmittel: nicht-programmierbarer Taschenrechner.

Im Wintersemester wird das Modul auf deutsch angeboten.

Die Prüfung wird nach jedem Semester in deutscher und englischer Sprache angeboten.

Im Sommersemester wird das Modul auf englisch angeboten.

#### 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; 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, Bott L

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

## Modulbeschreibung

### MW1412: Prozesssimulation und Materialmodellierung von Composites | Process Simulation and Material Modelling of Composites [PMC]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2020

<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 Klausur (Bearbeitungsdauer 90 min) werden die vermittelten Lernergebnisse mit verschiedenen Aufgabenstellungen überprüft. Die Prüfung gliedert sich in einen Kurzfragen- und einen Berechnungsteil (jeweils 45 min).

Anhand von Verständnisfragen demonstrieren die Studierenden, dass sie die Prinzipien der Materialmodellierung und der Simulation der Fertigungsprozesse von Composites anwenden können. Die Fähigkeit mit analytischen Ansätzen Fragestellungen zur Prozesssimulation und Materialmodellierung zu lösen wird im Berechnungsteil überprüft.

Erlaubte Hilfsmittel sind ein nicht programmierbarer Taschenrechner sowie eine mit der Prüfung ausgeteilte Formelsammlung. Für den Kurzfragenteil sind keinerlei Hilfsmittel erlaubt.

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:

- Faser-, Matrix-, und Verbundwerkstoffe mit ihren Eigenschaften
- Fertigungsverfahren für Composite-Bauteile

- Auslegung und Bauweisen von Composite-Strukturen
- Finite Elemente

### **Inhalt:**

Einführung anhand von einem Demonstrator-Bauteil (Überblick über Prozesssimulation und Materialmodellierung); numerische Grundlagen; Mikromechanik; klassische Laminattheorie; First Ply Failure; Berücksichtigung von Schädigung bzw. Materialdegradation - Last Ply Failure; Materialmodellierung für Kleber, textile Preforms und Laminat; Multi Skalen Ansatz; Preforming Simulation: Drapieren, Kompaktieren, Flechten, Wickeln, Tapelegen Fiber Placement; Füllsimulation; Aushärtensimulation; Verzugssimulation; Struktursimulation (statisch, dynamisch/ Crashsimulation, Stabilität); Anwendung der Simulation in der Forschung und in der industriellen Praxis

### **Lernergebnisse:**

Nach der Teilnahme an der Modulveranstaltung "Prozesssimulation und Materialmodellierung von Composites" sind die Studierenden in der Lage die Materialmodellierung von Composite Werkstoffen und die Simulation der Fertigungsprozesse praxisrelevant durchzuführen. Sie können die einzelnen Fertigungsschritte simulieren und haben ein grundlegendes Verständnis für die Schnittstellen zwischen den einzelnen Fertigungsschritten und die Parameter, die übergeben werden können. Innerhalb der Materialmodellierung können die Studierenden Ansätze aus der Mikro- und Mesomechanik anwenden, um das Textil kontinuumsmechanisch zu beschreiben und um Eingabegrößen für eine Strukturanalyse auf Makroebene zu erarbeiten. Die Studierenden sind in der Lage die Anwendbarkeit und Aussagegenauigkeit der einzelnen Simulationsmethoden für den Praxisfall zu bewerten und zwischen einem Stand der Forschung und einem Stand der Anwendung in der industriellen Praxis zu unterscheiden.

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

In der Vorlesung werden die Lehrinhalte anhand von Vortrag und Präsentationen mit PowerPoint Folien, Beamer und fachspezifischer Simulationssoftware vermittelt. Anhand von Beispielen aus der Praxis wird zuerst der "rote Faden" erklärt und ein grundlegendes Verständnis für die Aufgabenstellungen zur Materialmodellierung und den einzelnen Fertigungsschritten geschaffen. Die theoretischen und praktischen Grundlagen werden im Anschluss über Folienpräsentationen vermittelt und gemeinsam erarbeitet. Das erlernte Wissen wird in den Übungen an einfachen Beispielen mit analytischen Methoden angewandt und mit numerisch berechneten Simulationsergebnissen verglichen. Den Studierenden werden die in Vorlesung und Übung gezeigten Präsentationen zugänglich gemacht. Alle Lehrmaterialien werden online zur Verfügung gestellt. In den Assistentensprechstunden wird individuelle Hilfe gegeben.

### **Medienform:**

In der Vorlesung werden die Lehrinhalte anhand von Vortrag, Präsentation mit Powerpoint-Folien, Tafelbild, Beamer und fachspezifischer Simulationssoftware vermittelt. Anhand von Beispielen

aus der Praxis wird zuerst der "rote Faden" erklärt und ein grundlegendes Verständnis für die Aufgabenstellungen geschaffen. Die theoretischen und praktischen Grundlagen werden im Anschluss über Folienpräsentation und Tafelbild und über Rückfragen vermittelt und gemeinsam erarbeitet. Das erlernte Wissen wird in den Übungen an praxisnahen Beispielen angewandt (z.B. Drapiersimulation eines Multiaxialgeleges für ein Bauteil aus der Automobilindustrie). Den Studierenden wird eine Foliensammlung zugänglich gemacht. Alle Lehrmaterialien werden online zur Verfügung gestellt. In den Assistentensprechstunden wird individuelle Hilfe gegeben.

**Literatur:**

A.Puck, Festigkeitsanalyse von Faser-Matrix-Laminaten, Hanser Verlag, 1996, ISBN 3-446-18194-6

Long, A.C., Composite Forming Technologies, 2007, Woodhead Publishing Limited, ISBN 978-1-84569-033-5

Kruckenberg, Paton, Resin Transfer Moulding for Aerospace Structures, 1998, Kluwer Academic Publishers, ISBN 0412731509

**Modulverantwortliche(r):**

Drechsler, Klaus; 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

### MW1628: Angewandte CFD | Applied CFD

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2023

<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 Projektarbeit überprüft. Diese besteht aus einem schriftlichen Test (60% der Modulnote) und der Bearbeitung des eigentlichen Projekts (40% der Modulnote).

Im 45-minütigen, schriftlichen Test sollen Studierende durch Beantwortung von Fakten- und Verständnisfragen zeigen, dass Sie die Grundlagen der in aktuellen Strömungssimulationswerkzeugen verfügbaren Modelle und Methoden verstanden haben. Dieses Grundlagenwissen bildet die Basis für die Bearbeitung des Projektes. Es sind (bis auf das Schreibwerkzeug) keine Hilfsmittel zugelassen.

Durch die Bearbeitung des Projekts (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, beispielsweise wie bei einer Gruppenarbeit die individuelle Leistung der Studierenden im Bericht zu kennzeichnen ist, 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):**

Giglmaier, Marcus; Dr.-Ing.

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

Übung zu Angewandte CFD (MW1628) (Übung, 1 SWS)

Thiery F

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

## Modulbeschreibung

### MW1746: Advanced Parallel Computing and Solvers for Large Problems in Engineering | Advanced Parallel Computing and Solvers for Large Problems in Engineering [ParComp]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2016

<b>Modulniveau:</b> Bachelor/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 45-minütigen, mündlichen Prüfung zeigen Studierende, dass sie die Grundlagen der parallelen Algorithmen beherrschen, parallele Simulationsfragestellungen in Ingenieurproblemen formulieren und Wege zu deren Lösung finden können. In zwei vorlesungsbegleitenden Blockübungen am Computer zeigen die Studierenden, dass sie die zugehörigen Methoden und Kenntnisse zur Lösung konkreter ingenieurwissenschaftlicher Probleme anwenden können. Das Ergebnis der mündlichen Prüfung geht in die Modulnote ein. Die Teilnahme an den Übungen trägt zum Verständnis des Stoffes bei und ist daher dringend empfohlen.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Programmierkenntnisse in C oder C++ sind von Vorteil, jedoch nicht Bedingung

#### Inhalt:

In der Simulation kontinuumsmechanischer Fragestellungen wachsen mit den Problemgrößen auch die Anforderungen an die Leistungsfähigkeit der Computer. Eine Art, diesen Anforderungen gerecht zu werden, ist zur Zeit der Einsatz von Parallelrechnern. Bei diesen werden Aufgaben auf mehrere Prozessoren verteilt und dann gemeinschaftlich und gleichzeitig bearbeitet. Leider ist es i.d.R. nicht möglich, herkömmliche serielle Programme auf einem parallelen Computer auszuführen und so eine entsprechend schnellere Lösung zu erzielen. Vielmehr müssen Methoden, Algorithmen und Software speziell fuer Parallelrechner erdacht und umgesetzt werden. Dieser Kurs gibt einen Überblick über Methoden und parallele Techniken, wie sie in der parallelen Simulation der Struktur- und Fluidmechanik verwendet werden. In Übungen soll dem Studierenden

die Gelegenheit gegeben werden, parallele Algorithmen selbst auszuprobieren und/oder einfach parallele Anwendungen zu entwerfen und umzusetzen.

**Lernergebnisse:**

Nach der erfolgreichen Teilnahme an der Modulveranstaltung Advanced Parallel Computing and Solvers for Large Problems in Engineering sind die Studierenden in der Lage, grundlegende Konzepte des Einsatzes von Mehrprozessorarchitekturen in der Simulation zu beurteilen und die grundsätzlichen Einsatzgebiete zu erkennen. Sie verstehen weiter wesentliche Basiskonzepte der Gebietszerlegung und können diese mit den erlernten Methoden analysieren und vergleichen. Hiermit beherrschen sie auch die Grundlagen für den Entwurf paralleler Lösungsalgorithmen für sehr grosse Gleichungssysteme. Eine Einführung in Mehrgittermethoden ermöglicht den Einblick in aktuelle Fragestellungen der Entwicklung von Algorithmen für Höchstleistungsrechner. Die erlernten grundlegenden Methoden tragen zur Entwicklung der Fähigkeit bei, parallele Simulationsfragestellungen in Ingenieurproblemen zu formulieren und sie selbstständig zu lösen.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Die Vorlesung findet als Vortrag statt. Wichtige Inhalte der Vorlesung werden am Tablet-PC angeschrieben, die die Studierenden in ihr Handout übertragen können. In den Übungen werden Beispielaufgaben gemeinsam erarbeitet und gelöst. Die Bearbeitung ist freiwillig. Übungen am Computer werden als Blockveranstaltung an zwei Terminen im Semester angeboten, in denen die Kenntnisse aus der Vorlesung an praktischen Beispielen geübt und wiederholt werden.

**Medienform:**

Vortrag, Präsentation mit Tablet-PC, Lernmaterialien auf Lernplattform, Übungsmaterialien für praktische Übung am Parallelrechner

**Literatur:**

Mitschrieb der Vorlesung, Handout Vortragsfolien

**Modulverantwortliche(r):**

Gee, Michael; 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

### MW2335: Numerische Kontakt- und Interfacemechanik | Computational contact and interface mechanics [CCIM]

*Numerische Kontakt- und Interfacemechanik*

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2016/17

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Englisch	<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:

Das Erreichen der Lernziele wird am Semesterende schriftlich geprüft. Der schriftliche Prüfungsmodus soll sicher stellen, dass die Fähigkeit eigenständig mathematische Modelle zu entwickeln und Abschätzungsrechnungen durchzuführen ausreichend objektiv bewertet werden kann. In der Prüfung sind sowohl mathematische Aufgaben zu lösen als auch allgemeine, an den Inhalten orientierte Wissensfragen zu beantworten (teilweise in freier Formulierung, teilweise im Multiple-Choice-Modus). Die Gesamtnote ergibt sich ausschließlich aus der Prüfung am Ende des Semesters.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Die Inhalte der Vorlesungen "Finite Elemente" und "Nichtlineare Finite-Element-Methoden" oder vergleichbarer Lehrveranstaltungen werden vorausgesetzt. Idealerweise sind auch die Inhalte der Vorlesung "Numerische Methoden für Ingenieure" (oder vergleichbar) bekannt, dies ist aber keine Voraussetzung.

#### Inhalt:

Im Rahmen dieser Lehrveranstaltung werden computerorientierte Verfahren (schwerpunktmäßig Finite-Elemente-Methoden) für die Lösung von ingenieurwissenschaftlichen Fragestellungen aus der Kontakt- und Interfacemechanik behandelt. Konkret umfassen die Inhalte:

- Kontakt- und Interfacemechanik in der Ingenieurpraxis
- Mathematisch-mechanische Modellbildung in der Kontakt- und Interfacemechanik
- Finite-Element-Methoden (FEM) in der Kontakt- und Interfacemechanik
- Diskretisierungsverfahren (Node-to-Node, Node-to-Segment, Segment-to-Segment, Mortar)

- Formulierung von Nebenbedingungen (Penalty, Lagrange-Multiplikatoren, Augmented Lagrange)
- FEM-Ansätze für Interface-Netzkopplung
- FEM-Ansätze für Kontakt und Reibung
- FEM-Ansätze für Abrieb und Verschleiß
- FEM-Ansätze für thermomechanischen Kontakt
- FEM-Ansätze für elastohydrodynamischen Kontakt
- Kontaktmodelle für Balken und Schalen
- Trends in der numerischen Kontakt- und Interfacemechanik

Die theoretischen Inhalte der Vorlesung werden im Hinblick auf großskalige Ingenieur Anwendungen durch Rechenbeispiele und Aspekte moderner C++ basierter Implementierungen ergänzt.

### **Lernergebnisse:**

Nach der erfolgreichen Teilnahme an diesem Modul sind die Studierenden in der Lage, alle wichtigen Grundbegriffe im Bereich der computerorientierten Kontakt- und Interfacemechanik zu definieren. Insbesondere verstehen sie das Zusammenspiel von mathematisch-mechanischer Modellbildung und numerischen Algorithmen für die Lösung verschiedenster Klassen von Kontakt- und Interfaceproblemen. Des Weiteren erlangen die Studierenden die Fähigkeit, heute verfügbare Lösungsmethoden vergleichend zu analysieren und diese sowohl qualitativ zu bewerten als auch einfach quantitative Auswertungen vorzunehmen. Nach Abschluss der Veranstaltung sind sie somit in der Lage, computerorientierte Verfahren in der Kontakt- und Interfacemechanik zielgerichtet anzuwenden und diese in gewissem Umfang auch eigenständig weiter zu entwickeln beziehungsweise auf eigene Fragestellungen zu transferieren.

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

Die Vorlesung findet als Vortrag statt. Wichtige Inhalte der Vorlesung werden am Tablet-PC angeschrieben, die die Studierenden in ihr Handout übertragen können. In den Übungen werden Beispielaufgaben teilweise von den Studierenden selbstständig, teilweise gemeinsam erarbeitet und gelöst.

### **Medienform:**

Präsentation mit Tablet-PC, Lernmaterialien und Aufgabenstellungen auf Lernplattform, Rechnerübungen (an eigenen Notebooks bzw. an Desktop-Rechnern des Lehrstuhls)

### **Literatur:**

P. Wriggers, Computational contact mechanics, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2006;  
T.A. Laursen, Computational contact and impact mechanics: Fundamentals of modeling interfacial phenomena in nonlinear finite element analysis, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2013;

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

Alexander Popp

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

Vorlesung

Alexander Popp, Wolfgang A. Wall

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

## Modulbeschreibung

### MW2337: Numerische Methoden für Erhaltungsgleichungen | Numerical Methods for Conservation Laws [NME]

*Numerische Methoden für Erhaltungsgleichungen*

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2016/17

<b>Modulniveau:</b>	<b>Sprache:</b> Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester
<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 Prüfungsleistung besteht aus einer mündlichen oder schriftlichen Prüfung. Je nach Teilnehmerzahl findet die Prüfung im Rahmen eines Einzelgesprächs oder einer Klausur statt. Der Prüfungsinhalt erstreckt sich über den gesamten Vorlesungsinhalt. Neben Fakten- und Zusammenhangswissen werden kleine Anwendungsbeispiele (Rechenaufgaben) geprüft.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Fluidmechanik I

Grundlagen der numerischen Strömungsmechanik

#### Inhalt:

Herleitung allgemeiner Erhaltungsgleichungen

Skalare Erhaltungsgleichungen: lineare und nichtlineare Gleichungen

Systeme von Erhaltungsgleichungen: Klassifizierung, Linearisierung, Hyperbolische Systeme, Riemann-Problem

Numerische Methoden für lineare Erhaltungsgleichungen

Numerische Methoden für nicht-lineare Erhaltungsgleichungen

Riemann-Löser

#### Lernergebnisse:

Die Studierenden verfügen nach dem erfolgreichen Bestehen des Moduls Numerik der Erhaltungsgleichungen über folgende Fähigkeiten: (1) Herleitung von Erhaltungsgleichungen für konservative Größen, (2) Behandlung von Erhaltungsgleichungen für unstetige Lösungen,

(3) Behandlung von Erhaltungsgleichungssystemen, (4) Lösung des Riemann-Problems, (5) Konservative, numerische Lösung nichtlinearer Erhaltungsgleichungen unter Verwendung der Godunov-Methode, (6) Anwendung von Verfahren höherer Genauigkeit und Stabilität

**Lehr- und Lernmethoden:**

Vorlesung: Darbietendes Lehrverfahren mittels Tablet-PC und Beamer.

Hausaufgaben zur Vertiefung bzw. Veranschaulichung wichtiger Zusammenhänge und Zwischenschritte bei Herleitungen

**Medienform:**

Multimedial gestützter Frontalunterricht

**Literatur:**

Vorlesungsunterlagen

Randall J. LeVeque: "Numerical Methods for Conservation Laws"

Kundu, Cohen, Dowling: "Fluid Mechanics"

E.F. Toro: "Riemann Solvers and Numerical Methods for Fluid Dynamics"

**Modulverantwortliche(r):**

Prof. Dr.-Ing. N.A. Adams

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

Übung zu Numerische Methoden für Erhaltungsgleichungen (MW2337) (Übung, 1 SWS)

Adami S

Numerische Methoden für Erhaltungsgleichungen (MW2337) (Vorlesung, 2 SWS)

Adami S

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

## Modulbeschreibung

### MW2450: Physikbasiertes Machine Learning | Physics-Informed Machine Learning [PhysML]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab 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 Abschlussnote ergibt sich aus einer schriftlichen Prüfung (90min, Stift und Papier, erlaubtes Hilfsmittel: nicht-programmierbarer Taschenrechner). Theoretische Inhalte und das Verständnis von Schlüsselkonzepten werden durch Kurzfragen geprüft. Die Fähigkeit zur Problemlösung sowie die Fähigkeiten, Machine Learning Algorithmen anzuwenden, werden mit Hilfe einfacher numerischer Probleme und Pseudo-Code-Aufgaben geprüft. Damit wird die Fähigkeit der Studierenden untersucht, verschiedene Methoden hinsichtlich ihres Anwendungsgebietes, der Vor- und Nachteile, der Limitationen usw. zu vergleichen und zu bewerten.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Grundkenntnisse in linearer Algebra und Wahrscheinlichkeitstheorie.

#### Inhalt:

Das Modul deckt ausgewählte Themen des maschinellen Lernens ab, die von einführenden Beispielen bis hin zum Stand der Technik reichen. Verschiedene Bereiche und Herangehensweisen (supervised, unsupervised und reinforcement learning, parametric vs. non-parametric, etc.) werden anhand von aktuellen Beispielen vorgestellt. Der Fokus liegt auf (i) Modellen für die Klassifikation und Regression (lineare Regression, Bayessche Unsicherheitsbestimmung und Modellselektion, spärliche Algorithmen, tiefe neuronale Netze, stochastisches Gradientenverfahren), (ii) Modellen für Clustering und Dimensionsreduktion (k-means, PCA, Autoencoder, Selbstorganisierende Karten), und (iii) generativen Modellen (Variations-Autoencoder, generative adversarial networks).

**Lernergebnisse:**

Nach der erfolgreichen Teilnahme am Modul sind die Studierenden dazu in der Lage,

- zugrundeliegende Schlüsselkonzepte verschiedener Machine Learning Algorithmen zu verstehen
- die besprochenen Methoden auf Testprobleme anzuwenden
- die erlernten Algorithmen zu implementieren und sie auf reale Problemstellungen anzuwenden
- physikalische Randbedingungen und Invarianzen in Machine Learning Methoden einzuarbeiten
- verschiedene Methoden im Bezug auf ihre Anwendungsmöglichkeiten, Vorteile/Nachteile, Grenzen, etc. zu vergleichen.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Das Modul besteht aus einer Vorlesung und einer Übung. Das Kursmaterial in der Vorlesung besteht aus einer Kombination von Folien (motivierende Beispiele, Schlüsselkonzepte), Tafelanschrieb (wichtige mathematische Hintergründe) und Animationen (Demonstration von Algorithmen). Während der Übungen werden die Studierenden Hands-on Erfahrungen mit Machine Learning Techniken sammeln und diese auf praktische Probleme anwenden. Die Lösungen zu den Übungen werden in Python zur Verfügung gestellt, die Prüfung wird jedoch keine Kenntnisse in Python erfordern.

So lernen die Studierenden z.B. die Schlüsselkonzepte zu verstehen, die den verschiedenen Algorithmen des Machine Learnings zugrunde liegen, die Algorithmen zu implementieren und auf reale Daten anzuwenden sowie die verschiedenen Methoden hinsichtlich ihres Anwendungsbereichs, der Vor- und Nachteile, der Einschränkungen usw. zu vergleichen und zu bewerten.

**Medienform:**

Vorlesungsskript, Vorlesungsfolien, Übungs-Handouts und -Lösungen in Python

**Literatur:**

Das gesamte Kursmaterial steht zum Download zur Verfügung. Zusätzliche Unterlagen aus verschiedenen Quellen werden im Verlauf des Semesters bereitgestellt.

**Modulverantwortliche(r):**

Zavadlav Koller, Julija; 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

### MW2453: Diskontinuierliche Galerkin-Verfahren in der Numerischen Simulation | Discontinuous Galerkin Methods for Numerical Simulation [DisGal]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab 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 Modulprüfung wird in Form einer Übungsleistung erbracht. Diese besteht aus einem schriftlichen Test (Dauer: 60 Minuten, keine erlaubten Hilfsmittel) sowie einer Programmieraufgabe, wobei sich die Gesamtnote als Durchschnitt der zu je 50% gewichteten Teile ergibt.

Im schriftlichen Test weisen die Studierenden nach, dass sie die wichtigsten Verfahren herleiten und deren Eigenschaften beschreiben können sowie das Einsatzgebiet der Verfahren nennen können.

Die Programmieraufgabe beinhaltet die Entwicklung von Algorithmen und Programmierung zu einer vorgegebenen Problemstellung, eine schriftliche Dokumentation sowie die Demonstration und Diskussion der Implementierung mit dem Dozenten. Damit weisen die Studierenden ihre Fähigkeit nach, einfache Simulationsprogramme in der Strömungsmechanik (kompressible und inkompressible Strömungen) sowie der Akustik in den Programmierumgebungen MATLAB oder C++ zu entwickeln sowie die Stabilität und Approximationsqualität zu bewerten.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Kenntnisse der Inhalte der Vorlesungen Numerische Methoden für Ingenieure und Finite Elemente (Maschinenwesen) bzw. Numerik für partielle Differentialgleichungen (Mathematik) oder gleichwertigen Vorlesungen werden vorausgesetzt.

### **Inhalt:**

Es werden unstetige (diskontinuierliche) Galerkin-Verfahren zur näherungsweisen Lösung von partiellen Differentialgleichungen und ihre effiziente Implementierung für großskalige Probleme in der Strömungsmechanik und der Akustik vorgestellt. Es werden folgende Themengebiete behandelt:

- Herleitung der unstetigen Galerkin-Verfahren und Vergleich mit finiten Differenzen, finiten Volumen, und klassischen stetigen finiten Elementen.
- Numerische Flussfunktionen für skalare Erhaltungsgleichungen.
- Basisfunktionen höherer Ordnung: nodale und modale Ansätze.
- Erweiterung auf höhere Dimensionen und effiziente Auswertung von Integralen.
- Diskontinuierliche Galerkin-Verfahren für zweite Ortsableitungen.
- Explizite und implizite Zeitintegration.
- Anwendungen: Euler-Gleichungen, akustische Wellengleichung, kompressible und inkompressible Navier-Stokes-Gleichungen.

Die theoretischen Inhalte werden ergänzt durch Übungen und Programmierbeispiele in MATLAB oder C++.

### **Lernergebnisse:**

Nach der erfolgreichen Teilnahme am Modul Discontinuous Galerkin Methods in Numerical Simulation können die Studierenden die unstetige Galerkin-Verfahren für mehrere wichtige partielle Differentialgleichung herleiten. Sie können die grundlegenden Eigenschaften von unstetigen Galerkin-Verfahren beschreiben und insbesondere von kontinuierlichen finiten Elementen sowie finiten Differenzen und finiten Volumen abgrenzen. Sie können Einsatzgebiete der Methode identifizieren, insbesondere auch jene von Verfahren höherer Konvergenzordnung. Die Studierenden können die wichtigsten numerischen Flussfunktionen für Erhaltungsgleichungen sowie Diffusionsterme angeben und die jeweiligen Vor- und Nachteile beschreiben. Das erlangte Wissen befähigt die Studierenden, einfache Simulationsprogramme in der Strömungsmechanik (kompressible und inkompressible Strömungen) sowie der Akustik in den Programmierumgebungen MATLAB oder C++ zu entwickeln und Stabilität und Approximationsqualität zu bewerten.

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

Das Modul besteht aus einer Vorlesung und einer Übung. Die theoretischen Grundlagen werden in der Vorlesung in Form eines Vortrages vorgestellt (etwa die Hälfte der Vorlesungszeit). Es steht ein Skript zur Verfügung, welches durch Anmerkungen von einem Tablet-PC durch die Studierenden ergänzt wird. Damit lernen die Studierenden zunächst die grundlegenden Eigenschaften von unstetigen Galerkin-Verfahren, ihre Herleitung und Abgrenzung zu anderen Verfahren. Die wichtigsten Algorithmen und deren Implementierung werden in Übungsabschnitten gemeinsam genauer studiert (etwa die Hälfte der Vorlesungszeit). In der Übung werden die praktischen Aspekte der Verfahren behandelt. Die Studierenden bearbeiten eigenständig eine Programmieraufgabe, die eine numerische Implementierung für ein ausgewähltes Thema. Damit lernen sie, einfache Simulationsprogramme in der Strömungsmechanik (kompressible und inkompressible Strömungen) sowie der Akustik in den Programmierumgebungen MATLAB oder C++ zu entwickeln und Stabilität und Approximationsqualität zu bewerten.

**Medienform:**

Präsentation mit Tablet-PC, Lernmaterialien und Aufgabenstellungen auf Lernplattform, Rechnerübungen (an Studenten-eigenen Notebooks bzw. Rechnern des Lehrstuhls)

**Literatur:**

Lückenskript zur Vorlesung.

Jan S. Hesthaven, Tim Warburton, Nodal Discontinuous Galerkin Methods: Algorithms, Analysis, and Applications, Springer, 2008.

Weitere Literatur zu speziellen Themen werden im Skript sowie im Rahmen der Vorlesung bekannt gegeben.

**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

### PH2019: Molekulardynamik-Simulationen | Molecular Dynamics Simulations

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2025

<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:

- Was ist ein symplektischer Algorithmus zur Simulation der Moleküldynamik?
- Was versteht man unter dem Begriff coarse-graining eines Simulationssystems?
- Was sind bindende Wechselwirkungen in einem Kraftfeldmodell?

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:

Simulationsmethoden:

- Molekulardynamik-Methoden
- Monte Carlo Methode
- Brown'sche Dynamik-Methode
- Kraftfeldbeschreibung von Molekülen
- Randbedingungen

- Temperatur- und Druckkontrolle
- Thermodynamische und kinetische Größen aus Simulationen
- Nicht-Gleichgewichts-Simulationen
- Gemischte quantenmechanische/klassische Simulationen

Anwendungen:

- Einfache Flüssigkeiten; Mischungen
- Biomoleküle: Dynamik von Proteinen und Peptiden
- Systeme mit Grenzflächen

### **Lernergebnisse:**

Nach der erfolgreichen Teilnahme an der Vorlesung und den Übungen sind die Studierenden in der Lage

- die Vorbereitung, Durchführung und Analyse von Molekülsimulationen zu verstehen, selbstständig nachzuvollziehen und zu bewerten.
- Moleküldynamik, Monte Carlo oder Brown'sche Dynamik Simulationen an Molekülen selbstständig durchzuführen.
- thermodynamische und kinetische Größen aus Simulationen zu extrahieren.
- ein Verständnis der Dynamik von Vielteilchensystemen zu entwickeln und zu vertiefen.
- Fragestellungen, die durch Simulationsstudien untersucht werden können, zu entwickeln.
- für gestellte Aufgaben die geeigneten Molekülsimulationsverfahren auszuwählen.

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

In der Vorlesung werden die Inhalte durch Vortrag der theoretischen Grundlagen und deren experimentellen Umsetzungen erläutert und durch anschauliche Beispiele verständlich gemacht. Hoher Wert wird auf die Anregung interaktiver Diskussion mit den Studierenden und unter den Studierenden über das gerade Erlernte gelegt. Die Vorlesungsunterlagen enthalten Hyperlinks auf die Originalarbeiten, die den Einstieg in die eigenständige Literaturrecherche fördern sollen. In der Übung werden die Studierenden schrittweise an den Umgang mit Molekülsimulationsprogrammen herangeführt. Anhand von Beispielen werden Lerninhalte aus der Vorlesung vertieft und der selbstständige Umgang mit Simulationsprogrammen und state-of-the-art Analyse-Verfahren eingeübt. Die Studierenden werden in die Lage versetzt das Gelernte selbstständig nachzuvollziehen und Simulationsansätze auf relevante Fragestellungen selbstständig anzuwenden.

### **Medienform:**

Tafelvortrag, Vorlesungsunterlagen, Beamerpräsentation, Übungen am Rechner, Internet-Seite zum Kurs

### **Literatur:**

- D. Frenkel, B. Smit, Understanding Molecular Simulation: From Algorithms to Applications, Academic Press. 2014.
- M.P. Allen, D.J. Tildesley, Computer simulation of liquids, Oxford University Press, 1999.
- Mark E. Tuckerman, Statistical Mechanics: Theory and Molecular Simulation, Oxford Graduate Press, 2016.

- Tamar Schlick, Molecular Modeling and Simulation: an Interdisciplinary Guide, Springer Science, 2006.
- A. Leach, Introduction to Molecular Modelling, Oxford Academic Press. 2016.
- Griebel, Knapek, Zumbusch, Caglar, Numerische Simulation in der Moleküldynamik, Springer Press. 2014.

**Modulverantwortliche(r):**

Zacharias, Martin; 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](#).

## Uncertainty Quantification and Mathematical Modeling (Multiphase) (Electives I) | Uncertainty Quantification and Mathematical Modeling (Multiphase) (Electives I)

### Modulbeschreibung

## ED140025: Multiphaseflow in Engineering Systems | Multiphaseflow in Engineering Systems

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2025/26

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester
<b>Credits:*</b> 5	<b>Gesamtstunden:</b> 135	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 90	<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:

The course evaluation comprises a dual assessment, i.e., a written exam, and team project work all aligning with the targeted learning outcomes.

1) The examination in this module is a written assignment (60 min, 40% impact)

Students are obliged to answer 40 questions (multiple choice test generated in A and B layouts) to evaluate and approve their understanding:

- of the basic principles of multiphase flow

- in the field of computational methods and foundations dedicated to multiphase flow

- modelling and simulation basics of multiphase flow problems including pre-processing, numerical solution and meaningful postprocessing procedures.

2) Project (end of term, 60% Impact): The project work is to be carried out in the form of group work. The topic will be chosen from a pre-defined pool of engineering applications. The aim is to demonstrate competencies such as teamwork-splitting, technical roles within a simulated CAE team environment. Duties and tasks including research-based problem descriptions, geometric model idealisation, numerical discretization-evaluation, simulation and post-processing of the results are shared within the team. Numerically solved problem results are presented. The contribution of each team member is assessed based on clearly assigned duties and presentation performance. The total duration of the presentation is 15 minutes

### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

**(Empfohlene) Voraussetzungen:**

No modules currently running.

**Inhalt:**

1. Introduction to Multiphase Flows
2. Multiphase flow Instrumentation and Visualisation
3. Fundamentals of Multiphase Flow Modelling
4. Volume of Fluid (VOF) Concept and Applications
5. Multiphase Model Validation, Efficiency, and Accuracy
6. Multi-Material Flow Systems
7. Advanced Solution Strategies for Multiphase Systems
8. Multiphysics Interactions in Multiphase Flow Systems

**Lernergebnisse:**

After successful participation in the module, students are able to:

- recall their knowledge in heat transfer, fluid dynamics, numerical methods, and CAE fundamentals. The efficient computational idealisation of multiphase problems, assumptions made, and calculation procedures on software platform requires the meaningful blend of a multitude of fundamental knowledge which will be further enhanced.
- understand the basics, concepts, applications, and numerical modelling of multiphase flow problems, void of fraction concept, flow types, homogenization, representative volume element etc.
- Comprehend and apply pre-processing, numerical solution and post-processing stages of multiphase flow modelling. Depicting the physical model computationally; successful numerical grid generation and applying boundary/operation conditions to different multiphase problems are explained in detail interactively in theory and with Ansys© software demonstrations.
- comprehend different modelling strategies to handle single and multi-fluid flow configurations
- interpret best practices for selecting and performing numerical concepts/limitation and settings within a computational framework and defined problem of interest
- utilise state of the art ANSYS CFD numerical software tool to solve individual fluid-fluid, fluid-solid flow interactions underpinned with practical problems performed both in lecture and exercise sessions.
- transfer their theoretical skills to computationally solve problems that are explained based on the latest scientific research and relevant to a vast number of industrial applications.
- work in teams which is crucial in research and industrial CAE projects, while improving technical presentation skills for engineering and high-level management reporting purposes.
- continuously expand their soft-skills that are trained through taking-splitting roles/responsibilities in their selected project work conducted in team.
- to create a mindset which successfully implements computational means in research and engineering for the sustainable development of products and technologies demanding prohibitive materials and resources.
- establish their modelling and simulation competencies-skills so that they can systematically approach, understand, and solve challenges of the interdisciplinary multiphase flow applications present in the high-end technologies of today as well as of the future, which aligns with the Scientiis et Artibus TUM strategy

**Lehr- und Lernmethoden:**

The module consists of a series of lectures and exercises. The theoretical basics, special knowledge of computer-aided flow is imparted using an integrative teaching format connecting students to real-world applications, fostering critical thinking, efficient problem solving, and interdisciplinary understanding.

- In the exercises, the lecturer leads the computer-aided course, sets tasks, controls the activity/ execution of the learners with the aid to address the targeted learning outcomes.
- Within the framework of a computational project work, the teamwork of the learners is initiated, presentation skills are developed, and technical knowledge with software applications is further expanded. The design is based on the active participation of the learners and their soft skills are trained through roles/responsibilities. English will be language of communication.

**Medienform:**

Slides, Exercise Sheets, Exercises, PowerPoint, Movies, CAE Software

Lecture with integrated exercise components performed on CAE software

**Literatur:**

George Yadigaroglu, Geoffrey F. Hewitt, Introduction to Multiphase Flow, Basic Concepts, Applications and Modelling. Springer Int. Publishing 2018. ISBN 978-3-319-58717-2, ISBN 978-3-319-58718-9 (eBook).

Christopher E., Fundamentals of Multiphase Flow, Cambridge University Press 2005. ISBN: 9780511807169

Peksen M., Multiphysics Modelling, Materials, Components and Systems. Elsevier INC publishing 2018. ISBN-13: 9780128118245, eBook ISBN9780128119037

Ivanov N. Multiphase Flow Dynamics 1-Fundamentals, Springer Int. Publishing. 2015. ISBN 978-3-319-15295-0, eBook ISBN 978-3-319-15296-7

Robert W. Lyczkowski, The History of Multiphase Science and Computational Fluid Dynamics. Springer Int. Publishing 2017. ISBN 978-3-319-66501-6 ISBN 978-3-319-66502-3 (eBook)

**Modulverantwortliche(r):**

Dr. Murphy Peksen m.peksen@tum.de

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

Multiphase flow in engineering systems (Übung, 1 SWS)  
Peksen M [L], Peksen M

Multiphase flow in engineering systems (Vorlesung, 2 SWS)  
Peksen M [L], Peksen M

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

## E2\_IE: Individuell Electives (Electives II) | Individuell Electives (Electives II)

### General Module (Electives II) | General Modules (Electives II)

#### Modulbeschreibung

### ED010002: Recognized Modules | Recognized Modules

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2024

<b>Modulniveau:</b>	<b>Sprache:</b>	<b>Semesterdauer:</b>	<b>Häufigkeit:</b>
<b>Credits:*</b> 5	<b>Gesamtstunden:</b>	<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:

#### Wiederholungsmöglichkeit:

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

#### Inhalt:

#### Lernergebnisse:

#### Lehr- und Lernmethoden:

#### Medienform:

#### Literatur:

**Modulverantwortliche(r):**

**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

### BGU42012T2: Bruchmechanik und Ermüdung | Fatigue and Fracture [Bruchmechanik und Ermüdung]

#### *Bruchmechanik und Ermüdung*

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2023

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Deutsch/Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> 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 Prüfungsleistung umfasst eine benotete Studienleistung in Form eines Berichtes von ca. 30 – 50 Seiten (abhängig von Formatierung, Thema und Gruppengröße) mit einer zugehörigen Abschlusspräsentation (Dauer ca. 10-15 Minuten) inklusive Rückfragen zu Projektarbeit und erlerntem Wissen. Die Projektarbeit wird semesterbegleitend von 3 bis 5 Studierenden im Team bearbeitet.

Die Projektarbeit dient dazu, sich vertieft mit einer konkreten Problemstellung aus dem breiten Gebiet der Ermüdung und Bruchmechanik zu befassen und Hintergrundwissen zu erarbeiten. Zudem soll nachgewiesen werden, dass Aufgaben im Team gelöst werden können. Zu diesem Zweck soll die Gruppe das gestellte Problem zunächst klar definieren, dann entsprechende Einflussparameter und Randbedingungen ableiten und priorisieren sowie letztlich Lösungsstrategien erarbeiten. Die schriftliche Auswertung soll in der erforderlichen Fachsprache abgefasst sein und zwischen 30 und 50 Seiten (ca. 10 Seiten je Student/in) umfassen. Um die kommunikativen Kompetenzen zur Darstellung wissenschaftlicher Themen zu überprüfen, sollen die Lernergebnisse in einer Kurzpräsentation dargestellt werden. Hierbei wird jede/r Student/in seine Lernergebnisse im Rahmen der Präsentation und einer anschließenden Diskussion darstellen. Die Lernergebnisse beinhalten die Thematik der Projektarbeit sowie das Lösen konkreter, realitätsnaher Problemstellungen, die Ermüdung und Bruchmechanik betreffen. Die Studierenden sollen dabei ohne Hilfsmittel Lösungswege darstellen und die gelehrt Methoden und Inhalte anwenden. Hierzu gehören sowohl argumentative, logische Antworten als auch rechnerische Nachweise (benötigte Formeln oder Normeninhalte werden vorgegeben). Die Präsentation geht zu 50% und die schriftliche Auswertung zu 50% in die Benotung der Projektarbeit ein.

#### **Wiederholungsmöglichkeit:**

**(Empfohlene) Voraussetzungen:**

BGU42015T2 Plattenbeulen und Stahlbrückenbau

**Inhalt:**

Präsentation der Grundlagen zur Materialermüdung und zur Bemessung unter schwingenden Lasten. Der Fokus liegt auf:

- Art und Auftreten schwingender Lasten, Lastermittlung, Klassierverfahren
- örtliches Konzept
- Nennspannungskonzept, Strukturspannungskonzept
- Ermittlung und Abgreifen der Spannungen per FEA

Vermittlung von Grundkenntnissen und Anwendungskonzepten der Bruchmechanik. Folgende Aspekte stehen im Vordergrund:

- Sprödbruchnachweis und
- bruchmechanisches Nachweiskonzept
- Ermittlung der Restnutzungsdauer

Zudem sind regelmäßige Fachdiskussionen der Lerninhalte geplant, z.B. anhand aktueller Forschungsergebnisse, Fachartikel und sonstiger Literatur.

**Lernergebnisse:**

Nach Teilnahme an diesem Modul haben die Studierenden die Grundlagen zur Ermüdungsproblematik, zum Örtlichen Konzept, zum Nennspannungs- und Strukturspannungskonzept, zur Bruchmechanik, zur Ausführung und Qualitätskontrolle sowie zum Ermüdungsnachweis von Brücken verstanden und können diese anwenden. Die Studierenden können Konstruktionen aus Stahl und Aluminium unter sich häufig verändernden Lasten analysieren und bewerten. Sie sind konkret in der Lage bei dieser Analyse die Ermüdungsfestigkeit und die Restnutzungsdauer im Sinne einer Bemessung gegen Bruch zu bestimmen und zu bewerten.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Das Modul besteht aus einer Vorlesung, in welcher Vorträge mit Hilfe von Powerpoint-Präsentationen bzw. Overhead und Tafelanschriften durchgeführt werden. Beispielhafte Rechnungen werden in der Vorlesung gemeinsam bewältigt. Die Studierenden werden in die Vorlesung mit eingebunden und deren Verständnis der wichtigsten Sachverhalte im Dialog gefördert. Der Vorlesungsstoff wird zudem durch Übungsaufgaben und Gruppenarbeit vertieft. Aktuelle, einschlägige Forschungsergebnisse und Fachartikel werden analysiert und diskutiert. Darüber hinaus werden Experimente in die Vorlesung zum Bearbeiten von Problemen und deren Lösungsfindung eingebunden.

**Medienform:**

Powerpoint-Präsentation (Handzettel), Tablet-PC; digitaler Overheadprojektor, Beispiele in Übungsskript, Tafelarbeit

**Literatur:**

EN 1993-1-9; EN 1999-1-3; FKM-Richtlinie, Bruchmechanischer Festigkeitsnachweis; VDMA Verlag GmbH, 2009 Fracture Mechanics, Fundamentals and Applications; T.L. Anderson, Taylor & Francis 2005;

Ermüdungsfestigkeit D. Radaj, Springer Verlag, 1995; Betriebsfestigkeit, Verfahren und Daten zur Bauteilberechnung, E. Haibach, Springer Verlag, 2005

**Modulverantwortliche(r):**

Prof. Martin Mensinger Dr.-Ing. Christina Radlbeck Dorina Siebert 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

### BGU60019: Stochastische Finite Elemente Methode | Stochastic Finite Element Methods [SFEM]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2018/19

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester
<b>Credits:*</b> 6	<b>Gesamtstunden:</b> 180	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 105	<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:

The module examination is based on an open book written exam (90 minutes). Students demonstrate that they have gained deep knowledge of concepts, methods and tools presented in the course. The students are expected to be able to construct probabilistic models of uncertain inputs of finite element systems and to apply stochastic finite element methods for uncertainty propagation in linear elastostatic problems.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

The course will assume basic knowledge of the linear finite element method for the solution of one-dimensional linear elasticity problems. Basic knowledge of probability theory is recommended, but not required. Basic knowledge of Matlab is an advantage.

#### Inhalt:

This lecture is an introduction to the basic concepts of stochastic finite element methods for the uncertainty quantification of elastostatic systems. The course covers the following contents:

1. Introduction to probability theory and stochastic calculus
  - 1(a). Random variables
  - 1(b). Random vectors
2. Functions of random variables

- 2(a). Estimation of moments of functions
- 2(b). Probabilistic transformation
- 2(c). The Monte Carlo method
- 3. Random fields
  - 3(a). Discretization of random fields
  - 3(b). Reduction of stochastic dimension by spectral decomposition
  - 3(c). The Karhunen-Loève expansion
- 4. Finite elements with random inputs
  - 4(a). The linear elastostatic problem and its solution by the finite element method
  - 4(b). Stochastic stiffness matrix and force vector
  - 4(c). Monte Carlo method, Perturbation method
- 5. Advanced Monte Carlo methods
  - 5(a). Advanced sampling methods
  - 5(b). Multi-level Monte Carlo method
- 6. Spectral stochastic finite elements
  - 6(a). Polynomial chaos expansion
  - 6(b). Stochastic Galerkin method
  - 6(c). Stochastic collocation methods

#### **Lernergebnisse:**

This course enables the students to understand and implement numerical methods for analyzing physical systems with uncertain input parameters. In the end of the semester the students will be able to:

- Understand the basic concepts of probability theory
- Define random vectors and random fields based on their second moment properties
- Discretize random fields into a finite number of random variables
- Assess the applicability of different stochastic discretization methods based on specific problem settings
- Apply Monte Carlo methods for solving uncertain finite element systems
- Apply spectral stochastic finite element methods with various algorithmic settings

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

The course consists of weekly lectures. Lectures will be given partly on the black/whiteboard and partly by presentations on slides. The whiteboard allows to derive theoretical concepts and mathematical formulations at a pace that is conducive to a deeper understanding. The presentations on slides facilitates graphical illustration of the new concepts and enables to make complex content more comprehensible.

Homework exercises will be given and their solutions will be posted in moodle. A selection of the homework exercises will be discussed in class. Some of the exercises will require the use of suitable software tools, such as Matlab or Python. Homework exercises facilitate understanding of the taught methods and their applicability to different problems.

#### **Medienform:**

- Lectures with blackboard supported by slides

- Exercise sheets
- Matlab code examples

**Literatur:**

A script will be distributed in electronic form. For further reading, the following are recommended:

- Kleiber, M, Hien, TD. The stochastic finite element method. Basic perturbation and computer implementation. New York: Wiley; 1992
- Ghanem, RG, Spanos, PD. Stochastic finite elements: A spectral approach. New York: Springer; 1991 (reissued by Dover Publications; 2004)
- Sudret, B, Der Kiureghian, A. Stochastic finite elements and reliability: A state-of-the-art report. University of California, Berkeley, Technical Report no UCB/SEMM-2000/08; 2000
- Xiu, D. Numerical methods for stochastic computations: A spectral method approach. Princeton: Princeton University Press; 2010
- Cliffe, KA, Giles, MB, Scheichl, R, Teckentrup, AL. Multilevel Monte Carlo methods and applications to elliptic PDEs with random coefficients. Comput Visual Sci (2011) 14:3-15

**Modulverantwortliche(r):**

Dr. Iason Papaioannou [iason.papaioannou@tum.de](mailto:iason.papaioannou@tum.de)

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

Stochastic Finite Element Methods (Vorlesung, 5 SWS)

Papaioannou I [L], Papaioannou I, Scheffels J

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

## Modulbeschreibung

### BV600001: Risikoanalyse | Risk Analysis [RA1]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2021

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester
<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:

The module examination consists of a Klausur (duration 90 min).

With the exam the students prove that they are able to reflect and reproduce the contents of the modul. Also the Students demonstrate that they are able to describe and reflect important theories. Throughout the semester, students are given tasks based on the lectures, as well as homework and exercises to continuously check their level of knowledge.

All study materials, literature and simple scientific calculators are permitted as aids in the exam.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

The module will assume a basic knowledge of probability concepts such as random variables and their description (e.g., through completion of the BSc course "Zuverlässigkeit und Lastannahmen") [Modulnumber BV600003]. Basic Matlab knowledge is an advantage but not required (an introduction will be given).

#### Inhalt:

1. Introduction, Data analysis using Matlab
2. Probability theory
3. Random variables
4. Parameter estimation
5. Probabilistic modeling of systems
6. Discrete probability models in engineering
7. Continuous probability models in engineering
8. Multivariate probability models

9. Functions of random variables
10. Monte Carlo simulation
11. Extreme value distributions
12. Random processes
13. Outlook

**Lernergebnisse:**

After participation in the module students are able to understand concepts of uncertainty and information. Students gain a profound toolbox for analyzing engineering problems subject to uncertainty and randomness. At the end of the module, students are able to:

- Know when to apply probabilistic methods and risk analysis
- Use the appropriate probabilistic model for individual and groups of variables
- interpret data analysis (statistics) using Matlab
- Apply Bayes rule for information updating
- Analyze the reliability of systems with statistically dependent elements
- use functions of random variables
- create stochastic process models
- Interpret the quality of a probabilistic analysis

**Lehr- und Lernmethoden:**

The module consist of weekly lectures with integrated exercises from the fields of civil, environmental, structural, and mechanical and transportation engineering.

Lectures will be given on the blackboard, including selected illustrations. Case studies should help the understanding of the problems. The lecture notes in PDF form will be distributed at the beginning of the semester.

Simple examples for hand-calculation will be provided within the lectures and more realistic examples will be carried out using Matlab in the computer facilities of the department.

Short tests (15min) will be carried out during the semester, which serve to self-assess the learning success of students.

**Medienform:**

- Lectures with blackboard supported by PowerPoint
- Exercises, partly using Matlab (which is available to all TUM students)
- Lecture notes including theory and examples
- Short tests
- 2 homework examples

**Literatur:**

Lecture notes will be distributed. The following books provide useful supplemental material:

- Kottegod, N. T., and R. Rosso (2008), Applied statistics for civil and environmental engineers, Blackwell, Oxford.
- Ang, A. H.-S., and Tang, W. H. (2006). Probability Concepts in Engineering: Emphasis on Applications to Civil and Environmental Engineering, Wiley, New York.

- Benjamin, J. R., and C.A., C. (1970). Probability, Statistics and Decision for Civil Engineers, McGraw-Hill, New York.
- Bedford, T., and Cooke, R. (2001). Probabilistic risk analysis: foundations and methods, Cambridge University Press.

**Modulverantwortliche(r):**

Herr Prof. Dr. sc. Tech. Daniel Straub [straub@tum.de](mailto:straub@tum.de)

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

Risikoanalyse (Vorlesung mit integrierten Übungen, 4 SWS)

Straub D [L], Straub D, Teichgräber P

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

## Modulbeschreibung

### BV600004: Zuverlässigkeitstheorie | Structural Reliability [SR]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2011/12

<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:

The course assessment takes place as a project work. The students will solve a practical problem that requires implementation of the methods discussed in class in a computer code. The students will be evaluated based on a written project report (max. 10 pages) that documents the implemented approach and obtained results. The students will present their project in a 15-minute presentation followed by a discussion of the presented solution approach. The aim of the project is that students become familiar with the concepts discussed in class through hands-on experience. The project report will assess the students' understanding of the implemented methods and their applicability to specific problems. The purpose of the presentation is to assess the students' ability to describe theoretical concepts and communicate the adopted approach to solve a practical problem in a clear fashion.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester / Semesterende

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

The course will assume a basic knowledge of probability concepts such as random variables and their description (e.g., through completion of the BSc course Zuverlässigkeit and MSc course Risk Analysis I). Basic Matlab knowledge is an advantage.

#### Inhalt:

1. Introduction and brief review of basic probability theory
2. First Order Reliability Method
3. Risk acceptance and target reliabilities
4. System reliability
5. Monte Carlo Simulation
6. Importance sampling
7. Subset simulation

8. Response surface methods (metamodels) and coupling with FEM codes
9. Random variable elimination
10. Time variant reliability analysis
11. Final project

**Lernergebnisse:**

This course enables the student to perform reliability analysis for realistic engineered structures and systems, and to interpret the results of such analyses. At the end of the course, the student will be able to:

- Formulate the reliability problem for realistic structures.
- Establish the probabilistic model for various loadings and materials.
- Compute estimates of the failure probability of engineered systems using various approximate methods.
- Construct response surfaces for the reliability analysis of systems that are analyzed with large FEM codes.
- Assess the relative importance of random variables.
- Assess the sensitivities of the results to model assumptions.
- Update the reliability estimates with observed data.
- Perform reliability-based optimization of engineered systems

**Lehr- und Lernmethoden:**

The course will consist of lectures (50%) and numerical calculations (50%). Exercises will be performed partly using general-purpose and specialized computer software.

**Medienform:**

- lectures with blackboard supported by Powerpoint
- excercises in the computer lab using Matlab and Strurel software
- lecture notes including theory and examples
- homework examples

**Literatur:**

Lecture notes will be distributed. The following books provide useful supplemental material:

- Melchers R. (1999). Structural Reliability Analysis and Prediction. 2nd edition, John Wiley & Sons, New York
- Ditlevsen, O., and H. O. Madsen (1996), Structural Reliability Methods, John Wiley & Sons.

**Modulverantwortliche(r):**

Daniel Straub (straub@era.bv.tum.de)

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

Structural Reliability (Seminar, 2 SWS)

Straub D [L], Georgiadis D, Papaioannou I, Straub D, Teichgräber P

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

## Modulbeschreibung

### ED160034: Kunststoffcharakterisierung und -analyse | Analysis and Testing of Plastics [AToP]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2024

<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 Modulprüfung erfolgt in Form einer schriftlichen oder, mit vorheriger Ankündigung, als mündliche Klausur basierend auf Inhalten der Vorlesung, des praktischen Teils sowie aus Teilen des Selbststudiums. Die Klausur beurteilt ob die Studierenden das Kurrikulum zu einem zufriedenstellenden Niveau beherrschen. Die Bearbeitungsdauer der Klausur ist 60 Minuten. Es ist nur ein nicht programmierbarer Taschenrechner als Hilfsmittel erlaubt. Die Klausur besteht sowohl aus Wissensfragen als auch aus Anwendungsaufgaben.

Die Klausur beurteilt ob

- die Studierenden die physikalischen und chemischen Grundprinzipien der Analysemethoden verstehen sowie die Relevanz der Methoden für verschiedene Branchen und Anwendungsbereiche ableiten können.
- die Daten verschiedener Analysemethoden zu interpretieren und zu diskutieren, wie diese mit der Polymerstruktur und -chemie verknüpft sind.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

keine

#### Inhalt:

Die Vorlesung vermittelt ein vertieftes Verständnis zu den unterschiedlichen Analysemethoden für Kunststoffe. Dabei werden die Bereiche

- Polymerklassen
- Thermische Analyse
- Kriechen und Relaxation
- Statische Mechanische Analyse

- Dynamische Analyse
- Rheologische Analyse
- Flammeigenschaften
- Alterung
- Schadensanalyse
- Recycling von Kunststoffen

hinsichtlich deren chemischen und physikalischen Grundprinzipien sowie deren Anwendungsbereiche analysiert. Beginnend vom Messprinzip inklusive physikalischer und chemischer Wirkmechanismen, über den Anlagenaufbau und die Probenpräparation, bis hin zur Interpretation von experimentellen Ergebnissen. Ergänzt werden die Vorlesungsinhalte durch die Grundlagen für die softwarebasierte Vorhersage von Vernetzungsreaktionen, die auf Kinetik-Modellen basieren. Anhand konkreter Anwendungen in unterschiedlichen Branchen & Verfahren wird das grundlegende Wissen vertieft und Anwendungskriterien abgeleitet.

### **Lernergebnisse:**

Nach der Teilnahme an dem Modul haben die Studierenden ein breites Verständnis von verschiedenen Analysemethoden von Kunststoffen und verstehen wie diese Methoden funktionieren. Nach Absolvieren des Moduls, sind Studierende in der Lage:

- Kunststoffeigenschaften aus den Analysen zu bestimmen und zu bestehen, wie die Analysemethoden funktionieren.
- zwischen verschiedenen Polymerklassen zu unterscheiden sowie deren charakteristischen Eigenschaften zu benennen.
- die fundamentalen Mechanismen der wichtigsten Analysemethoden zu erkennen und deren Wichtigkeit für verschiedene Branchen oder Anwendungen darzustellen.
- verschiedene Kunststoffe durch Anwendung der Analysemethoden zu erkennen.
- Für die jeweilige Anwendung bzw. Fragestellung das geeignete Analyseverfahren ableiten sowie umgekehrt, durch die durchgeführten Analysen, Vorschläge für die Anwendung von verschiedenen Kunststoffen treffen.

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

Das Modul besteht aus mehreren Vorlesungseinheiten, Laborübungen und Selbststudien (Hausübungen), die einander komplementieren. In der Vorlesung wird zunächst ein Überblick über Kunststoffe, deren Aufbau und Einteilung sowie deren charakteristischen Eigenschaften gegeben. Der Schwerpunkt liegt dann auf den Grundlagen von verschiedenen Analysemethoden von Kunststoffen, die anhand von Vortrag, Präsentation und Praxisbeispielen erklärt werden. Die Vorlesungsunterlagen werden auf geeignete Weise zur Verfügung gestellt. Damit sollen die Studierenden lernen, die verschiedenen Analysemethoden für Kunststoffe zu verstehen. Die Möglichkeiten für Rückfragen sind gegeben. Die Studenten erlernen die fundamentalen Analysemethoden für unterschiedliche Anwendungsfälle zu unterscheiden und die Ergebnisse korrekt zu interpretieren.

### **Medienform:**

Vortrag, Präsentation, Tablet-PC mit Beamer

**Literatur:**

Tim Osswald, Natalie Rudolph, Polymer Rheology, Hanser, 2013, ISBN 978-1-56990-517-3

Ehrenstein, Gottfried & Riedel, Gabriela & Trawiel, Pia, Thermal Analysis of Plastics, 2004, ISBN 978-3-446-22340-0

Gebhardt, Andreas, and Jan-Steffen Hötter. Additive manufacturing: 3D printing for prototyping and manufacturing. Carl Hanser Verlag GmbH Co KG, 2016.

George Wypych, Handbook of Polymers, ChemTec Publishing, 2012, ISBN 978-1-895198-47-8

Kevin P. Menard. Dynamic Mechanical Analysis: A Practical Introduction, Second Edition (English Edition) 2nd Edition 2008, ISBN 978-1420053128

**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) oder [hier](#).

## Modulbeschreibung

### ED160037: Circular Economy Spotlights: Technologische Innovationen und Nachhaltigkeitsperspektiven der Kreislaufwirtschaft | Circular Economy Spotlights: Technological Innovations and Sustainable Perspectives of the Circular Economy

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2024

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Deutsch/Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Unregelmäßig
<b>Credits:*</b> 3	<b>Gesamtstunden:</b> 90	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 75	<b>Präsenzstunden:</b> 15

\* 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 module examination is an open book written exam composed of subtasks assessing the knowledge gained for each of the lecture themes as well as 1 reflective component. The tasks make out 80% of the total exam assessment and the reflective component is weighted 20%.

For each of the tasks, 2-3 reflective questions need to be answered. The duration of the exam will be 60 minutes.

- Online Exam: The examination will be conducted through a virtual platform (e.g. Moodle)
- Reflection Component: Students will be required to submit a reflective component consisting of multiple small mandatory reflection tests as part of the examination, providing insights into their holistic understanding and application of Circular Economy concepts. For the reflection component, Moodle will be utilized for reflection tests in the form of a 'Discussion Corner.' The plenary discussion feature on Moodle will serve as a space to reflect on lecture contents, allowing students, especially those who may not be familiar with each other due to the nature of the new module, to exchange perspectives on various insights and their content.

The reflective component will be weighted with 20% and should test the student's understanding of the interconnectedness of the thematic explorations and reflect on the individual learnings in a broader context of the Circular Economy and its dynamic and evolving field of research.

- Open-Book Approach: The examination will adopt an open-book approach, allowing students to refer to course materials and resources during the assessment.
- Pass/Fail Grading: The examination will be graded on a Pass/Fail basis, emphasizing a holistic assessment of the student's overall comprehension, critical thinking, and new Circular Economy perspectives acquired by the students throughout the course.

A strongly suggested prerequisite for writing the exam is attendance on the lecture days (see Content).

The examination will primarily assess the following learning outcomes:

**Comprehensive Understanding:**

- Evaluate the student's fundamental understanding of Circular Economy, its principles, and its significance in the sustainability discourse, such as the connection between climate impact and Circular Economy
- Comprehend the diverse disciplinary lenses through which Circular Economy can be examined and the discipline-specific knowledge acquired in dedicated lectures.
- Understand the thematic breadth and complexity of the Circular Economy considering environmental, ecological, economic, and social perspectives.

**Reflecting:**

- Evaluate the complexity and multifaceted nature of the Circular Economy, considering different perspectives gained through the spotlight lectures.
- Assess the student's grasp of the importance of interdisciplinarity in the context of Circular Economy.

**Wiederholungsmöglichkeit:**

Folgesemester

**(Empfohlene) Voraussetzungen:**

None Specified

**Inhalt:**

The module aims to offer a foundational understanding of Circular Economy, its thematic breadth and complexity by covering disciplines such as Engineering, Natural Sciences, Economics, Politics, and Management and suggesting a personalized approach. The concept is to provide insights across TUM locations and disciplines through expert-led lecture sessions inspired by existing courses. The module opens doors to a series of sustainability lectures, allowing students to delve into the diverse aspects of Circular Economy across different disciplines. For this, a clustered series of lectures and activities will be offered from different disciplines that allow joining without a specific prerequisite in the field.

Students will gain insights into Circular Economy concepts, including but not limited to covering disciplines such as Engineering, Natural Sciences, Economics, Politics, and Management. Opportunities for engaging with guest speakers are integrated into the portfolio, enriching the learning experience with real-world insights.

A kick-off and onboarding session will be organized to introduce participants to the module. Reflection on the learnings and expectations may be part of this initiation process as well as an ending event on the last day of lectures.

### **Lernergebnisse:**

After completion of the Circular Economy Spotlight lectures, the course participants will be able to:

- o Understand the concept of the Circular Economy and its foundational principles.
- o Explain the difference between the traditional linear economy as opposed to the concept of a Circular Economy.
- o Gained specific knowledge and insights into Circular Economy aspects applied in multiple disciplines across TUM Schools and locations, such as within Engineering, Natural Sciences, Economics, Politics, and Management.
- o Understand the relevance of interdisciplinarity for Circular Economy.
- o Assess and reflect on the Circular Economy from an environmental, economic, and social perspective and understand its complexity and broadness of application in different fields.

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

The teaching and learning methods for in-person lectures will predominantly rely on the individual speaker styles. As a result, these methods may vary from what is considered typical in different disciplines and may include:

- Media-assisted teacher-centered teaching based on presentations.
  - Practical examples from guest lectures, providing insights into the subject matter from an applied perspective.
  - Active participation in practical learning, such as - Dismantling and recycling exercises in the CE-lab
  - Active participation in question rounds and discussions with the teacher and other students
- In addition to the individual contact lectures, introductory sessions on the concept of Circular Economy will be held in a hybrid format, to participate in live, recorded, or online lectures, giving them the flexibility to rewatch the content throughout the entire duration of the module.

In addition, part of the self-study contains:

- reading of scientific publications
- plenary discussion through moodle to reflect on the lecture contents & to consolidate/repeat the learned contents

### **Medienform:**

Kick-off online video, digital projector, board, flipchart, PowerPoints, online content, scientific journal publications

Online Information: e-learning course on moodle

### **Literatur:**

An extensive reading list will be provided in the portfolio as preparation for each lecture. For introductory reading, please see the recommended reading below.

- Recommend Reading:
  - Baccini, Peter (1991): Metabolism of the Anthroposphere, Springer
  - De Angelis, Roberta (2018): Business Models in the Circular Economy: Concepts, Examples and Theory, Palgrave Macmillan

- Kirchherr, Julian & Reike, Denise & Hekkert, M.P.. (2017). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. Resources, Conservation and Recycling. 127. 221-232. 10.1016/j.resconrec.2017.09.005.
- Wiesmeth, H. (2021): Implementing the circular economy for sustainable development. Elsevier, Amsterdam.
- Denise Reike, Walter J.V. Vermeulen, Sjors Witjes (2018) ,The circular economy: New or Refurbished as CE 3.0? — Exploring Controversies in the Conceptualization of the Circular Economy through a Focus on History and Resource Value Retention Options,Resources, Conservation and Recycling,Volume 135,
- TUM Forum Sustainability – Circular Economy, Reichwald et al. 2022, TUM University Press
- Circular Economy Action Plan – COM (2020), European Commission
- Circular Economy Initiative Deutschland (Hrsg.): Circular Economy Roadmap für Deutschland, \*Kadner, S., Kobus, J., Hansen, E., Akinci, S., Elsner, P., Hagelüken, C., Jaeger-Erben, M., Kick, M., Kwade, A., Kühl, C., Müller-Kirschbaum, T., Obeth, D., Schweitzer, K., Stuchtey, M., Vahle, T., Weber, T., Wiedemann, P., Wilts, H., von Wittken, R. acatech/SYSTEMIQ, München/London 2021.DOI: [https://doi.org/10.48669/ceid\\_2021-3](https://doi.org/10.48669/ceid_2021-3)

**Modulverantwortliche(r):**

Fottner, Johannes; 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

### IN2379: Fortgeschrittene Datenverarbeitungs- und Visualisierungstechniken | Advanced Data Handling and Visualization Techniques

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2020

<b>Modulniveau:</b> Bachelor/Master	<b>Sprache:</b> Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Sommersemester
<b>Credits:*</b> 6	<b>Gesamtstunden:</b> 180	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 105	<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:

Prüfungsleistung (benotet):

Die Prüfung erfolgt als schriftliche Klausur von 90 min, in denen die Studierenden ihre Fähigkeiten zeigen, Techniken und Methoden zu Datenverarbeitung zu evaluieren, Daten zu analysieren und Visualisierungstechniken zur Darstellung ihrer Ergebnisse zu verwenden. Darüber hinaus zeigen sie ihre Fähigkeiten prädiktive Modelle zu erstellen und anzuwenden. Die Studierenden evaluieren die Vor- und Nachteile von NoSQL-Datenbanken im Hinblick auf die gegebenen Fragestellungen. Sie sind ebenso dazu in der Lage, ihre Lösungen in Form von (Pseudo-)Code auszudrücken.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Datenbank- und Programmierkenntnisse auf Bachelor Niveau.

#### Inhalt:

- Vektorisierte Operationen
- + Einführung in Python
- + Vektorisierte Operationen
- + Effekt Vektorisierung auf Berechnungen
- Datenbanke & Visualisierung
- + Biologische Datenbanken
- + Integration von biologischen Daten
- + Verarbeitung von biologischen Daten
- + Visuelle Datenexploration

- + Vorhersage basierend auf biologischen Daten
- + Jenseits von SQL: Dokumenten-orientierte Datenbanken
- + Jenseits von SQL: Graphdatenbanken
- + Verteilte Datenverarbeitung
- Kommunikation der Ergebnisse
- + Laufzeitanalyse des Codes und Optimierung von Engpässen
- + WWW: Bereitstellung eines online-Dienstes
- + Interaktive Visualisierungstechniken

### **Lernergebnisse:**

Nach dem erfolgreichen Absolvieren des Moduls sind die Studenten in der Lage:

- eine Pipeline für die Datenextraktion und -integration aus Biologischen Ressourcen zu erstellen
- Techniken anzuwenden, um die Daten effizient zu verarbeiten
- die Daten zu analysieren und entsprechende Visualisierungen ihrer Analysen zu erzeugen
- Visualisierungstechniken anzuwenden und zu evaluieren
- angemessene NoSQL Lösungen im Hinblick auf ihre Daten auszuwählen

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

Die Studierenden erwerben in der Vorlesung das Verständnis von Konzepten, Techniken und Methoden zur Datenextraktion, -verarbeitung und -visualisierung. Sie bewerten ihr erworbenes Wissen durch eine Überprüfung der Folien und in Diskussionen mit den Lehrenden. Die Studierenden entwickeln und wenden ihre Fähigkeiten in den Übungen auf praktische Probleme an. In den Hausaufgaben entwickeln die Studierenden ihre Fähigkeiten gegebene Aufgaben zu analysieren und entsprechende Lösungen zu entwickeln.

### **Medienform:**

Tafelanschrieb, Übungsblätter, Präsentationen

### **Literatur:**

- Travis E. Oliphant: Guide to NumPy, 2nd ed., CreateSpace, 2015
- Wes McKinney: Python for Data Analysis: Data Wrangling with Pandas, NumPy, and Ipython, 2nd ed., O'Reilly Media, 2017
- Paul M. Selzer, Richard J. Marhöfer, Oliver Koch: Applied Bioinformatics, 2nd. ed., Springer, 2018

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

Rost, Burkhard; Prof. Dr.

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

Übung Fortgeschrittene Datenverarbeitungs- und Visualisierungstechniken (IN2379) (Übung, 3 SWS)

Richter L

Fortgeschrittene Datenverarbeitungs- und Visualisierungstechniken (IN2379) (Vorlesung, 2 SWS)

Richter L

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

## Modulbeschreibung

### IN2379: Fortgeschrittene Datenverarbeitungs- und Visualisierungstechniken | Advanced Data Handling and Visualization Techniques

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2020

<b>Modulniveau:</b> Bachelor/Master	<b>Sprache:</b> Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Sommersemester
<b>Credits:*</b> 6	<b>Gesamtstunden:</b> 180	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 105	<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:

Prüfungsleistung (benotet):

Die Prüfung erfolgt als schriftliche Klausur von 90 min, in denen die Studierenden ihre Fähigkeiten zeigen, Techniken und Methoden zu Datenverarbeitung zu evaluieren, Daten zu analysieren und Visualisierungstechniken zur Darstellung ihrer Ergebnisse zu verwenden. Darüber hinaus zeigen sie ihre Fähigkeiten prädiktive Modelle zu erstellen und anzuwenden. Die Studierenden evaluieren die Vor- und Nachteile von NoSQL-Datenbanken im Hinblick auf die gegebenen Fragestellungen. Sie sind ebenso dazu in der Lage, ihre Lösungen in Form von (Pseudo-)Code auszudrücken.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Datenbank- und Programmierkenntnisse auf Bachelor Niveau.

#### Inhalt:

- Vektorisierte Operationen
- + Einführung in Python
- + Vektorisierte Operationen
- + Effekt Vektorisierung auf Berechnungen
- Datenbanke & Visualisierung
- + Biologische Datenbanken
- + Integration von biologischen Daten
- + Verarbeitung von biologischen Daten
- + Visuelle Datenexploration

- + Vorhersage basierend auf biologischen Daten
- + Jenseits von SQL: Dokumenten-orientierte Datenbanken
- + Jenseits von SQL: Graphdatenbanken
- + Verteilte Datenverarbeitung
- Kommunikation der Ergebnisse
- + Laufzeitanalyse des Codes und Optimierung von Engpässen
- + WWW: Bereitstellung eines online-Dienstes
- + Interaktive Visualisierungstechniken

### **Lernergebnisse:**

Nach dem erfolgreichen Absolvieren des Moduls sind die Studenten in der Lage:

- eine Pipeline für die Datenextraktion und -integration aus Biologischen Ressourcen zu erstellen
- Techniken anzuwenden, um die Daten effizient zu verarbeiten
- die Daten zu analysieren und entsprechende Visualisierungen ihrer Analysen zu erzeugen
- Visualisierungstechniken anzuwenden und zu evaluieren
- angemessene NoSQL Lösungen im Hinblick auf ihre Daten auszuwählen

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

Die Studierenden erwerben in der Vorlesung das Verständnis von Konzepten, Techniken und Methoden zur Datenextraktion, -verarbeitung und -visualisierung. Sie bewerten ihr erworbenes Wissen durch eine Überprüfung der Folien und in Diskussionen mit den Lehrenden. Die Studierenden entwickeln und wenden ihre Fähigkeiten in den Übungen auf praktische Probleme an. In den Hausaufgaben entwickeln die Studierenden ihre Fähigkeiten gegebene Aufgaben zu analysieren und entsprechende Lösungen zu entwickeln.

### **Medienform:**

Tafelanschrieb, Übungsblätter, Präsentationen

### **Literatur:**

- Travis E. Oliphant: Guide to NumPy, 2nd ed., CreateSpace, 2015
- Wes McKinney: Python for Data Analysis: Data Wrangling with Pandas, NumPy, and Ipython, 2nd ed., O'Reilly Media, 2017
- Paul M. Selzer, Richard J. Marhöfer, Oliver Koch: Applied Bioinformatics, 2nd. ed., Springer, 2018

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

Rost, Burkhard; Prof. Dr.

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

Fortgeschrittene Datenverarbeitungs- und Visualisierungstechniken (IN2379) (Vorlesung, 2 SWS)  
Richter L

Übung Fortgeschrittene Datenverarbeitungs- und Visualisierungstechniken (IN2379) (Übung, 3 SWS)

Richter L

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]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab 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

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

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab 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 - Übung (Übung, 1 SWS)

Gümmer V [L], Chakroun Y, de Mendonca Luz G, Rocchi S

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

Gümmer V [L], Gümmer V ( Chakroun Y, de Mendonca Luz G, Rocchi S )

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]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab 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

### MW0620: Nichtlineare Finite-Element-Methoden | Nonlinear Finite Element Methods [NiliFEM]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab 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 Prüfungsleistung wird in Form einer schriftlichen Klausur (Bearbeitungsdauer 90 min) erbracht, in der sowohl Fakten- und Zusammenhangswissen zur Anwendung der Finite-Element-Methode als auch Problemlösungskompetenz überprüft werden. Damit soll nachgewiesen werden, dass in begrenzter Zeit und mit begrenzten Hilfsmitteln (erlaubt ist ein nicht-programmierbarer Taschenrechner) ein Deformations-Problem erkannt und beschrieben wird und Wege zur korrekten Lösung gefunden werden. Die Studierenden sollen so demonstrieren, dass sie z. B. die Finite-Element-Methode auf nichtlineare Problemstellungen anwenden können, geeignete Dehnungs- und Spannungsmaße auswählen und berechnete Gleichgewichtspfade zu charakterisieren.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Finite Elemente

#### Inhalt:

Um es einfach zu formulieren: Die Welt, in der wir leben, ist nichtlinear. Dementsprechend kommt den nichtlinearen Finite-Element-Methoden (FEM) eine bedeutende Stellung in der Simulation moderner Anwendungen zu. Die Vorlesung Nichtlineare Finite-Element-Methoden konzentriert sich auf die Beschreibung von Festkörper-Strukturen, die großen Deformationen ausgesetzt sind, wie sie beispielsweise bei Flugzeugtragflächen, Abspannungen, etc. auftreten. Dabei wird auf die numerische Umsetzung und Behandlung von nichtlinearen Phänomenen wie Stabilität eingegangen.

In der Vorlesung werden unter anderem die folgenden Themen behandelt:

- (1) Nichtlineare Dehnungsmaße
- (2) Geometrische Nichtlinearität bei großen Deformationen

- (3) Nichtlineare Lösungsstrategien (Newton-Raphson-Iteration, Pfadverfolgung, ...)
- (4) Stabilität (Extended systems, ...)
- (5) Nichtlineare Dynamik
- (6) Kontaktmechanik

**Lernergebnisse:**

Nach der erfolgreichen Teilnahme am Modul Nichtlineare Finite-Element-Methoden sind die Studierenden in der Lage die Finite-Element-Methode auf nichtlineare Problemstellungen anzuwenden. Dabei können sie geeignete Dehnungs- und Spannungsmaße zur Beschreibung des Problems auswählen. Außerdem sind die Studierenden in der Lage berechnete Gleichgewichtspfade zu charakterisieren und kritische Punkte zu erkennen.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Die Vorlesung findet als Vortrag (Präsentation mit Tablet-PC und Beamer) statt. Damit können die theoretischen Grundlagen der Finite-Element-Methode sowie mathematische Zusammenhänge anschaulich vermittelt und hergeleitet werden. Wichtige Inhalte der Vorlesung werden dabei am Tablet-PC angeschrieben, die die Studierenden in ihr Lückenskript übertragen können. In den Übungen werden Beispielaufgaben (zur Lösung von geometrisch nichtlinearen Systemen, Bestimmung von Gleichgewichtspfaden, Linearisierung von Gleichungssystemen und Lösen mittels dem Newton Verfahren, Diskretisierung mittels finiter Elemente) vorgerechnet, 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.

**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):**

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]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab 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> 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 einer Formelsammlung zusammenhängende Probleme erarbeitet werden sollen.

Zugelassenes Hilfsmittel: nicht-programmierbarer Taschenrechner.

Im Wintersemester wird das Modul auf deutsch angeboten.

Die Prüfung wird nach jedem Semester in deutscher und englischer Sprache angeboten.

Im Sommersemester wird das Modul auf englisch angeboten.

#### 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; 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, Bott L

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]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab 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.

**Lernergebnisse:**

Am Ende des Moduls 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], Liu C, 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

### MW0877: Aerodynamik des Flugzeugs 2 | Aerodynamics of Aircraft 2 [Aero II]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2023

<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 Prüfungsleistung wird in Form einer 90-minütigen, schriftlichen Klausur erbracht, in der das Erreichen sämtlicher Lernergebnisse überprüft wird. In einem Kurzfragenteil sollen die Studierenden demonstrieren, dass sie die Grundlagen, Modelle und Methoden der fortgeschrittenen Aerodynamik des Flugzeugs verstehen. Durch die Bearbeitung von Rechenaufgaben soll nachgewiesen werden, dass die Studierenden in begrenzter Zeit und mit begrenzten Hilfsmitteln Probleme der Konfigurations-, Unterschall- und Überschallaerodynamik erkennen und Wege zu deren korrekten Lösung finden.

Zugelassene Hilfsmittel für die Prüfung:

Teil 1 - Kurzfragenteil: keine, Ausnahme: nicht programmierbarer Taschenrechner

Teil 2 - Aufgabenteil: Aufgabensammlung, Skripten, Bücher, etc., nicht programmierbarer Taschenrechner

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Fluidmechanik I, Fluidmechanik II, Aerodynamik des Flugzeugs I

#### Inhalt:

Das Modul Aerodynamik des Flugzeugs II erweitert die im Modul Aerodynamik des Flugzeugs I vermittelten Grundlagen der Berechnung und der Analyse der auf ein Fluggerät wirkenden Luftkräfte.

Inhalte:

- Tragfläche endlicher Spannweite: Geometrie; Verdrängungs- und Auftriebsströmung
- Herleitung und Anwendung des Tragflächenverfahrens, Überblick über Panel-, Gitter- und Traglinienverfahren

- Einfluß der Flügelgeometrie auf die aerodynamischen Beiwerte
- Beiwerte der Seitenbewegung
- Tragflügeltheorie bei Unterschallströmung: Prandtl-Glauert-Transformation, kritische Machzahl, Einfluß der Machzahl auf die Beiwerte; transsonische Effekte
- Profil- und Tragflügeltheorie bei Überschallströmung; Wellenwiderstand; Goethert-Transformation
- Aerodynamik der Leitwerke

### **Lernergebnisse:**

Nach erfolgreicher Teilnahme am Modul sind die Studierenden in der Lage:

- die potentialtheoretischen Näherungsverfahren in Form des Tragflächen- und Wirbelgitterverfahrens zu erklären und anzuwenden
- weitere gängige Näherungsverfahren für die Konfigurationsaerodynamik darzulegen
- die Nachlaufströmung zu charakterisieren und zugeordnete Größen näherungsweise zu berechnen
- den Einfluss der Flügelgeometrie und der Flugzeugkonfiguration auf die aerodynamischen Derivativa der Längs- und Seitenbewegung darzustellen und zu ermitteln
- die aerodynamischen Phänomene im Trans- und Überschall zu charakterisieren
- aerodynamische Größen von Profilen und Tragflügeln bei Überschallströmung auf Basis der Potentialtheorie zu berechnen
- die Wirksamkeit des Leitwerks und die Interferenzwirkung des Flügels auf das Leitwerk zu ermitteln

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

In der Vorlesung werden Lehrinhalte anhand von Vortrag, Präsentation und Anschrieb mittels Folien, Tablet-PC und Beamer vermittelt. Die Theorie wird mittels Beispielen veranschaulicht. Den Studierenden werden eine Foliensammlung, ein ergänzendes Skript, sowie ein Sammlung von Übungsaufgaben online zugänglich gemacht. Die Übung gliedert sich in zwei Teile. In einem ersten Abschnitt werden mittels Tablet-PC zu den jeweiligen Aufgaben Lösungswege präsentiert und Aufgaben vorgerechnet. Im zweiten Abschnitt wird den Studierenden im Rahmen einer rechnergestützten Zusatzübung der Zusammenhang zwischen Theorie und Praxis verdeutlicht.

### **Medienform:**

Multimedial gestützter Frontalunterricht, Übungen am Computer

### **Literatur:**

Vorlesungsmanuskript, Übungsaufgabensammlung.

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

Breitsamter, Christian; 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](https://campus.tum.de) oder [hier](#).

## Modulbeschreibung

### MW1419: Thermodynamics for Energy Conversion | Thermodynamics for Energy Conversion [TEC]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2023/24

<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 schriftliche Klausur besteht aus einem theoretischen Teil und einem Berechnungsteil (insgesamt 90 min). Es sind keine Hilfsmittel bis auf einen nicht programmierbaren Taschenrechner und eine vorher ausgeteilte Formelsammlung erlaubt.

Im theoretischen Teil müssen die Studierenden grundlegende Verständnisfragen zu Grundlagen der Thermodynamik und Anwendung der Exergieanalyse beantworten. Im Berechnungsteil wird überprüft, inwieweit die Studierenden die Konzepte zur thermodynamischen Bewertung von Prozessen und der Reduzierung von Exergieverlusten anwenden können.

Die Klausur setzt sich aus einem kurzen Multiple-Choice Teil (ca. 20 %), theoretischen Verständnisfragen (ca. 40 %) und einem Rechenteil (ca. 40 % zusammen). Zum Bestehen der Prüfung werden ungefähr 50 % der Punkte benötigt. Die theoretischen Fragen beziehen sich auf Vorlesungsthemen und -material, während der Berechnungsteil auf den Übungen basiert. Theorie- und Berechnungsteil können nicht separat zueinander bestanden werden.

In der schriftlichen Prüfung sollen die Studenten nachweisen, dass sie in der Lage sind, die wichtigsten thermodynamischen Methoden anzuwenden, die in den Lernergebnisse aufgeführt sind und die geforderten Berechnungen unter Zeitdruck durchzuführen. Die Prüfung enthält auch theoretische Fragen zu den Methoden und Anwendungen der Exergieanalyse in Energieumwandlungssystemen, durch die die Studenten nachweisen, dass sie die in den Vorlesungen gelehrt Grundkonzepte verstanden haben.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

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

Grundlegendes Wissen über mathematische, physikalische und chemische Zusammenhänge. Ein Ingenieurshintergrund ist vorteilhaft für das Verständnis des Moduls.

### **Inhalt:**

Erster Teil der Vorlesung: Grundlagen

Systemgrenzen setzen, Massen-/Energiebilanzen, Erster und Zweiter Hauptsatz der Thermodynamik, offene und geschlossene Systeme, Phasengleichgewichte, Dampf tafeln, Entropie und Irreversibilität, Prozessänderungen und Kreisprozesse, Exergie betrachtung

Zweiter Teil: Anwendung auf Energiewandlungsprozesse

Dampf kreislauf: Funktion, Berechnung, Optimierung, Vergleich mit ORC

Gasturbine: Effizienz, Optimierung, Kombination mit Dampf kreisläufen (GuD), KWK

Kältemaschinen: Kreisläufe, Joule-Thomson Effekt, Kältemittel, Wärmepumpen

Erneuerbare Technologien: Geothermie (oberflächlich und tief), solarthermische und industrielle Abwärmenutzung.

Chemische Reaktionen: Grundkonzept, Stöchiometrie, energetische und thermodynamische Betrachtung, Verbrennungsreaktionen

Brennstoffzellen: Prinzip, Vorteile, Berechnung, Elektrolyse

Ausweitung der Exergie betrachtung auf Brennstoffe (chemische Exergie, Exerriefaktoren, Brennwert)

### **Lernergebnisse:**

Die Studierenden verstehen die Gesetzmäßigkeiten der Thermodynamik und können sie auf reale Problemstellungen anwenden. Die Grundkonzepte moderner Energiewandlungsprozesse (z.B. thermisches Kraftwerk, Brennstoffzelle) können wiedergegeben werden und hinsichtlich ihrer Effizienz und ihres Optimierungspotenzials bewertet werden.

Die Studierenden verstehen das Funktionsprinzip thermodynamischer Prozesse sowohl in konventionellen als auch in erneuerbaren Energieanwendungen und können die thermodynamische Leistung erneuerbarer Technologien, wie z. B. Erdwärmekraftwerke oder Erdwärmepumpen, bewerten und beurteilen. Darüber hinaus sind die Studierenden in der Lage, die Rolle von Brennstoffzellen im Zusammenhang mit einem zukünftigen nachhaltigen Energiesystem zu diskutieren.

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

Während der Vorlesung werden die Lehrinhalte mittels Powerpointpräsentationen vermittelt. Zusätzliche dienen Tafelzeichnungen, weitere grafische Veranschaulichungen, sowie regelmäßige Diskussionen dem Verständnis der behandelten Energieumwandlungsprozesse und den darin auftretenden Exergieverlusten. Studenten sind dazu angehalten, sich aktiv an der Diskussion zu beteiligen. Die Vor- und Nachbereitung der Inhalte mittels eigenen Mitschriften und den zur Verfügung gestellten Vorlesungsfolien ist nötig, um die theoretischen Grundlagen von Kraftwerksprozessen samt Komponenten vollständig erfassen zu können. In der Übung werden Beispielprozesse vorgerechnet und dadurch das Vorgehen beim Lösen thermodynamischer Problemstellungen gezeigt. Zudem bietet die Übung die Möglichkeit, die Inhalte der Vorlesung

nochmals zu diskutieren. Vorlesungsbegleitend werden Online-Selbsttests angeboten, um den Studierenden die Möglichkeit zu geben, ihren Wissensstand selbst zu prüfen.

**Medienform:**

Powerpointpräsentationen, Tafelzeichnungen, Videos, Bilder, Online-Tests

**Literatur:**

Vorlesungsfolien, Handouts, Literaturempfehlungen werden zur Verfügung gestellt

Moran, Michael J. ; Shapiro, Howard N. ; Boettner, Daisie D. ; Bailey, Margaret B.: Fundamentals of Engineering Thermodynamics. New York: Wiley, 2014.

**Modulverantwortliche(r):**

Spliethoff, Hartmut; Prof. Dr.-Ing.

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

Übung zu Thermodynamics in Energy Conversion (Übung, 1 SWS)

Schifflechner C [L], Schifflechner C, Ceruti A, Ohmstedt S, Ostermann K, von Zabienski J

Thermodynamics in Energy Conversion (Vorlesung, 2 SWS)

Schifflechner C [L], Schifflechner C, Ohmstedt S, von Zabienski J

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

## Modulbeschreibung

### MW1532: Thermal Power Plants (MSPE) | Thermal Power Plants (MSPE)

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2023

<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:

The written exam consists of a theoretical part with short questions (30 min) and a second part with calculations (60 min). For the theoretical part, no further help is allowed. Students should be able to answer questions related to the thermodynamic principles of power cycles, to the major components of power plants and to the systems used to limit their emissions. For the second part, students can use a calculator (non-programmable), a given h-s diagram and steam table as well as one DIN A4 sheet (2 pages) hand-written in the colour of green list of formulas in order to perform calculations regarding the main power plant components as well as more advanced plant configurations and cycle optimization concepts.

The theoretical part accounts for 33.3 % and the calculation part for 66.6 % of the total points. To pass the exam you must achieve at least 50 % of the total points. Theoretical and calculation parts cannot be passed separately.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Basic knowledge in Thermodynamics and Power Plants are helpful. The lecture "Thermodynamics in Energy Conversion" is recommended but not mandatory

#### Inhalt:

1. Introduction (Energy Conversion, Overview)
2. Steam Power Cycles (Thermodynamic Fundamentals, Efficiency, State of the Art)
3. Combustion (Fuels, Fundamentals, Systems)
4. Steam Generation (History, Fundamentals, Systems)

5. Power Plant Control (Transmission Grid, Grid and Power Plant Control)
6. Gas Turbines (Thermodynamic Fundamentals, Examples)
7. Combined Cycles for Natural Gas (Thermodynamic Fundamentals, Waste Heat Steam Generation, Cycles)
8. Combined Cycles for Solid Fuels (Processes and Characteristics, IGCC)
9. Carbon Capture and Storage/Utilization (CCS/CCU)
10. Solar Power Plants (Collector, Heat Storage, Technology examples)
11. Nuclear Power Plants (Physics, Reactors, Framework)

### **Lernergebnisse:**

Students should gain in-depth insight into the thermodynamic principles of the most important power cycles, especially the Clausius-Rankine/steam cycle and the Joule-Brayton cycle. At the end of the module, they are able to solve problems related to the major components of power plants, such as pumps, compressors, turbines, steam generators and condensers. Herein, the students should be able to solve mass- and enthalpy balances. Beside conventional power plant technology, students also evaluate the influence of more advanced plant configurations and optimization concepts, such as supercritical steam parameters, preheating and reheating for modern and future power plants. The overall goal is to gain in-depth understanding and to be able evaluate different power plant technologies and their configurations.

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

The lecture is mainly based on presentations to introduce and clarify the theory of thermal power plants and their major components. Lecture notes as well as an equation and table collection are provided for studies and preparation for the exam.

The tutorials are based on classroom teaching and active student participation, where theoretical and numerical tasks related to power plant technology for modern and future power plants are solved under the guidance of the lecturer. In this session, the students are actively prepared for the end-term exam.

### **Medienform:**

PowerPoint presentation  
lecture notes  
equation and table collection

### **Literatur:**

1. Spliethoff, H.: Power Generation from Solid Fuels, Springer Berlin
2. Moran, Michael J.: Fundamentals of Engineering Thermodynamics, Wiley 2010
3. Thomas, H.-J.: Thermische Kraftanlagen - Grundlagen, Technik, Probleme. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo, 1985
4. Baehr, H. D.: Thermodynamik - Grundlagen und technische Anwendungen. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 2004
5. Rayaprolu, Kumar: Boilers for Power and Process, CRC Press 2009

6. Babcock & Wilcox Company: Steam, its Generation and Use
7. Goswami, D. Yogi: Energy Conversion, CRC Press 2007

**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

### MW1628: Angewandte CFD | Applied CFD

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2023

<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 Projektarbeit überprüft. Diese besteht aus einem schriftlichen Test (60% der Modulnote) und der Bearbeitung des eigentlichen Projekts (40% der Modulnote).

Im 45-minütigen, schriftlichen Test sollen Studierende durch Beantwortung von Fakten- und Verständnisfragen zeigen, dass Sie die Grundlagen der in aktuellen Strömungssimulationswerkzeugen verfügbaren Modelle und Methoden verstanden haben. Dieses Grundlagenwissen bildet die Basis für die Bearbeitung des Projektes. Es sind (bis auf das Schreibwerkzeug) keine Hilfsmittel zugelassen.

Durch die Bearbeitung des Projekts (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, beispielsweise wie bei einer Gruppenarbeit die individuelle Leistung der Studierenden im Bericht zu kennzeichnen ist, 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):**

Giglmaier, Marcus; Dr.-Ing.

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

Übung zu Angewandte CFD (MW1628) (Übung, 1 SWS)

Thiery F

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

## Modulbeschreibung

### MW1692: Aeroakustik | Aeroacoustics [AA]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab 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 Prüfungsleistung wird in Form einer 90-minütigen, schriftlichen Klausur erbracht, in der das Erreichen sämtlicher Lernergebnisse überprüft wird. In einem Kurzfragenteil sollen die Studierenden demonstrieren, dass sie grundlegende Fakten zur Aeroakustik kennen und die Zusammenhänge verstehen. Durch die Bearbeitung von Rechenaufgaben soll nachgewiesen werden, dass Studierende in begrenzter Zeit und mit begrenzten Hilfsmitteln ein aeroakustisches Problem erkennen und Wege zur korrekten Lösung finden.

Als Hilfsmittel für die Prüfung sind ein nicht-programmierbarer Taschenrechner, ein Wörterbuch (dictionary) und eine ausführliche Formelsammlung, die mit den Prüfungsunterlagen ausgehändigt wird, zugelassen.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Fluidmechanik I, Fluidmechanik II

#### Inhalt:

Eigenschaften und quantitative Beschreibung von Schall;  
Wellengleichung der linearen Akustik, ebene Wellen, komplexe Wandimpedanz, Reflexion, Transmission; Schallausbreitung in Kanälen, Modenstruktur; dreidimensionale Schallfelder, atmende und vibrierende Kugel; Schallquellen: Monopol, Dipol, Quadrupol, Inhomogene Wellengleichung der Akustik, kompakte Quelle und Fernfeldapproximation; Schallerzeugung durch Strömung; akustische Analogie, Lighthill-Gleichung, Freistrahllärm, Erweiterung von Ffowcs Williams Hawkings und Curle, Kirchhoff-Integral, Wirbelschall.

**Lernergebnisse:**

Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls sollen die Studierenden in der Lage sein, Problemstellungen aus der Aeroakustik als solche zu erkennen und entsprechend der grundsätzlichen physikalischen Entstehungsmechanismen (pulsierender Massenfluss, Wechselkräfte, Turbulenz) einordnen zu können. Auf dieser Grundlage werden sie in der Lage sein, Maßnahmen zur Reduzierung oder Eindämmung von Strömungslärm zu entwerfen. Sie sollen zudem die Fähigkeit erwerben, zu beurteilen, welche Prognosemethoden für die Entstehung und die Ausbreitung von Strömungsschall bei einer konkreten Problemstellung aus Naturwissenschaft und Technik in Frage kommen.

**Lehr- und Lernmethoden:**

In der Vorlesung werden Lehrinhalte anhand von Vortrag, Präsentation und Anschrieb mittels Tablet-PC und Beamer vermittelt. Dabei kommen Ausfüllfolien mit Leerstellen zum Einsatz, bei denen während der Vorlesung Teilschritte bei mathematischen Herleitungen ergänzt werden. Die Theorie wird mittels Beispielen unter Verwendung audiovisueller Medien veranschaulicht. Den Studierenden wird eine Foliensammlung online zugänglich gemacht. In der Übung werden Aufgaben aus den im Voraus bekannt gemachten Übungsblättern vorgerechnet. Kleine Programmieraufgaben auf Basis von MATLAB helfen dabei, den Lernstoff zu verdeutlichen.

**Medienform:**

Multimedial gestützter Frontalunterricht,  
MATLAB-Codes

**Literatur:**

Vorlesungsfolien, Übungsaufgaben.

Klaus Ehrenfried. "Strömungsakustik" (2004), ISBN 3-89820-699-8.

A. P. Dowling & J.E. Ffowcs Williams. "Sound and sources of sound", John Wiley & Sons, 1983.

M. S. Howe. "Theory of vortex sound". Cambridge University Press, 2003.

S. W. Rienstra & A. Hirschberg, (Eindhoven University of Technology): An introduction to Acoustics, 15 January 2012.

M. Goldstein. „Aeroacoustics“, McGraw Hill Internat. Book Company, 1976.

**Modulverantwortliche(r):**

Kaltenbach, Hans-Jakob; Prof. Dr.-Ing.

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

Übung zu Aeroakustik (MW1692) (Übung, 1 SWS)

Kaltenbach H

Aeroakustik (MW1692) (Vorlesung, 2 SWS)

Kaltenbach H

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

## Modulbeschreibung

### MW2228: Aeroelastik | Aeroelasticity

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2014/15

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Englisch	<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:

Students will be evaluated based on the final examination.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Mechanics and aerodynamics.

#### Inhalt:

The course describes basic aeroelastic phenomena arising from the mutual interaction of elastic, aerodynamic and inertial forces on a structure, with special emphasis on problems related to fixed wing vehicles. Aeroelasticity plays a major role in the design, qualification and certification of flying vehicles, as it contributes to the definition of the flight envelope and affects various performance indicators. The course is organized according to the following plan:

- Introduction: why aeroelasticity matters, basic concepts in aeroelasticity, examples (including the role of aeroelasticity beyond aeronautical engineering).
- Static aeroelasticity: divergence speed; lift distribution over straight and swept flexible wings; aileron effectiveness and reversal.
- Dynamic aeroelasticity: vibrations of beams and mode coalescence; flutter; transient response, including gust response.

#### Lernergebnisse:

After successfully completing the course, the student will be able to:

- Comprehend typical aeroelastic problems, understanding the physical principles at play;
- Appreciate the role of aeroelasticity in the design of flying vehicles;
- Derive simple models for the description of basic static and dynamic aeroelastic problems, accounting for all relevant forces;

- Use the models for making quantitative predictions on the insurgence of important aeroelastic phenomena, such as divergence and flutter;
- Understand the limits of the simple methods used in the course, and appreciate how more sophisticated approaches for practical engineering applications are developed.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Learning method: In addition to the individual methods of the students, consolidated knowledge is aspired by repeated lessons in exercises and tutorials. Teaching method: During the lectures students are instructed in a teacher-centered style. The exercises are held in a student-centered way

**Medienform:**

The following kinds of media are used:

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

**Literatur:**

Course material will be provided by the instructor.

Additional recommended book:

- R.L. Bisplinghoff, H. Ashley, Principles of Aeroelasticity, Courier Dover Publications, 2002.

**Modulverantwortliche(r):**

Bottasso, Carlo; Prof. Dr.

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

Aeroelasticity (Vorlesung, 2 SWS)

Bottasso C [L], Bottasso C, Shah A, Vad A

Aeroelasticity (Übung, 1,5 SWS)

Bottasso C [L], Shah A, Vad A

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

## Modulbeschreibung

### PH2027: Nichtlineare Dynamik und komplexe Systeme 1 | Nonlinear Dynamics and Complex Systems 1

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2025/26

<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:

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 überprüft.

Prüfungsaufgabe könnte beispielsweise sein:

- Diskutieren Sie die qualitativen Unterschiede von Oszillationen in linearen und nichtlinearen Systemen.
- Erläutern Sie, welche Eigenschaften ein dynamisches System besitzen muss, das deterministisches Chaos aufweist.
- Was ist eine Bifurkation?

Während der Prüfung sind keine Hilfsmittel erlaubt.

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:

Dieses Modul stellt grundlegende Konzepte vor, die das Entstehen von kooperativen Phänomenen ermöglichen, die für niederdimensionale nichtlineare Systeme charakteristisch sind. Die diskutierten Phänomene reichen vom bistabilen Verhalten über selbsterhaltende Oszillationen bis hin zu deterministischem Chaos. Nach einem historischen Überblick und einer Einführung in die

Ideen von Nichtlinearität und Phasenraum folgt die Vorlesung einer Klassifikation dynamischer Systeme entsprechend ihrer Phasenraumdimension, d. h. Komplexität der Lösungen. Zunächst werden Stabilität und Verzweigungen von Fixpunkten in eindimensionalen Systemen diskutiert. Dann werden Oszillationen und ihr Auftreten in einem 2-dimensionalen Phasenraum untersucht. Nach einer Diskussion der Verzweigung von Grenzyklen und der Einführung der Poincare-Schnitte und Poincare-Abbildungen wird die chaotische Dynamik untersucht. Dazu gehören die Charakterisierung chaotischer Attraktoren durch invariante Maße (verschiedene Dimensionen), Lyapunov-Exponenten, Wege zum Chaos und die Charakterisierung experimenteller, chaotischer Zeitreihen.

In der Vorlesung werden Beispiele und Anwendungen aus allen Bereichen der Naturwissenschaften diskutiert, wobei der interdisziplinäre Aspekt des Faches hervorgehoben wird. In den Übungen analysieren die Studierenden einfache nichtlineare Gleichungen, wenden die in der Vorlesung vorgestellten Techniken an und lernen moderne Software zur Analyse dynamischer Systeme kennen.

### **Lernergebnisse:**

Nach der Teilnahme am Modul sind die Studierenden mit den Konzepten nichtlinearer dynamischer Systeme, den Unterschieden zu linearen Systemen und modernen Techniken zur Analyse nichtlinearer gewöhnlicher Differentialgleichungen vertraut. Insbesondere sind sie in der Lage:

- den geometrischen Zugang zu dynamischen Systemen und die Konzepte von Stabilität und Bifurkationen zu erklären
- eine Phasenraumanalyse durchzuführen, indem sie dynamische Systemwerkzeuge (Programme) benutzen
- mit Hilfe einer Software zur numerischen Kontinuation 1- und 2-dimensionale Bifurkationsanalysen eines Satzes gekoppelter gewöhnlicher Differentialgleichungen durchzuführen
- die verschiedenen Wege zu niedrigdimensionalem deterministischem Chaos zu erklären und chaotische Dynamiken anhand der wichtigsten invarianten Maße zu charakterisieren.

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

Das Modul besteht aus einer Vorlesung und einer Übung.

In der thematisch strukturierten Vorlesung werden die Lerninhalte präsentiert, dabei werden insbesondere mit Querverweisen zwischen verschiedenen Themen die universellen Konzepte der Nichtlinearen Dynamik aufgezeigt. In wissenschaftlichen Diskussionen werden die Studierenden mit einbezogen und das eigene analytisch-physikalische Denkvermögen gefördert.

In der Übung werden anhand von Problembeispielen und state of the art Analyseprogrammen die Lerninhalte vertieft und eingeübt, sodass die Studierenden das Gelernte selbständig erklären und anwenden können.

### **Medienform:**

Tafelanschrieb, Powerpoint, Videos, Lehrbuch, ergänzende Literatur, individuelle Übungsaufgaben und Gruppenarbeit.

**Literatur:**

- St. H. Strogatz: Nonlinear Dynamics and Chaos, CRC Press, (2000)
- J. Argyris, G. Faust, M. Haase & R. Friedrich: An Exploration of Dynamical Systems and Chaos, Springer, (2015)
- J.M.T. Thompson & H.B. Stewart: Nonlinear Dynamics and Chaos, Wiley, (2002)
- E. Ott: Chaos in Dynamical Systems, 2nd ed., Cambridge University Press, (2002)
- P. Berge, Y. Pomeau & Ch. Vidal: Order within Chaos: towards a deterministic approach to turbulence, Wiley, (1986)
- J. D. Murray: Mathematical Biology I, Springer, (2007)

**Modulverantwortliche(r):**

Krischer, Katharina; Prof. Dr. rer. nat. habil.

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

Nichtlineare Dynamik und komplexe Systeme 1 (Vorlesung, 2 SWS)

Krischer K

Übung zu Nichtlineare Dynamik und komplexe Systeme 1 (Übung, 2 SWS)

Krischer K [L], Thomé N

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

## Modulbeschreibung

### PH2028: Nichtlineare Dynamik und komplexe Systeme 2 | Nonlinear Dynamics and Complex Systems 2

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2025

<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:

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 überprüft.

Prüfungsaufgabe könnte beispielsweise sein:

- Discuss, how patterns can emerge due to the interplay of reaction and diffusion.
- Illustrate the universal aspect of pattern formation in dissipative systems with some examples.
- Was sind gekoppelte oszillatorische Netzwerke?

Während der Prüfung sind keine Hilfsmittel erlaubt.

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:

PH2027: Nichtlineare Dynamik und komplexe Systeme I (empfohlen aber nicht notwendig)

#### Inhalt:

Dieses Modul bietet eine Einführung in die Selbstorganisation und Musterbildung in räumlich ausgedehnten Systemen. Nach einer Motivation, in der die Universalität der beobachteten Muster und ihre einheitliche mathematische Beschreibung erklärt werden, werden die grundlegenden Mechanismen diskutiert, die zur räumlich-zeitlichen Selbstorganisation führen. Wir konzentrieren uns dabei hauptsächlich auf Reaktions-Diffusions-Systeme. Die betrachteten Phänomene sind nach ihrer Komplexität geordnet. Zuerst werden laufende Wellen in einkomponentigen bistabilen Systemen untersucht, dann werden Pulse und Spiralwellen in erregbaren Systemen

diskutiert. Anschließend untersuchen wir die Bildung von Turing-Strukturen in räumlich ein- und zweidimensionalen Systemen. Schließlich wird die Schwingungsdynamik betrachtet. Hier betrachten wir zunächst ein Ensemble von global gekoppelten Oszillatoren, behandeln im Detail den sogenannten Kuramoto-Übergang von inkohärentem Verhalten zu synchronisierten Oszillationen und diskutieren dann das Synchronisationsverhalten oszillierender Netzwerke in einem allgemeinen Kontext. Anschließend wird die komplexe Ginzburg-Landau-Gleichung als prototypische Gleichung für diffusiv gekoppelte oszillatorische Medien vorgestellt und der Übergang zum räumlich-zeitlichen Chaos untersucht.

### **Lernergebnisse:**

Nach der erfolgreichen Teilnahme am Modul sind die Studierenden in der Lage:

- die grundlegenden Mechanismen zu verstehen, die zu Mustern und kooperativen Phänomenen in dissipativen Systemen weit entfernt vom thermodynamischen Gleichgewicht führen,
- die universellen Gesetzmäßigkeiten, die zur Musterbildung in Reaktions-Diffusions-Systemen im bistabilen, erregbaren und oszillatorischen Regime führen, mit prototypischen Modellen zu erklären
- den Ursprung von Synchronisationsphänomenen in gekoppelten oszillatorischen Netzwerken zu erklären
- Simulationen des Reaktions-Diffusions-Systems durchzuführen und die beobachteten Muster zu klassifizieren.

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

Das Modul besteht aus einer Vorlesung und einer Übung.

In der thematisch strukturierten Vorlesung werden die Lerninhalte präsentiert, dabei werden insbesondere mit Querverweisen zwischen verschiedenen Themen die interdisziplinären Konzepte der Nichtlinearen Dynamik aufgezeigt. In wissenschaftlichen Diskussionen werden die Studierenden mit einbezogen und das eigene analytisch-physikalische Denkvermögen gefördert. In der Übung werden anhand von Problembeispielen und Computerübungen die Lerninhalte vertieft und eingeübt, sodass die Studierenden das Gelernte selbständig erklären und anwenden können.

### **Medienform:**

Tafelarbeit, Skriptum, Powerpoint, Filme, ergänzende Literatur, Übungsblätter.

### **Literatur:**

- Vorlesungsskript
- A.S. Mikhailov: Foundations of Synergetics I, Springer Berlin Heidelberg, (2013)
- G. Nicolis: Introduction of Nonlinear Science, Cambridge University Press, (2008)
- J. D. Murray: Mathematical Biology II, Springer, (2011)
- A.S. Mikhailov & G. Ertl: Chemical Complexity - Self-Organization in Molecular Systems, Springer, (2017)

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

Krischer, Katharina; Prof. Dr. rer. nat. 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

### PH2194: Turbulenter Transport in Fusionsplasmen | Turbulent Transport in Fusion Plasmas

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab 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> 75	<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:

In einer mündlichen Prüfung wird das Erreichen der Lernergebnisse durch Verständnisfragen und Beispielaufgaben bewertet.

Die Prüfung kann in Übereinstimmung mit §12 (8) APSO auch schriftlich abgehalten werden, in diesem Fall ist der Richtwert für die Prüfungsdauer 60 Minuten.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Semesterende

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

#### Inhalt:

#### Lernergebnisse:

#### Lehr- und Lernmethoden:

#### Medienform:

#### Literatur:

**Modulverantwortliche(r):**

Manz, Peter; 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

### PH2201: Energie-Materialien 1 | Energy Materials 1

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2025/26

<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> 120	<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:

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Semesterende

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

#### Inhalt:

The aim of this module is to provide students with a broad overview over functional materials currently employed or investigated for the energy provision, conversion and storage. Rather than dealing with the physical and chemical basics of energy conversion and storage, the module will focus on the many diverse materials used in this field and explain their important properties in terms of specific functionality and quantitative figures of merit.

Content:

- Fuels: energy content, production, price, sustainability
- Materials for energy conversion
- Materials for fuel cells (membranes, anodes, cathodes, catalysts)
- Photovoltaic materials (semiconductors, thin films, materials for sensitization)
- Photocatalytic materials
- Materials for energy storage: batteries, supercapacitors
- Environmental aspects: availability, recycling and life-cycle assessment of energy materials.

#### Lernergebnisse:

After successful completion of this module, the students are able to:

- identify the most important materials in the field of energy science

- explain the working principles of energy conversion and storage devices (batteries, fuel cells, solar cells supercapacitors etc)
- name factors which determine the performance of functional materials for these devices
- analyse and evaluate pros and cons for future viability of functional materials for energy provision, conversion and storage

**Lehr- und Lernmethoden:**

Lectures, seminars (master students), presentations

The students are supposed to read literature, which is provided in the lecture slides and TUM Moodle system, as there are no exercise classes attributed to these lectures.

The students can however visit complimentary seminars on Energy Materials 1 after the lectures.

**Medienform:**

- PowerPoint presentations with incorporated animations.
- interactive discussions and explanations using the black board.
- lecture PDFs with the links to the relevant literature are available before and after the lecture in TUM Moodle.
- Key literature including relevant journal publications are available at TUM Moodle in the sections corresponding to the particular lectures

**Literatur:**

- B. Dunn, H. Kamath, J.M. Tarascon: Electrical Energy Storage for the Grid: A Battery of Choices, Science (2011), 334 (6058), 928-935.
- P.C. Vesborg, T.F. Jaramillo: Addressing the Terawatt Challenge: Scalability in the Supply of Chemical Elements for Renewable Energy, RSC Adv. (2012), 2 (21), 7933-7947.

The literature to this lecture is based on the scientific research articles referred to in the lecture slides and partly available at TUM Moodle in the sections corresponding to the particular lectures.

**Modulverantwortliche(r):**

Bandarenka, Aliaksandr; Prof. Dr.

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

Energie-Materialien 1 (Vorlesung, 2 SWS)

Bandarenka A

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

## Modulbeschreibung

### PH2207: Energie-Materialien 2 | Energy Materials 2

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2025

<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> 120	<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:

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Semesterende

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

No preconditions in addition to the requirements for the Master's program in Physics.

#### Inhalt:

This module has a specific focus on identification, design and characterization of functional materials for energy applications.

Content:

- Nanostructured materials, their role in energy conversion and storage, design principles
- Magnetic materials in energy conversion
- Porous vs dense solids in energy applications
- Materials for hydrogen storage
- Transparent electron conductors and their applications in energy conversion
- Key techniques and methodologies for identification and characterisation of energy materials
- Superconductors: towards future energy applications
- Piezoelectric materials

#### Lernergebnisse:

Rather than dealing with the physical and chemical basics of energy conversion and storage, the module will focus on particular classes of functional materials used in this field and explain their important properties in terms of specific functionality.

After successful completion of this module the students are able to:

- assess the most important classes of materials in the field of energy science

- explain the design principles to control their functionality
- name factors which determine the performance of functional materials for energy applications
- analyse and compare characterisation and identification techniques and methodologies widely used in energy material science.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Lectures with PowerPoint presentations and animations, seminars (master students), presentations  
The students are supposed to read literature, which is provided in the lecture slides and TUM Moodle system, as there are no exercise classes attributed to these lectures.  
The students can however visit complimentary seminars on Energy Materials 2 after the lectures.

**Medienform:**

- PowerPoint presentations with incorporated animations.
- interactive discussions and explanations using the black board.
- lecture PDFs with the links to the relevant literature are available before and after the lecture in TUM Moodle.
- Key literature including relevant journal publications are available at TUM Moodle in the sections corresponding to the particular lectures

**Literatur:**

- U. Simon: In Nanoparticles: From Theory to Application, Wiley-VCH, (2004); p 328.  
The literature to this lecture is based on the scientific research articles referred to in the lecture slides and partly available at TUM Moodle in the sections corresponding to the particular lectures.

**Modulverantwortliche(r):**

Bandarenka, Aliaksandr; 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](#).

## Multiscale Material Principles (Electives II) | Multiscale Material Principles (Electives II)

### Modulbeschreibung

#### ED010002: Recognized Modules | Recognized Modules

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2024

<b>Modulniveau:</b>	<b>Sprache:</b>	<b>Semesterdauer:</b>	<b>Häufigkeit:</b>
<b>Credits:*</b> 5	<b>Gesamtstunden:</b>	<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:

#### Wiederholungsmöglichkeit:

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

#### Inhalt:

#### Lernergebnisse:

#### Lehr- und Lernmethoden:

#### Medienform:

#### Literatur:

**Modulverantwortliche(r):**

**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

### BGU37016: Anwendungsgerechte Optimierung mineralischer Baustoffe | Optimization of building materials for practical applications

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2018

<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:

Der Leistungsnachweis erfolgt in Form einer 60-minütigen, schriftlichen Klausur. Die Studierenden weisen in dieser Klausur nach, dass sie über ein grundlegendes Verständnis mineralischer Baustoffe verfügen und vielfältige Möglichkeiten zu deren Optimierung bezogen auf anwendungsgerechte Fälle und Beispiele komprimiert wiedergeben können.

Die Prüfung besteht aus Fragen, die die Studierenden erörtern, diskutieren, stichpunktartig beschreiben, Zusammenhänge skizzieren oder aus vorgegebenen Mehrfachantworten die richtige Antwort ankreuzen müssen.

Die Form der schriftlichen Prüfung ermöglicht somit eine realistische Einschätzung bezüglich der im Rahmen des Moduls erlangten unterschiedlichen Erkenntnisstufen.

Während der Prüfung sind außer einem Taschenrechner keine weiteren Hilfsmittel erlaubt.

Tabellarische Werte, wie beispielsweise Molmassen, werden als Teil der Prüfungsunterlagen zur Verfügung gestellt

#### Wiederholungsmöglichkeit:

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Abgeschlossenes Bachelorstudium des Bauwesens (Architektur, Bauingenieurwesen o.ä.) oder der Ingenieur- oder Naturwissenschaften. Grundkenntnisse in den Gebieten Mathematik, Physik, Chemie, Werkstoffkunde – idealerweise der mineralischen Werkstoffe.

#### Inhalt:

- Einführung in die Grundlagen

- o Zementhydratation, -chemie und –eigenschaften
- o Latent-hydraulische und puzzolanische Zusatzstoffe
- Einfluss auf die Betoneigenschaften
- o Polymere in Beton
- o Vorbeugung von chemischen Schadreaktionen (AKR, Sulfatangriff)
- Einfluss auf die Nachhaltigkeit von Betonen
- o Mehrkomponentige Bindemittel/Sonderzemente: low energy binder
- o Betone aus nachwachsenden Rohstoffen
- o Multifunktionale Baustoffe
- ggf. Ausblick: Bionik im Bauwesen

### **Lernergebnisse:**

Nach der erfolgreichen Teilnahme am Modul sind die Studierenden in der Lage:

- die chemischen, mineralogischen und physikalischen Grundlagen von mineralischen Baustoffen zu erläutern und sicher anzuwenden
- basierend auf den besprochenen Grundlagen die für technische Anwendungen relevanten Eigenschaften von neu entwickelten mineralischen Baustoffen zu erfassen und die Werkstoffe anwendungsgerecht zu optimieren
- zu beurteilen, in wie weit Baustoffeigenschaften durch die Rohstoffauswahl und die eingesetzte Prozesstechnik verändert werden können und welche erforderlichen Anpassungen im Herstellprozess für eine Modifizierung der Baustoffeigenschaften notwendig sind
- Schadensreaktionen zu analysieren und vorbeugende Maßnahmen im Hinblick auf die verwendeten Baustoffe zu ermitteln und deren Wirkungsweise zu erläutern
- die Quellen von CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Zementherstellung zu identifizieren und Einsparpotentiale durch eine Bindemitteloptimierung oder den Einsatz alternativer Bindemittel abzuleiten.

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

In der Veranstaltung werden die Lehrinhalte in Form eines „blended“ Vorlesungsformates vermittelt. Die theoretischen Inhalte werden in asynchroner Form als illustrierter Blog mit begleitenden Literatur- und Videoverknüpfungen vermittelt. Besondere Detailspekte oder für das Gesamtverständnis bedeutende Gesichtspunkte sowie komplexere Zusammenhänge werden über kurze Videos bestehend aus vertonten PowerPoint-Präsentationen schrittweise hergeleitet. Dieses Vorgehen ermöglicht den Studierenden eine übersichtliche, strukturierte und klar lesbare Darstellung der Inhalte und fördert das konzentrierte Erarbeiten des Fachwissens und somit auch das Verständnis der Studierenden, da diese nicht durch ein permanentes Mitschreiben abgelenkt werden. Zusätzlich befähigt das asynchrone Vorlesungsformat die Studierenden ihren eigenen Lernprozess selbständig zu gestalten, zu reflektieren und zu erweitern.

Um den Studierenden die Möglichkeit zu geben ihr erlangtes Wissen zu überprüfen und zu vertiefen, werden, innerhalb des Blogs freiwillige Test- und Übungsaufgaben angeboten. Die eingereichten Antworten werden im Detail korrigiert und kommentiert und die Ergebnisse an die Studierenden kommuniziert.

Ergänzend zu den asynchronen Vorlesungsinhalten finden zum Abschluss verschiedener thematischer Einheiten synchrone Präsenztermine statt. Bei den Präsenzterminen werden Verständnisfragen geklärt und das in den vorherigen Wochen vermittelte Wissen in Fragerunden vertieft und anhand von Übungsaufgaben und Praxisbeispielen angewendet.

Literatur (mit Bezug auf spezielle Kapitel), Links und Videos zur Vertiefung und als Vor- und Nachbereitung der Inhalte werden über den Moodle-Kurs zur Verfügung gestellt. Auf das eigenverantwortliche Studium der Fachbegriffe und der grundlegenden Zusammenhänge an Hand der Vorlesungsunterlagen, der Mitschriften und der empfohlenen Literatur wird großer Wert gelegt.

**Medienform:**

- illustrierter Blog mit freiwillige Test- und Übungsaufgaben im Moodle-Kurs
- Tafelanschriften sowie Einzel- und Gruppenarbeit während der Präsenztermine
- Links zu Literatur und externen Videos und Beiträgen der Fachcommunity

**Literatur:**

Jochen Stark, Bernd Wicht: Zement und Kalk – Der Baustoff als Werkstoff, Birkenhäuser, 2000, ISBN 3-7643-6216-2

Friedrich W. Locher: Zement – Grundlagen der Herstellung und Verwendung, Bau und Technik, 2000, ISBN 3-7640-0400-2

Peter C. Hewlett: Lea's Chemistry of Cement and Concrete (4th edition), Butterworth-Heinemann, 1998, ISBN 0-340-56589-6

**Modulverantwortliche(r):**

Machner, Alisa; 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

### BGU43012T2: Technische Akustik | Technical Acoustics

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2022/23

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Zweimestrig	<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:

Die Lernergebnisse des Moduls Technische Akustik werden über zwei thematisch abgegrenzte Teilprüfungen abgeprüft, welche jeweils am Semesterende stattfinden. Die erste Teilprüfung ist eine schriftliche Prüfung von 60 Minuten Dauer, die zweite Teilprüfung ist eine mündliche Prüfung von 20 Minuten Dauer. Beide Teilprüfungen gehen zu gleichen Teilen in die Gesamtnote ein. Das Ziel der ersten Teilprüfung des Moduls ist der Nachweis, dass die für die Akustik wesentlichen Konzepte der Arbeit mit komplexen Größen sowie der Fourier Transformation verstanden wurden, komprimiert wiedergegeben und angewendet werden können. Ebenfalls sollen die Studierenden beispielsweise die Grundlagen der Entstehung, Wahrnehmung und Wichtung von Schall sowie die Prognose von Schallfeldern in Folge verschiedener Schallquellen verstehen, wiedergeben und anwenden können. Dazu müssen in begrenzter Zeit Problemstellungen analysiert werden und basierend auf den im Rahmen des Moduls erworbenen Lernergebnissen, Lösungswege gefunden und auch umgesetzt werden.

Das Ziel der zweiten Teilprüfung des Moduls ist der Nachweis, dass die Grundlagen der Statistischen Energie Analyse verstanden wurden und deren wesentliche Inhalte wiedergegeben werden können. Die Studierenden müssen nachweisen, dass sie die Prinzipien der Raumakustik, der Schallausbreitung und –modifikation im Freien sowie der Entstehung von strömungsinduzierten Geräuschen verstanden haben und auf kleine Problemformulierungen anwenden können. Dazu müssen in begrenzter Zeit Problemstellungen analysiert werden und basierend auf den im Rahmen des Moduls erworbenen Lernergebnissen, Lösungswege gefunden und auch umgesetzt werden.

In der Klausur ist ein nicht-programmierbarer Taschenrechner als Hilfsmittel zugelassen.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Grundlagen in der Strukturodynamik

Mathematische Grundlagen wie Rechnen mit Logarithmen sowie komplexen Zahlen

**Inhalt:**

In diesem Modul werden die wesentlichen Inhalte der Technischen Akustik behandelt.

Die thematische Gliederung ist dabei folgende:

- Transformationen Zeit-Frequenzbereich
- Rechnen mit komplexen Variablen
- Wahrnehmung von Schall (Gesetz von Weber-Fechner, Rechnen mit Pegeln und Effektivwerten, Frequenzabhängige Schallwahrnehmung und deren Bewertung, Zeitabhängige Schalldruckpegel)
- Prognose von Schallfeldern (Superposition kohärenter/inkohärenter Schallquellen, Wellenausbreitung im Zwei- und Dreidimensionalen, Schallgeschwindigkeit, -intensität und –leistung)
- Schallabstrahlung (Schallquellentypen, Abstrahlung von Platten, Körperschall, Koinzidenzgrenzfrequenz)
- Absorption (Arten von Absorbern, Impedanz)
- Statistische Energieanalyse (Verfahren, Einschränkungen des Verfahrens, Bewertung)
- Schallausbreitung im Freien (Beugung, Auslegung von Lärmschutzwänden)
- Strömungsinduzierte Geräusche (Lighthill Analogie, Arten von Geräuschquellen)
- Raumakustik (Physikalische Grundlagen, Impulsantwort, Raumakustische Bewertungskriterien, Auslegung von Musikräumen)

**Lernergebnisse:**

Nach der erfolgreichen Teilnahme an dem Modul sind die Studierenden in der Lage, die grundlegenden theoretischen Zusammenhänge der Technischen Akustik zu verstehen und auf Aufgabenstellungen anzuwenden. Die Studierenden verstehen die wesentlichen Grundlagen der Statistischen Energieanalyse sowie die Mechanismen der Entstehung und Charakterisierung von strömungsinduzierten Geräuschen. Basierend auf ihrem Grundwissen zu komplexen Zahlen und dem Rechnen mit Logarithmen, sind sie in der Lage, Schalldruckpegel zu berechnen und Schallfelder im Freien sowie innerhalb geschlossener Räume vorausszusagen. Weiterhin können sie, basierend auf den physikalischen Gesetzmäßigkeiten, die Mechanismen der Schallabstrahlung und –absorption charakterisieren und Maßnahmen zu deren Beeinflussung bewerten. Die Studierenden kennen die wesentlichen raumakustischen Kenngrößen geschlossener Räume sowie die mit Hilfe dieser Kenngrößen beschriebenen Anforderungen an unterschiedliche Räume. Sie können somit die akustische Qualität eines Raumes analysieren und durch das erlangte Verständnis der physikalischen Grundlagen unterschiedlicher Absorber ggf. Maßnahmen zur Steigerung der akustischen Qualität entwerfen.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Das Modul besteht aus Vorlesungen, die mit Hilfe eines Tablet-PCs sowie eines Beamer abgehalten werden. Dadurch können die Dozierenden die wesentlichen Aspekte der Technischen Akustik deutlich vermitteln, die Relevanz der Themen an Hand von Anwendungen aufzeigen und sowohl forschungs- als auch praxisnahe Beispiele aus dem eigenen Bereich präsentieren und

so die Studierenden motivieren, sich mit den Themen zu beschäftigen. Die Dozierenden arbeiten mit Vorlesungsskripten, die am Tablet-PC bearbeitet werden können, um aktuelle Diskussionen während der Vorlesung in die Unterlagen mit einfließen zu lassen.

Die Voresungen werden durch integrierte Übungen ergänzt, die die Studierenden unterstützen sollen, die in der Vorlesung vermittelten Grundlagen und Konzepte auf reale Problemstellungen anzuwenden. Den Studierenden werden Rechenaufgaben in Form von Arbeitsblättern zur Verfügung gestellt, um die erlernten Inhalte weiter zu vertiefen und zu trainieren.

**Medienform:**

Als Medien werden neben dem Vorlesungsskript auf Tablet-PC und Beamer bei Bedarf auch Folien oder die Tafel des Hörsaals verwendet. Arbeitsblätter werden den Studierenden online zur Verfügung gestellt. Hörbeispiele werden gezielt eingesetzt, um die Inhalte zu verdeutlichen. Im Rahmen einer Messübung wird praktisch die Ermittlung wesentlicher akustischer Kenngrößen in geschlossenen Räumen vermittelt. In Abhängigkeit der zeitlichen Randbedingungen wird eine Exkursion zu einem schalltechnischen Beratungsbüro angeboten.

**Literatur:**

Müller, Gerhard ; Möser, Michael: Taschenbuch der Technischen Akustik, Springer, 2004  
Müller, Gerhard ; Möser, Michael: Handbook of Engineering Acoustics, Springer, 2013  
Möser, Michael: Technische Akustik, Springer, 2005

**Modulverantwortliche(r):**

Prof. Dr.-Ing. Gerhard Müller

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

Technical Acoustics II (Vorlesung mit integrierten Übungen, 2 SWS)

Müller G, Hicks T

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

## Modulbeschreibung

### BGU51024: Holz im Bauwesen | Timber in Construction

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2019

<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> 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 angestrebten Lernergebnisse werden in Form einer schriftlichen Modulprüfung von 60 Minuten überprüft. Die ungeteilte Prüfung deckt den gesamten Lehrinhalt des Moduls ab, es sind keine Hilfsmittel erlaubt. Anhand ausgewählter Fragestellungen wird überprüft, ob die Studierenden in der Lage sind, in begrenzter Zeit Problemstellungen, z.B. im Rahmen der Eigenschaften und daraus ableitbaren Anwendungsbereichen von Holz zu analysieren und basierend auf den im Rahmen des Moduls erworbenen Lernergebnissen, Lösungswege aufzuzeigen.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Holzbau Grundmodul - BGU51014

Holzbau Ergänzungsmodul - BGU51026

#### Inhalt:

Das Modul Holz im Bauwesen soll den Studenten einige Besonderheiten zum Thema Holz als Baustoff sowie seiner Anwendung in Bauwerken näher bringen. Die im Modul gelehrt Inhalte lassen sich in zwei Blöcke einteilen. Der erste Block bietet eine umfassende Betrachtung der Eigenschaften von Holz als Baustoff. Der zweite Block behandelt theoretische Hintergründe sowie praktische Fragestellungen im Rahmen ausgewählter Anwendungsbereiche von Holz im Bauwesen. Im Einzelnen lässt sich die Veranstaltung in die folgenden Themen gliedern:

- Holz und Holzarten, Mechanische Eigenschaften und Prüfmethode
- Holzartenbestimmung
- Physikalische Eigenschaften von Holz
- Rheologie und zeitabhängige Eigenschaften, incl. Verbundbauteile
- Verklebung und Holzwerkstoffe
- Zuverlässigkeit, Teilsicherheitsbeiwerte und Systemfestigkeit

- Analyse und FEM-Modellierung von Holz und Verbindungen
- Bauwerke mit tropischen Hölzern
- Dauerhaftigkeit und Lebensdauerverhalten
- Erdbeben und Duktilität

**Lernergebnisse:**

Nach der Teilnahme am Modul Holz im Bauwesen sind die Studierenden in der Lage, die Eigenschaften des Werkstoffes Holz im Hinblick auf dessen Einsatz als Werkstoff im Bauwesen zu verstehen und zu analysieren. Für ausgewählte Anwendungsbereiche (wie Verbindungen, Bauwerke mit tropischen Hölzern, Dauerhaftigkeit und Lebensdauerverhalten sowie Erdbeben und Duktilität) können die Studierenden Lösungsmöglichkeiten bewerten.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Bei dem Modul handelt es sich um eine Vorlesung mit integrierter Übung, welche im WS auf Deutsch und im SS auf Englisch mit jeweils den selben Inhalten stattfinden. Dieses Lehrformat, unterstützt durch Lehrmethoden wie Tafelarbeit und Powerpointpräsentationen, eignet sich am Besten um die theoretischen Grundlagen und Hintergründe der vorgestellten Inhalte zu vermitteln. Anschauungsmaterialien sind zur verdeutlichenden Darstellung der Sachverhalte vorgesehen. Des Weiteren werden wichtige Versuche vorgeführt und Filme zu Versuchen und Verfahren gezeigt. Die Bestimmung von Holzarten wird im Rahmen einer Übungsveranstaltung individuell geübt.

**Medienform:**

Powerpoint-Präsentationen, Videos, Tafelarbeit, Skript (Vorlesungsfolien) von ca. 200 Seiten sowie ein möglicher download (Moodle). Mitschrift der Studierenden.

**Literatur:**

Skript (Vorlesungsfolien) der Lehrveranstaltung. Eine Mitschrift durch die Studierenden ist erforderlich.

**Modulverantwortliche(r):**

Jan-Willem van de Kuilen

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

Holz im Bauwesen (Vorlesung mit integrierten Übungen, 2 SWS)  
van de Kuilen J

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

## Modulbeschreibung

### BGU53045: Geodätische Sensorik und Methodik 1 | Geodetic Sensors and Methods 1

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2023

<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:

Die Modulprüfung erfolgt in Form einer 20-minütigen mündlichen Prüfung. Darin wird überprüft, inwieweit die Studierenden die grundlegenden Konzepte und Messverfahren gängiger geodätischer Sensoren wie z. B. Präzisionsnivellier, Lasertracker, Vermessungskreisel und Neigungssensoren verstehen und wiedergeben sowie deren Nutzung in der Ingenieurgeodäsie problemlösungsorientiert darstellen können. Auf die präzise Nutzung von Fachbegriffen wird Wert gelegt.

Zusätzlich gibt es die Möglichkeit zu freiwilligen semesterbegleitenden Mid-Term-Leistungen als Prüfungsleistung. Diese Mid-Term-Leistungen bestehen aus 6 semesterbegleitenden praktischen/rechentechnischen Übungen. Praktische Aufgabenstellungen werden in betreuten Übungsstunden besprochen bzw. durchgeführt. Die Auswertung bzw. vervollständigende Bearbeitung der Übungen erfolgt üblicherweise im Eigenstudium. Für jede Übung ist eine schriftliche Ausarbeitung einzureichen, die benotet wird. Die Modulnote kann durch die Note der Mid-Term-Leistungen verbessert werden im Verhältnis 30 % Mid-Term-Leistung zu 70 % mündliche Prüfung, wobei alle Übungen gleichgewichtet sind.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

- Vermessungskunde 1
- Vermessungskunde 2

#### Inhalt:

1. Trigonometrische Höhenbestimmung
2. Präzisionsnivellement
3. Elektronische Tachymeter

4. Präzise Streckenmessung
5. Lasertracker
6. Messarm
7. Theodolitmesssystem
8. Neigungssensoren
9. Vermessungskreisel
10. 3D-Erfassung im Nahbereich
11. Kalibrierung und Prüfung geodätischer Sensorik
12. Koordinatentransformationen in 2D und 3D

**Lernergebnisse:**

Nach der Teilnahme am Modul sind die Studierenden in der Lage,

- das Grundprinzip der Trigonometrischen Höhenbestimmung und des Präzisionsnivelements zu verstehen, wiederzugeben und anzuwenden
- verschiedene Verfahren der Koordinatentransformation in geeignetem Kontext zu beurteilen und zu implementieren
- Verfahren zur hochgenauen Bestimmung von 3D-Koordinaten im Nahbereich zu verstehen, wiederzugeben und in der Praxis anzuwenden
- das Grundprinzip industrieller Sensoren wie Neigungssensoren und Vermessungskreisel zu verstehen, wiederzugeben und in der Praxis anzuwenden
- Zusammenhänge und Querbeziehungen zwischen den genannten Inhalten zu erkennen
- die genannten Konzepte kombiniert zur Lösung grundlegender geodätischer Aufgabenstellungen einzusetzen

**Lehr- und Lernmethoden:**

Das Modul besteht aus einer Vorlesung (2 SWS) und einer Übung (2 SWS). In der Vorlesung wird mittels Präsentationen und Beispielen das Verständnis für weiterführende geodätische Konzepte in den Bereichen Instrumentenkunde (Sensorik) sowie Rechen- und Auswerteverfahren (Methodik) vermittelt. Die Anwendung wird in betreuten Übungen in Kleingruppen erprobt. Bestandteil ist dabei auch der praktische Umgang mit verschiedenen Sensoren, das Erstellen von Computerprogrammen sowie das Aufbereiten von Ergebnissen in technischen Berichten. Damit lernen die Studierenden beispielsweise das Grundprinzip der Trigonometrischen Höhenbestimmung und des Präzisionsnivelements zu verstehen, wiederzugeben und anzuwenden, verschiedene Verfahren der Koordinatentransformation in geeignetem Kontext zu beurteilen und zu implementieren und Verfahren zur Bestimmung von hochgenauen 3D-Koordinaten im Nahbereich zu verstehen, wiederzugeben und in der Praxis anzuwenden.

**Medienform:**

Folienskript, Übungsaufgaben

**Literatur:**

- Deumlich, F., und Staiger, R., (2001): Instrumentenkunde der Vermessungstechnik, 9. Auflage, Wichmann Verlag

- Weckenmann, A. (2012): Koordinatenmesstechnik, Flexible Strategien für funktions- und fertigungsgerechtes Prüfen, 2. Auflage, Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG
- Joeckel, R., Stober, M., Hüp, W. (2008): Elektronische Entfernung- und Richtungsmessung und ihre Integration in aktuelle Positionierungsverfahren, 5. Auflage, Wichmann Verlag

**Modulverantwortliche(r):**

Prof. Dr.-Ing. Christoph Holst

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

Geodätische Sensorik und Methodik 1 (Vorlesung, 2 SWS)

Raffl L

Übungen zu Geodätische Sensorik und Methodik 1 (Übung, 2 SWS)

Seufert P, Raffl L

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

## Modulbeschreibung

### BGU53046: Geodätische Sensorik und Methodik 2 | Geodetic Sensors and Methods 2

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2024

<b>Modulniveau:</b> Bachelor	<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 Modulprüfung erfolgt in Form einer 20-minütigen mündlichen Prüfung. Darin wird überprüft, inwieweit die Studierenden das grundlegenden Konzept und Messverfahren des Laserscannings verstehen und wiedergeben können, z. B. die Bestandteile von Laserscannern, Vor- und Nachteile von terrestrischen Laserscannern oder verschiedene Mess- und Auswertemethoden sowie deren Nutzung in der Ingenieurgeodäsie problemlösungsorientiert darstellen können. Auf die präzise Nutzung von Fachbegriffen wird Wert gelegt.

Zusätzlich gibt es die Möglichkeit zu freiwilligen semesterbegleitenden Mid-Term-Leistungen als Prüfungsleistung. Diese Mid-Term-Leistungen bestehen aus 6 semesterbegleitenden praktischen/rechentechnischen Übungen. Praktische Aufgabenstellungen werden in betreuten Übungsstunden besprochen bzw. durchgeführt. Die Auswertung bzw. vervollständigende Bearbeitung der Übungen erfolgt üblicherweise im Eigenstudium. Für jede Übung ist eine schriftliche Ausarbeitung einzureichen, die benotet wird. Die Modulnote kann durch die Note der Mid-Term-Leistungen verbessert werden im Verhältnis 30 % Mid-Term-Leistung zu 70 % mündliche Prüfung, wobei alle Übungen gleichgewichtet sind.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Gedätische Sensorik & Methodik 1

#### Inhalt:

- Einführung zum terrestrischen Laserscanning
- Bestandteile von Laserscannern
- Reflektorlose Distanzmessung
- Registrierung und Georeferenzierung

- Messabweichungen
- Prüfung terrestrischer Laserscanner
- Kalibrierung terrestrischer Laserscanner
- Auflösungsvermögen und Kovarianzmatrix
- Auswertung der Punktwolke
- Parameterschätzung
- Messstrategien
- Punktwolkenvergleiche
- Anwendungen

### **Lernergebnisse:**

Nach der Teilnahme an den Modulveranstaltungen sind die Studierenden in der Lage

- die Bestandteile von Laserscannern zu nennen und hinsichtlich ihrer Wichtigkeit für bestimmte Aufgaben zu evaluieren
- die Vorteile und Nachteile von terrestrischen Laserscannern gegenüber Tachymetern zu nennen und hinsichtlich des Einsatzes für definierte Aufgaben zu beurteilen
- Messaufgaben mit Laserscanning zu definieren, zu lösen und zu evaluieren
- Punktwolkencharakteristika wie Auflösung und Genauigkeit zu nennen, zu quantifizieren und aufgabenbezogen zu evaluieren
- verschiedene Mess- und Auswertemethoden im Bereich des Laserscannings zu nennen (z.B. Registrierung), durchzuführen und zu bewerten

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

Das Modul besteht aus einer Vorlesung (2 SWS) und einer Übung (2 SWS). In der Vorlesung wird mittels Präsentationen und Beispielen das Verständnis für weiterführende geodätische Konzepte in den Bereichen Instrumentenkunde (Sensorik) sowie Rechen- und Auswerteverfahren (Methodik) vermittelt. Die Anwendung wird in betreuten Übungen in Kleingruppen erprobt. Bestandteil ist dabei auch der praktische Umgang mit verschiedenen Sensoren, das Erstellen von Computerprogrammen sowie das Aufbereiten von Ergebnissen in technischen Berichten. Damit lernen die Studierenden beispielsweise Messaufgaben mit Laserscanning zu definieren, zu lösen und zu evaluieren, Bestandteile von Laserscannern zu nennen und hinsichtlich ihrer Wichtigkeit für bestimmte Aufgaben zu evaluieren und verschiedene Mess- und Auswertemethoden im Bereich des Laserscannings zu nennen (z.B. Registrierung), durchzuführen und zu bewerten.

### **Medienform:**

Vorlesungsfolien, Videos, Übungsaufgaben

### **Literatur:**

- Deumlich, F., und Staiger, R., (2001): Instrumentenkunde der Vermessungstechnik, 9. Auflage, Wichmann Verlag

**Modulverantwortliche(r):**

Prof. Dr.-Ing. Christoph Holst

**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

### **BGU60017: Probabilistische Lebenszyklusanalyse und Unterhaltsmanagement von Infrastrukturbauten | Probabilistic Life Cycle Analysis and Integrity Management of Infrastructures**

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2018

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Englisch	<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:**

The course assessment takes place as a project work. The students will solve a practical problem that requires implementation of the methods discussed in class in a computer code. The students will be evaluated based on a written project report that documents the implemented approach and obtained results. The students will present their project in a 15-minute presentation followed by a discussion of the presented solution approach. The aim of the project is that students become familiar with the concepts discussed in class through hands-on experience. The project report will assess the students' understanding of the implemented methods and their applicability to specific problems. The purpose of the presentation is to assess the students' ability to describe theoretical concepts and communicate the adopted approach to solve a practical problem in a clear fashion.

#### **Wiederholungsmöglichkeit:**

Semesterende

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

The course will assume a basic knowledge of probability concepts such as random variables and their

description (e.g., through completion of the MSc course "Risk Analysis" or "Stochastic Finite Element

Methods"). Basic knowledge of Matlab or Python is required for the exercises.

#### **Inhalt:**

After a short introduction in probability theory, different approaches to monitor a structure are introduced:

1. General introduction
2. Basics of reliability analysis
3. Reliability of maintained systems
4. Time value of money
5. Decision theory and cost-benefit analysis
6. Models of deterioration mechanisms
7. Repair and rehabilitation
8. Inspection and monitoring strategies
9. Life-cycle cost analysis (LCCA)
10. Optimization of inspection and monitoring strategies

### **Lernergebnisse:**

This course enables the student to understand, analyze and communicate the elements of life-cycle reliability and asset integrity management subject to uncertainty and randomness. Upon completion of the module, students will be able to:

- Understand the fundamental concepts and challenges in infrastructure asset integrity management
- Understand and evaluate life-time reliability, availability and risk
- Perform probabilistic evaluations of the life-time performance of aging infrastructures by Monte Carlo simulation
- Assess the reliability of maintained structures
- Perform cost-benefit-analyses of asset integrity management strategies
- Understand the time-value of money and its relevance in infrastructure management
- Understand probabilistic models of inspection and monitoring
- Understand the effect of repair and rehabilitation
- Perform a life-cycle cost analysis
- Optimize inspection strategies and monitoring
- Implement analysis methods in computational tools such as Python or Matlab

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

The course is a 1-week (5 days) block course. It consists of lectures (50%) and exercises (50%), which implement the theory to 1-2 example structures and infrastructures.

Lectures will be given partly on the black/whiteboard and partly by presentations on slides. The whiteboard allows to develop key concepts and mathematical formulations at a pace that is conducive to a deeper understanding. The presentations on slides facilitates presentation of how these concepts apply to real systems and present case-studies.

In the exercise part, the students will be asked to solve selected exercises that are drawn from one or two case studies. These case studies will be introduced at the beginning of the course and utilized throughout. Some of the exercises will require the use of suitable software tools, such as Matlab or Python. Students will be required to develop and present the solution of selected exercises in class.

### **Medienform:**

- Lectures with blackboard supported by slides

- Exercise sheets
- Matlab code examples

**Literatur:**

Bismut, E., Straub, D. 2022. A unifying review of NDE models towards optimal decision support. Structural Safety

Bismut, E., Straub, D. 2021. Optimal adaptive inspection and maintenance planning for deteriorating structural systems

more references and selected materials will be provided

**Modulverantwortliche(r):**

Max Teichgräber

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

Probabilistic life cycle analysis and integrity management of infrastructures (Vorlesung mit integrierten Übungen, 3 SWS)

Bismut E, Koutas D

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

## Modulbeschreibung

### BV490050T2: Mineralische Rohstoffe 2 | Mineral Resources 2 [W-03]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2011/12

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Deutsch/Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester
<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:

Der Leistungsnachweis erfolgt durch eine mündliche Prüfung.

Mithilfe der mündlichen Prüfung wird nachgewiesen, inwieweit die Studierenden die Genehmigungsverfahren und bergrechtlichen Aspekte zum Aufsuchen und der Gewinnung von Rohstoffen verstanden haben. In begrenzter Zeit müssen rohstoffgeologische Problemstellungen analysiert werden und anhand der erlernten bergrechtlichen Regelungen der Rohstoffaufsuchung, -erschließung, und -aufbereitung selbständig Lösungswege entwickelt werden. Die Form des mündlichen Leistungsnachweises ermöglicht dabei iterative Fragestellungen zu rohstoffkundlichen Fallbeispielen inklusive Fragen der Rekultivierung und Renaturierung auflässiger Tagebaue mit steigender Komplexität und das individuelle Eingehen auf die Studierenden, wodurch eine realistische Einschätzung bezüglich der im Rahmen des Moduls erlangten Kompetenzen ermöglicht wird.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Modul W-02 Mineralische Rohstoffe 1

#### Inhalt:

- Allgemeine und regionale bergrechtliche Aspekte der Rohstoffgewinnung.
- Methoden der Aufsuchung, Untersuchung und Bewertung sowie des Abbaus und der Aufbereitung von Rohstoffen.
- Durchführung und Dokumentation der Probenahme, speziell bei tonigen Gesteinen.
- Herstellung von Pulver- und texturierten Präparaten.
- Identifikation von Mineralen insbesondere Tonmineralen in komplexen Gemischen.
- Quantitative Phasen-Analyse nach der Rietveld-Methode

### **Lernergebnisse:**

Nach der Teilnahme an der Modulveranstaltung ist der Studierende in der Lage,

- die Genehmigungsverfahren und bergrechtlichen Aspekte zum Aufsuchen und der Gewinnung von Rohstoffen zu verstehen und hierzu bergrechtliche Fragestellungen zu beurteilen.
- Abbau- und Rekultivierungsmaßnahmen für unterschiedliche Industriemineralien zu veranschlagen.
- geeignete Probenahme- und Aufbereitungsverfahren für verschiedene Rohstoffe durchzuführen und zu evaluieren.
- eine qualitative und quantitative Mineralbestandsbestimmung von Rohstoffen mit der Röntgenbeugungsanalyse zu entwickeln und zu beurteilen.

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

Die Veranstaltung besteht aus einer kombinierten Labor- und Gelände-Übung. Die Studierenden sollen einerseits in einem fiktiven Planspiel einen nichtmetallischen Rohstoff in einem europäischen Land explorieren und abbauen. Dazu müssen sie eine selbständige Materialrecherche zu länderspezifischen bergrechtlichen Aspekten vor allem den Rohstoffgenehmigungsverfahren erarbeiten. Zusätzlich sind hoffige Regionen nach geologischen Aspekten durch eine selbständige Analyse des geologischen Baus des Landes auszuwählen. In einem zweiten Teilabschnitt wird eine Rohstoffanalyse inklusive Probenahme in Kleingruppen praktisch durchgeführt. Bei der Geländeübung wird in einer Lagerstätte eine repräsentative Rohstoff-Probe aus einem komplexen geologischen Kontext genommen, dokumentiert und aufbereitet (homogenisiert). Während der Präsenzzeit erlernen die Studierenden die wichtigsten Grundlagen des Analyseverfahrens mithilfe von kleinen Übungen. Die im Gelände genommenen Proben werden nun von den Studierenden selbständig im Labor weiter aufbereitet, gemessen und interpretiert. Die dabei auftretenden Probleme und Ergebnisse werden mit dem Dozenten besprochen und Lösungsansätze erarbeitet. Ein Bericht der Rohstoffanalyse ist anzufertigen. Bei der Geländeübung lernen die Studierenden zusätzlich aktuelle geologische Probleme der Rohstoffe abbauenden Industrie und mögliche Lösungswege kennen. Dieser Praxisbezug ist für ein tieferes Verständnis der im Kurs erworbenen Kenntnisse notwendig.

### **Medienform:**

Tafelanschriften und Präsentationen, ergänzende Verteilungsblätter und Internetlinks, ergänzende Informationen werden auf der e-Learning-Plattform angeboten, eigene Mitschrift erforderlich. Projektarbeit mit Probenahme im Gelände, Aufbereitung, Analyse und Auswertung im Labor.

### **Literatur:**

- MOORE, D.M., REYNOLDS, R.C. Jr (1997): X-ray diffraction and the identification and analysis of clay minerals. 2nd Edition.- 378 S.; Oxford (Oxford University Press).
- LORENZ, W., GWOSDZ W. (1997-2003): Bewertungskriterien für Industriemineralien, Steine und Erden.- Hannover (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe).
- DINGETHAL, F., JÜRGING, P., KAULE, G., WEINZIERL, W. (1998): Kiesgrube und Landschaft.- 337 S., 3. Aufl.; Donauwörth (Auer).

WOHLRAB, B., EHLERS, M., GÜNNEWIG, D., SÖHNGEN H.-H. (1995) Oberflächennahe Rohstoffe - Abbau, Rekultivierung, Folgenutzung (Umweltforschung).- 304 S.; Stuttgart (Gustav Fischer Verlag).

**Modulverantwortliche(r):**

H. Albert Gilg (agilg@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

### CH0300: Angewandte Biopolymere und Biomaterialien | Applied Biopolymers and Biomaterials

*Nachhaltige Polymere und Polymere in der Biomedizin & Biotechnologie*

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2022/23

<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 (90 min). Dabei soll nachgewiesen werden, dass die Studierenden in den Themen Struktur und Anwendungen von Biopolymeren und Biomaterialien eine Reihe an Grundlagen und ausgewähltes Spezialwissen erworben haben und fähig sind, zu bestimmten Fragestellungen hierzu Lösungen auszuarbeiten. In der Klausur sind keine Hilfsmittel erlaubt. Es werden Aufgaben gestellt, die mittels eines selbst formulierten Textes beantwortet werden müssen.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Vorlesung Nr.:220081443 "Makromolekulare Chemie I"

#### Inhalt:

1. Wiederholung (kurz) der Grundlagen der Polymerisationsreaktionen (Polyaddition, Polykondensation) mit Fokus Biopolymere
2. Biopolymere: Struktur und Eigenschaften
3. Nachhaltige Polymere (biobasiert, bioabbaubar, ...)
4. Polymer-Biokonjugation (synthetische Polymere und Biomoleküle)
5. Stimuli-responsive Polymere (Temperatur, pH, ...)
6. Polymere für drug delivery
7. Therapeutische Proteine und Nukleinsäuren
8. Polymere und Materialien für (orthopädische) Implantate und für Anwendungen im Mund- und Zahnbereich
9. Polymere und Materialien für die Regulierung von Zellen und für tissue engineering

10. Weitere Aspekte organischer Polymere für medizinische Anwendungen (responsive Hydrogele, Foldamere, ...)
11. Nanomedizin, Nanorobotics und Grüne Nanotechnologie (mikrodimensionale Anwendungen, in-vivo assembly, ...)
12. Pharmazeutische Anwendungen - Biokompatibilität und Toxizität (großtechnische Herstellung - Fermentation, regulatorische Anforderungen für Anwendungen in-vivo, Toxizitätstests, ...)

### **Lernergebnisse:**

Nach der erfolgreichen Teilnahme an diesem Modul sind die Studierenden in der Lage, verschiedene organische Polymere zu benennen und chemisch zu beschreiben, auf die die Eigenschaften biobasiert, biokompatibel und/oder bioabbaubar zutreffen. Verschiedene Einsatzgebiete und Anwendungen von diesen können beschrieben und differenziert werden. Außerdem lernen die Studierenden viele Anwendungen von organischen Polymeren in der Medizin (sowie vereinzelt auch in der grünen Biotechnologie) kennen, insbesondere in den Bereichen Tissue Engineering, Organersatz und drug delivery. Der Zusammenhang zwischen chemischer Struktur und Reaktivität und den Eigenschaften bzw. den Wirkungen im biomedizinischen Milieu auch im Sinne sogenannter "composite grafts" spielt dabei eine große Rolle. Zum Abschluss erfolgen noch tiefere Einblicke in die momentan industriell stark akzentuierten Themen wie die Nanotechnologie und die Betrachtungen der regulatorischen und gesetzlichen Vorgaben und Voraussetzungen für einen Einsatz am und im Menschen.

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

Das Modul besteht aus einer Vorlesung (2SWS) mit begleitender Übung (1SWS). Nach dem Vermitteln der Grundlagen von Biopolymeren und Biomaterialien werden einzelne Themen basierend auf Anwendungen in (bio)medizinischen Bereichen vertieft. Der stufenweise Stoffaufbau soll das Gelernte schneller festigen. Die Inhalte der Vorlesung werden durch Präsentationen und Tafelanschrieb vermittelt. Parallel dazu sollen die Studierenden einschlägige Lehrbuchkapitel durcharbeiten, welche zur Vertiefung auch durch weitere Literatur, z.B. ausgewählte aktuelle Journal-Artikel, ergänzt werden. Begleitend zur Vorlesung vertiefen die Studierenden das gelernte Wissen in den Übungsstunden. Hierbei werden durch spezielle Aufgabenstellungen das analytische Denken und die Literaturrecherche angeregt.

### **Medienform:**

Tafel, PowerPoint

### **Literatur:**

K. Yao, C. Tang, *Macromolecules* 2013, 46, 1689-1712: Controlled Polymerization of Next-Generation Monomers and Beyond

N. Larson, H. Ghandehari, *Chem. Mater.* 2012, 24, 840-853: Polymeric Conjugates for Drug Delivery

M. Winnacker, *Biomater. Sci.* 2017, 5, 1230-1235: Polyamides and their functionalization: recent concepts for their applications as biomaterials

B. Rieger, A. Künkel, G. W. Coates, R. Reichardt, E. Dinjus, Th.A. Zevaco (Eds.), Synthetic Biodegradable Polymers (Springer, 2012)

H. Schlaad (Ed.), Bio-synthetic Polymer Conjugates (Springer, 2013)

**Modulverantwortliche(r):**

Winnacker, Malte; 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

### CH0805: Spektroskopische Methoden | Spectroscopical Methods

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2016

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Deutsch/Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester/ Sommersemester
<b>Credits:*</b> 8	<b>Gesamtstunden:</b> 240	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 150	<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 Prüfungsleistung wird für jede der beiden im Modul belegten Veranstaltungen in Form einer 90-minütigen, schriftlichen Prüfung erbracht. Die Bewertung des Gesamtmoduls erfolgt aus den beiden Teilklausuren im Verhältnis 50:50. Als einziges Hilfsmittel ist jeweils ein nicht programmierbarer Taschenrechner erlaubt. Die schriftliche Prüfung ist derart konzipiert, dass der Nachweis erbracht werden kann, ob die Studierenden in begrenzter Zeit und ohne weitere Hilfsmittel ein Problem erkennen und Wege zu einer Lösung finden können. Die gewählte Prüfungsform gewährleistet, dass in diesem Format gerade die Anwendung des gelernten Wissens und das erworbene Transferwissen besonders eingehend geprüft werden. Die Prüfungsfragen erstrecken sich über den gesamten Vorlesungsstoff. Dabei wird eruiert, in wieweit die Studierenden Kompetenzen in der Evaluierung spektroskopischer Methoden, der jeweiligen Funktionsweise und Anwendung erlangt haben. Die gewählte Prüfungsform gewährleistet, dass das Verständnis und die Analysefähigkeit technischer Komponenten erfragt wird. Im gewählten Prüfungsformat wird die Bandbreite und Tiefe des erworbenen Wissens adressiert, wodurch Antworten teils eigene Formulierungen -, teils die Lösung von Rechenaufgaben sowie das Erstellen qualitativer Vergleiche erfordern.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Grundkenntnisse der Quantenmechanik, Spektroskopie und Statistischen Thermodynamik. Grundbegriffe des Aufbaus von Atomen und Molekülen.

#### Inhalt:

Das Modul umfasst zwei Veranstaltungen zu weiterführenden Konzepten der experimentellen und theoretischen Spektroskopie und ermöglicht einen Gesamtüberblick über moderne spektroskopische Verfahren und Analysemethoden. Der Inhalt des Kurses 1: Spektroskopie mit

Licht, Grundlagen der Optik, Lasertechnik, laserspektroskopische Methoden, Manipulation von Proben für die Spektroskopie; Der Inhalt des Kurses 2: Oberflächenanalytik, Instrumentierung, kristallographische Beschreibung von Oberflächen, Oberflächenreaktionen, Vakuumherzeugung sowie -messung, Wechselwirkung von Licht, Ionen, Neutralteilchen und Elektronen mit Materie und deren Oberflächensensitivität, quantitative Beschreibung mikroskopischer Prozesse an Oberflächen: Adsorption, Desorption, Diffusion und Reaktion. Oberflächentechniken, die auf einem der folgenden Effekte aufbauen: Streuung, Photoemission oder Diffraktion. Charakterisierung von Oberflächen im realen und reziproken Raum, Festkörperbandstruktur, Kombination spektroskopischer Techniken mit mikroskopischen Verfahren.

**Lernergebnisse:**

Nach der erfolgreichen Teilnahme der jeweiligen Vorlesung mit Übung die grundlegenden Konzepte der Lasertechnik, Laserspektroskopie sowie Gasphasenspektroskopie (Kurs 1) und Methoden zur Erzeugung und Charakterisierung von Oberflächen und Vorgängen an diesen (Kurs 2). Die Studierenden können dieses Wissen anwenden, um aktuelle Fragestellungen auf dem Gebiet der Gasphasenspektroskopie, Laserspektroskopie in der Analytik, Lasertechnik, sowie Oberflächenanalytik, Surface Science und heterogenen Katalyse zu verstehen und experimentelle Untersuchungen dazu kritisch zu bewerten. Schließlich sollen die Studierenden eigene Vorstellungen entwickeln und in der Lage sein, experimentelle Verfahren vorzuschlagen, mit denen erfolgreich modernen Fragestellungen nachgegangen werden kann. Während sich der Vorlesungsstoff aus Kurs 2 vorwiegend mit der Grenzfläche von Festkörper und Gasphase auseinandersetzt, finden sich im Teil "Spektroskopische Methoden 1" Einblicke zur Gasphasenspektroskopie und Lasertechnik. Die Studierenden sind nach erfolgreicher Teilnahme an den jeweiligen Kursen in der Lage, für spezielle Probleme der Chemie und Analytik geeignete spektroskopische Lösungen zu finden, entsprechende spektroskopische Aufbauten selbständig zu konzipieren und Messergebnisse kritisch zu beurteilen.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Das Modul besteht aus zwei gewählten Vorlesungen mit begleitenden Übungen, der Lehrstoff wird jeweils in einer Vorlesung vermittelt, an die sich Übungen anschließen, um die Studierenden aktiv einzubinden und sie in die Lage versetzen, selbständig die Größenordnung von Effekten an Oberflächen quantitativ abzuschätzen bzw. laser- und gasphasenspektroskopische Methoden zu bewerten zu können. Die Studierenden werden weiterhin mit aktuellen Fragestellungen und Experimenten aus der Literatur konfrontiert, die anschließend diskutiert werden sollen. Im Rahmen der Vorlesung werden zu bestimmten Themen Skripte und Übungsaufgaben verteilt. Diese sind als Hausaufgaben oder als Gruppenarbeiten gemeinsam zu lösen. Die Ergebnisse werden von den Studierenden dargestellt und diskutiert und sollen dazu dienen, selbständig Kompetenz zu erwerben, das Gelernte anzuwenden, zu analysieren, die erzielten und in der Literatur beschriebenen Ergebnisse zu evaluieren und aus dem Erlernen eigene Konzepte zu entwickeln. In den Übungen werden die Studierenden zum gründlichem Studium der Literatur und der weiterführenden inhaltlichen Auseinandersetzung mit den Themen angeregt.

**Medienform:**

Semesterapparat, Skriptum, Folien, Tafelarbeit, elektronische Präsentation, Publikationen

**Literatur:**

Kurs 1: J.M. Hollas, "Modern Spectroscopy", Wiley, ISBN 0-470-84416-7 Demtröder, Laserspektroskopie: Grundlagen und Techniken, Springer, ISBN 3-540-33792-X  
Kurs 2: G. Ertl, J. Küppers, Low Energy Electrons and Surface Chemistry, VCH, ISBN 3-527-26056-0 H. Lüth, Surfaces and Interfaces of solid Materials, Springer, ISBN 3-540-58576-1  
A. Zangwill, Physics at Surfaces, Cambridge, ISBN 0-521-34752-1 M. Henzler, W. Göpel, Oberflächenphysik des Festkörpers, Teubner, ISBN 3-519-13047-5 D. Briggs, M.P. Seah, Practical Surface Analysis Vol. 1, Wiley, ISBN 0-471-95340-7 S. Huefner, Photoelectron Spectroscopy, Springer, ISBN 3-540-41802-4

**Modulverantwortliche(r):**

Heiz, Ulrich Kaspar; Prof. Dr. phil. 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

### CH0852: Bauchemische Materialien | Construction Chemicals and Materials

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2012/13

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Deutsch	<b>Semesterdauer:</b> Zweimestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester/ Sommersemester
<b>Credits:*</b> 10	<b>Gesamtstunden:</b> 300	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 210	<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 Prüfungsleistung wird in Form von zwei Klausuren erbracht. Die Prüfungsfragen gehen über den gesamten Vorlesungsstoff. Auch kurze Rechenaufgaben werden gestellt. Die Modulnote ergibt sich aus der Durchschnittsnote der Teilprüfungen.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Fortgeschrittene Kenntnisse in anorganischer Chemie, Grundkenntnisse der Festkörperchemie und der Polymerchemie.

#### Inhalt:

Bauchemische Materialien I: Chemie der anorganischen Bindemittel: Portlandzement, CaSO<sub>4</sub>-Bindemittel: Anhydrit, a-, b-Halbhydrat Materialeigenschaften von Baustoffen, Baustoffeigenschaften, Gefüge, Beton, Mörtel, Schadensreaktionen Bauchemische Materialien II - Funktionale Moleküle Die Vorlesung behandelt Herstellung, Eigenschaften und Anwendung organischer Zusatzmittel für Zement: wie z. B. Fließmittel, Wasserretentionsmittel, Verzögerer, Beschleuniger, Hydrophobierungsmittel Darüber hinaus wird die Kolloidchemie von Bindemittel-Zusatzmittel-Systemen behandelt. Daraus werden die Wirkmechanismen für Fließmittel, Wasserretentionsmittel, Schwindreduzierer und Latex-Dispersionen erklärt.

#### Lernergebnisse:

Nach der Teilnahme an den Modulveranstaltungen sind die Studierenden in der Lage, die chemischen Prozesse von Zement sowie von CaSO<sub>4</sub>-Bindemitteln beim Abbinden zu verstehen, die technischen Aspekte der Herstellung und ökologische Aspekte dieser Bindemittel zu analysieren, Unterschiede sowie Vor- und Nachteile verschiedener Fließmittelarchitekturen zu

verstehen, die Analytik bei Untersuchungen zur Wechselwirkung von Fließmittel und Bindemittel zu verstehen und daraus mögliche Wirkmechanismen zu erarbeiten.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Die Lehrveranstaltungen des Moduls werden als Vorlesungen und einem kurzen Praktikum angeboten. Die Inhalte der Vorlesungen werden im Vortrag vermittelt.

**Medienform:**

Folien, PowerPoint, Tafelarbeit

**Literatur:**

J. Plank, D. Stephan, Ch. Hirsch "Bauchemie", in: Winnacker/Küchler: Chemische Technik-Prozesse und Produkte, Band 7 (Industrieprodukte), 5. Auflage, Verlag Wiley-VCH, Weinheim (2004), p. 1-168 J. Stark, B. Wicht, Zement und Kalk: Der Baustoff als Werkstoff, Birkhäuser Verlag (November 1999). Ramachandran V. S., Malhotra V. M., Jolicoeur C., Spiratos N., "Superplasticizers: Properties and Applications in Concrete", CANMET Publication, Canadian Government Publishing Centre Supply and Services Canada, ISBN 066017393X, 1998.

**Modulverantwortliche(r):**

Plank, Johann 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](#).

## Modulbeschreibung

### CH3008: Hybridmaterialien - Struktur-Funktionsbeziehungen | Hybrid Materials - Structure-Function-Relationships

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2025/26

<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> 120	<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 dem Modul erfolgt die Überprüfung der Lernergebnisse anhand der Prüfungsform Präsentation. Die Prüfungsleistung beinhaltet eine PowerPoint-Präsentation (Dauer ca. 15 Minuten) mit Diskussion (Dauer ca. 15 Minuten), in der die Studierenden eine selbst gewählte wissenschaftliche Publikation aus dem Themengebiet "Hybrid-Materialien" vorstellen, mit Fokus auf die Themenbereiche der Anorganischen und Metall-Organischen Synthesechemie und angrenzender Bereiche (z.B. Polymerchemie, niedrigdimensionale Materialien), Materialwissenschaften bzw. Material-Analytik. Prüfungsgegenstand sind z.B. die allgemeine Thematik, Problemstellung der Publikation, Kernideen, methodische Ansätze und die Relevanz der Ergebnisse im breiten Forschungsfeld. Die Bewertung der Prüfungsleistung beruht auf der Qualität der Präsentation und der Diskussion in Bezug auf die vom Studierenden gewählten Themen vor dem Hintergrund des Gesamtzusammenhanges des Moduls.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Semesterende

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Belegung des Hauptfaches Anorganische oder Physikalische Chemie.

#### Inhalt:

Zu den Inhalten zählen Themen aus der aktuellen Forschung auf dem Gebiet der Anorganisch-/ Organischen-Hybridmaterialien unter besonderer Berücksichtigung von Koordinationspolymeren und Metall-Organischen Netzwerken, sowie verwandter Materialien; Synthese, Charakterisierung und Eigenschaften der Hybrid-Materialien in Bezug auf, beispielsweise, nachhaltige Kühlmaterialien, Gasspeicher- sowie Trennmateriale, (Chemo-)Sensoren, elektronische und photonische Bauteile, (Photo-)Elektrokatalysatoren, neuartige Batteriematerialien.

**Lernergebnisse:**

Nach Bestehen dieses Moduls sind die Studierenden in der Lage, die Materialklasse der hybridischen, funktionellen Materialien, z.B. Koordinationspolymere im Allgemeinen, metallorganische Gerüstverbindungen und Koordinationsnetzwerke mit Perowskitstruktur im Besonderen sowie funktionelle Kompositmaterialien in einem weiteren Gesamtzusammenhang - zu überblicken und die wichtigsten Struktur-Eigenschaftsbeziehungen zu verstehen. Die Studenten sind in der Lage, sich in ein Gebiet der funktionellen Hybridmaterialien einzuarbeiten und über dieses Themenfeld vorzutragen, sowie Diskussionen zu führen und zu leiten.

**Lehr- und Lernmethoden:**

In der Lehrveranstaltung (Vorlesung mit integriertem Diskussionsseminar) werden Herausforderungen der angewandten anorganischen Chemie im Bezug auf die Chemie von Anorganisch/Organischen-Hybridmaterialien herausgearbeitet. Die Dozenten führen in den Stoff ein und für die Vorbereitung der Präsentationen werden die Studierenden dazu angeleitet, Forschungspublikationen zu recherchieren, sie zu analysieren und zu bewerten. Diese Anleitung ergibt sich aus der aktiven Teilnahme an der Lehrveranstaltung sowie durch Beratung mit einem erfahrenen Betreuer/in.

**Medienform:**

PowerPoint, e-learning (moodle)

**Literatur:**

Die Studierenden werden mit Lernmaterialien arbeiten, die von den Dozenten zur Verfügung gestellt werden, z.B. Übersichtsartikel und Powerpointfolien. Für die Präsentation stehen Originalpublikationen aus Fachzeitschriften zur Verfügung.

**Modulverantwortliche(r):**

Fischer, Roland; 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

### CH3009: Festkörpermaterialien: Vom Design über die Chemie bis zu funktionalen Bauelementen | Solid State Materials: From Design, Chemistry to Functional Devices

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2022/23

<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 wird in Form einer 90-minütigen Klausur erbracht. In der Klausur werden die Studierenden auf Basis ihrer erworbenen Fachkompetenzen komplexe Problemstellungen im Bereich Festkörpermaterialien und Synthese, Struktur-Eigenschaften Design, und deren Anwendungen im Bereich Energie (Batterien, Brennstoffzellen) und Informationstransfer (Sensoren, Memristoren für neuronale Netzwerke) geprüft.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Das Modul richtet sich an Master-Studierende der Chemie, Physik, Materialwissenschaft, Elektrotechnik oder des Maschinenbauwesens. Ein naturwissenschaftlicher oder ingenieurwissenschaftlicher Bachelorabschluss ist von Vorteil.

#### Inhalt:

Das Modul richtet sich an interessierte Studierende der Festkörpermaterialien für Anwendungen im Bereich Energie, Computing oder der Katalyse. Ebenfalls im Fokus stehen die Anwendungen der Kolloidchemie, Herstellung kristalliner und glasartiger Feststoffe und das Design von Struktur-Eigenschaften.

Dieses Modul behandelt die Exploration und Herstellung der keramischen Synthese bzw. Festkörper-Synthese, für große und kleine Bauteile, 3D Druck, nanoscale Dünnschichtherstellung welche für Mikroelektronikbauteile, Energiespeicherung und Konversion eingesetzt werden können.

**Lernergebnisse:**

Nach Bestehen des Moduls sind die Studierenden in der Lage, ihr Wissen im Bereich der Festkörpermateriale selbstständig zu vertiefen. Weiterhin sind die Studierenden in der Lage, Problemstellungen zu deren Synthese, Struktur-Eigenschaft Design, und Engineering von Festkörpermateriale für Batterien, Brennstoffzellen, neuronale Netzwerke oder Sensoren selbstständig zu lösen.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Das Modul besteht aus einer Vorlesung (2 SWS) und einer Übung (1 SWS). In der Vorlesung werden, aufbauend auf den Grundlagen eines naturwissenschaftlichen Bachelorstudiengangs, die Inhalte von Festkörperdesign, Synthese und deren Technik für Energie und Informationsanwendungen vermittelt. Die Übung ergänzt diesen Lernstoff und dient der Wiederholung und Festigung des Modulstoffs.

**Medienform:**

Tafel und Powerpoint-Folien

**Literatur:**

Geeignete Literatur wird zu Beginn der Vorlesung vom Dozierenden bekannt gegeben.

**Modulverantwortliche(r):**

Rupp, Jennifer; 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

### CH3154: Nanomaterialien | Nano Materials

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2021

<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 Prüfungsleistung wird in Form einer Klausur (90 Minuten) erbracht. Dabei zeigen die Studierenden, dass sie die unterschiedlichen Domänen der Nanomaterialien kennen und die physikalisch-chemischen Grundlagen dazu beherrschen. Die unterschiedlichen Techniken zur Herstellung von Nanomaterialien werden schriftlich wiedergegeben. Des Weiteren sollen die Studierenden mögliche Potentiale von Nanomaterialien analysieren und die Grundlagen dazu aufgreifen. Die Prüfungsfragen umfassen den gesamten Modulstoff.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Fortgeschrittene Kenntnisse und Interesse an Nanomaterialien, der anorganischen Chemie, Polymerchemie und Kolloidchemie.

#### Inhalt:

Nanomaterialien kommen in allen Domänen des Alltags vor: In biologischen und geologischen Systemen, als gezielt hergestellte Komponente moderner Materialien, sowie als Nebenprodukt menschlicher und natürlicher Prozesse. Das Modul bietet eine Einführung in folgende Themen:

- Die verschiedenen Klassen von Nanomaterialien
- Physiko-chemische Eigenschaften von Nanomaterialien
- Die Herstellung von anorganischen und organischen Nanomaterialien (verschiedene Top-Down Verfahren wie Lithographie und Bottom-Up Verfahren wie Selbstorganisation)
- Industrielle Anwendungen von chemisch hergestellten Nanomaterialien (u.a. Pigmente, Emulsionspolymere, CaCO<sub>3</sub>, Silica, Baumaterialien)
- Aktuelle Forschungstrends im Feld der Nanomaterialien

Der Schwerpunkt des Moduls liegt dabei auf chemisch-synthetischen Nanomaterialien (in der Regel Bottom-Up Verfahren), deren Herstellung, Eigenschaften und Anwendungen.

**Lernergebnisse:**

Nach erfolgreicher Teilnahme am Modul sind die Studierenden in der Lage, die verschiedenen Klassen von Nanomaterialien zu erkennen. Die Studierenden haben einen Überblick über Methoden zur Herstellung von Nanomaterialien und sind in der Lage, die Vor- und Nachteile der Herstellungsprozesse einzuordnen.

Des Weiteren sind die Studierenden in der Lage, die unterschiedlichen Eigenschaften der Nanomaterialien (wie z.B. mechanische, elektronische, thermische, optische Eigenschaften) zu erkennen und mit der Struktur zu verknüpfen. Die gängigen Techniken zur Charakterisierung von Nanomaterialien sind bekannt und können kompetent von den Studierenden auf die unterschiedlichen Klassen angewendet werden.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Das Modul besteht aus einer Vorlesung (2 SWS) und einer Übung/Praktikum (1 SWS). Innerhalb der Vorlesung werden z.B. die Inhalte durch Vortrag des Dozierenden thematisiert. Dabei unterstützen Tafelanschriften und Folien-Präsentationen die Darstellung des Lehrstoffs und tragen somit zum Verständnis der Vorlesungsinhalte bei. Durch den Vortrag des Dozierenden ist ein stufenweiser Aufbau der Modulinhalte (Grundlagen zu weiterführenden Inhalten) möglich. Die parallel zur Vorlesung stattfindende Übung soll das Verständnis der Modulinhalte ergänzen und zusätzlich fördern. In der Lernplattform Moodle werden die Unterlagen und die Übungen zur Verfügung gestellt.

**Medienform:**

PowerPoint, Tafelarbeit, Moodle

**Literatur:**

- Nanophysik und Nanotechnologie - eine Einführung in die Konzepte der Nanowissenschaft, E.L. Wolf, Wiley-VCH, 2015
- Concepts of Nanochemistry, L. Cademartiri, Wiley-VCH, 2009
- Nanochemistry - A chemical approach to nanomaterials, G. A. Ozin, RSC Publishing 2009

**Modulverantwortliche(r):**

Gädt, Torben; 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

### CH3334: Methoden der molekularen Simulation | Methods of Molecular Simulation

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2022/23

<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:

Die Modulprüfung besteht aus einer mündlichen Prüfung (Dauer: 30 Minuten) in der die Studierenden verschiedene theoretische Ansätze und Methoden der molekularen Simulation erinnern und ihre jeweiligen Anwendungsbereiche benennen sollen. Es müssen einfache Probleme durch Berechnung ohne Hilfsmittel gelöst werden.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Semesterende

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Die Module Mathematische Methoden der Chemie (CH0105, CH0112), Quantenmechanik (CH4108), und Molekulare Struktur and Statistische Mechanik (CH4113) aus dem TUM Chemie Bachelorstudium.

#### Inhalt:

1. Lokale und globale Geometrieoptimierung
2. Ab Initio Thermodynamik
3. Molekulardynamik
4. Monte Carlo Verfahren
5. Freie Energie Simulationsmethoden
6. Langzeitsimulationen und kinetisches Monte Carlo

#### Lernergebnisse:

Nach der erfolgreichen Teilnahme an diesem Modul können die Studierenden grundlegende Methoden und Algorithmen der molekularen Simulation aufzählen und deren Konzepte qualitativ beschreiben.

Sie kennen deren Anwendungsbereiche und Beiträge zur Untersuchung chemischer Fragestellungen.

Sie können die Anwendbarkeit und Einschränkungen der verschiedenen Techniken klassifizieren. Sie können die erlernten Methoden zur Durchführung einfacher Simulationen selbst einsetzen.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Das Modul besteht aus einer Vorlesung mit begleitenden Übungen (4 SWS). Die Anwesenheitszeit in der Vorlesung und den Übungen ist von vergleichbarem Umfang, um die Aneignung von konzeptionellem Wissen mit der praktischer Fähigkeiten gleichmäßig zu gewichten. Der in thematische Blöcke gegliederte Lehrstoff wird jeweils in der Vorlesung durch Frontalvortrag vermittelt. Die Studierenden vertiefen ihr Verständnis durch angeleitetes Selbststudium. Praktische Übungsaufgaben gestatten es den Studierenden, ihr Kompetenzniveau selbst einzuschätzen, ihr erworbenes Wissen gemeinsam zur Lösung von Beispielproblemen einzusetzen, sowie direktes Feedback zu erhalten.

**Medienform:**

Vorlesungsskript, Aufgabensammlung, Tafelanschrieb, PowerPoint.

**Literatur:**

- 1) C.J. Kramers, Essentials of Computational Chemistry
- 2) F. Jensen, Introduction to Computational Chemistry
- 3) D. Frenkel and B. Smit, Understanding Molecular Simulation: From Algorithms to Applications

**Modulverantwortliche(r):**

Stein, Christopher; Prof. Dr.

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

Methods of Molecular Simulation (CH3334) (Vorlesung mit integrierten Übungen, 4 SWS)

Stein C

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

## Modulbeschreibung

### CIT4430005: Photonic Quantum Technologies | Photonic Quantum Technologies

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2025

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> 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:

Es findet eine mündliche Prüfung von etwa 25 Minuten Dauer statt. In der mündlichen Prüfung stellen die Studierenden unter Beweis, dass sie Grundlagen und Anwendungen von photonischen Quantentechnologien verstanden haben und Lösungsansätze zu Beispielproblemen finden können. Prüfungsaufgabe könnte beispielsweise sein: Was ist ein Quanten-Repeater und wie funktioniert er? Was ist ein photonischer Clusterzustand und wie kann er erzeugt werden?

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Keine spezifischen Voraussetzungen

#### Inhalt:

Photonen bewegen sich mit Lichtgeschwindigkeit fort und können in verschiedenen Medien große Entfernungen ohne Signifikante Absorption zurücklegen. Daher spielen sie in Quantentechnologien eine einzigartige Rolle. Halbleiter sind als Materialsystem ideal geeignet für die Erzeugung von Quantenlicht, als optisch-aktive Spin Qubits sowie zum Routen von Photonen und zur Erzeugung effektiver Photon-Photon Wechselwirkungen. Diese Vorlesung wird die Grundlagen photonischer Quantentechnologien sowie die wichtigsten Anwendungsbeispiele behandeln. Spezifische Themen sind:

- Grundlagen der Quantenphotonik
- Beispiele optisch-aktiver Qubits auf Halbleiterbasis
- Quantenkommunikation
- Photonisches Quantencomputing

### **Lernergebnisse:**

Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls werden die Studierenden Expertise in folgenden Bereichen besitzen:

- Verständnis der Grundlagen von einzelnen Qubits, Zwei-Qubit Zuständen und Quantenverschränkung und die Kompetenz dies auf verschiedene Quantensysteme anzuwenden.
- Verständnis von kohärenter Licht-Materie Wechselwirkung und Resonator QED um Quantengatter und die Leistungsfähigkeit von Bauelementen zu analysieren.
- Die Fähigkeit Vorteile und Nachteile verschiedener optisch aktiver Halbleiter-Quantensysteme zu analysieren
- Grundlegendes Verständnis der Erzeugung, Manipulation und Detektion von Quantenlicht um die Funktionsfähigkeit von Bauelementen zu verstehen und ihre Leistungsfähigkeit zu analysieren.
- Die Fähigkeit verschiedene Protokolle für Quantenkommunikation zu verstehen und anzuwenden

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

In der thematisch strukturierten Vorlesung werden die Lerninhalte präsentiert, dabei werden insbesondere mit Querverweisen zwischen verschiedenen Themen universellen Konzepte photonischer Quantentechnologien aufgezeigt. In wissenschaftlichen Diskussionen werden die Studierenden mit einbezogen und das eigene analytisch-physikalische Denkvermögen gefördert. In der Übung werden die Lerninhalte vertieft durch das Lösen von Übungsaufgaben und der Diskussion neuester Veröffentlichungen.

### **Medienform:**

Tafelähnlicher Anschrieb mittels Tablet und Beamer

### **Literatur:**

Mark Fox - Quantum Optics: An introduction (Oxford University Press 2006)

- M.A. Nielsen and I.L. Chuang - Quantum Computation and Quantum Information (Cambridge University Press)
- Peter Michler - Quantum Dots for Quantum Information Technologies - (Springer, 2017).

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

Müller, Kai; Prof. Dr. rer. nat.

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

Photonic Quantum Technologies (Vorlesung, 2 SWS)

Müller K

Photonic Quantum Technologies (Übung, 2 SWS)

Müller K [L], Hanschke L

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

## Modulbeschreibung

### ED120057: Naturbaustoffe | Natural Building Materials

*Materialwende*

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2022

<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:

Die Prüfungsleistung besteht aus einer schriftlichen Klausur (Dauer: 60-90 Minuten) am Ende des Semesters. Durch das Beantworten von Fragestellungen zu nachhaltigen Handlungsstrategien, Terminologien und Begriffen, Eigenschaften und Anwendungsbereichen von Natur- und Sekundärbaustoffen im Bauwesen sowie zu Grundlagen des kreislaufgerechten Entwerfen und Konstruierens, weisen die Studierenden ihr erworbenes Wissen nach. Darüber hinaus können Fragestellungen vorhanden sein, die das eigenständige Anwenden und Weiterdenken des erlernten Wissens erfordern. Die Antworten sind teilweise auch als skizzenhafte Darstellungen, Ankreuzen von Mehrfachnennungen oder eigenständige Formulierungen zu leisten.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Semesterende

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Es werden allgemeine Grundkenntnisse von Materialien und Baustoffen empfohlen.

#### Inhalt:

Die Vorlesungsreihe gibt einen Überblick über Bedeutung, Historie und Prinzipien des Nachhaltigen Handelns. Es werden Strategien für das Bauen im postfossilen Zeitalter vorgestellt. Die Studierenden lernen das Spektrum und Anwendungspotenzial von Naturbaustoffen (u.a. Lehm und Holz) sowie von Sekundärbaustoffen kennen. Kreislaufgerechtes Entwerfen und Konstruieren bildet die Grundlage für die Wieder- und Weiterverwendung von Bauteilen und Materialien im Bauwesen. Es wird der Zusammenhang von architektonischem Entwurf, Baustoff und Baukonstruktion thematisiert. Ausgewählte Best Practice Projekte und Werkberichte stellen den direkten Bezug zur Entwurfs- und Konstruktionspraxis sicher.

### **Lernergebnisse:**

Die Studierenden sind nach Absolvieren des Moduls in der Lage:

- Ihr Handeln und ihre Verantwortung als Planende im Kontext der Klimakrise einzuordnen
- Potenziale von Natur- und Sekundärbaustoffen in verschiedenen Anwendungsbereichen zu nutzen, um mineralische Baustoffe zu substituieren
- technische und ökologische Eigenschaften von Naturbaustoffen zu differenzieren und zu beurteilen
- kreislaufgerecht zu entwerfen und zu konstruieren, um die Wieder- und Weiterverwendung von Bauteilen und Materialien zu ermöglichen
- die erworbenen Kenntnisse in der eigenen Entwurfs- und Konstruktionspraxis anzuwenden

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

Die Lehrveranstaltung wird als Vorlesungsreihe abgehalten und ist in verschiedene Teilbereiche gegliedert. Die Vermittlung erfolgt u.a. anhand von Fotos, Diagrammen, Tabellen, Planzeichnungen und Details, ein Bezug zur Baupraxis ist gegeben.

Digitale Auszüge aus den Vorlesungen unterstützen das geforderte Selbststudium und ergänzen die von den Studierenden geforderten, eigenständig angefertigten Notizen. Diese bilden die Grundlage für die schriftliche Prüfung am Semesterende.

### **Medienform:**

Vortragsfolien (PDF)

### **Literatur:**

Holzmann, G; Wangelin, M. und Bruns, T. (2012) Natürliche und pflanzliche Baustoffe, Springer Vieweg Verlag, Wiesbaden

Kaufmann, H. mit Krötsch, S. und Winter, S. (2021) Atlas Mehrgeschossiger Holzbau. Detail Verlag, München

Heisel, F. und Hebel, D. E. (2021) Urban Mining und kreislaufgerechtes Bauen - Die Stadt als Rohstofflager.

Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart

Hillebrandt, A. et al. (2021) Atlas Recycling - Gebäude als Materialressource. Detail Verlag, München

Weitere projektbezogene Literaturempfehlungen werden zu Beginn der jeweiligen Veranstaltung mitgeteilt.

Je nach Themenschwerpunkt wird ein Handapparat zur Verfügung gestellt.

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

Birk, Stephan; Prof. Dipl.-Ing.

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

Vorlesung MA - Prof. Birk - Materialwende (Vorlesung, 2 SWS)

Birk S, Huth T, Daiberl J, Lukas A

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

## Modulbeschreibung

### ED120122: Architektonische Oberflächenmaterialien wissenschaftlich erforschen | Unveiling architectural surface materials through science

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2024/25

<b>Modulniveau:</b> Bachelor/Master	<b>Sprache:</b> Englisch	<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:

Modulprüfungen finden in Form einer schriftlichen Prüfung (Klausur, Dauer 60 Minuten) statt, bei der die Studierenden Multiple-Choice-Fragen zu den in den Vorlesungen behandelten Inhalten sowie Verständnisfragen zu Fallstudien beantworten müssen. Die Prüfungen sollen sowohl die wesentlichen Erkenntnisse aus den Vorlesungen und Übungen als auch die Fähigkeit der Studierenden, relevante Fragen zu beantworten, identifizieren. Anhand von Kurzfragen können die Prüfer überprüfen, inwieweit die Studierenden in der Lage sind, schriftliche Quellen/Literatur kritisch zu nutzen und die Methodik hinter interdisziplinären Studien zu verstehen. Während der Prüfungen erlaubte Gegenstände: Schreibutensilien, Lineal, (Online-) Englischwörterbuch.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Kenntnisse in Materialwissenschaften, Chemie und Physik.

Es wird dringend empfohlen, auch den Vortrag "Untangling architectural surface conservation" und das Seminar "Science in Cultural Heritage (Interdisciplinary thinking)" zu besuchen.

#### Inhalt:

Die Materialität architektonischer Oberflächen und die möglichen Abbauphänomene, die bei der Exposition gegenüber Schadstoffen oder Licht auftreten können, werden durch wissenschaftliche Analysen und Fallstudien erklärt. Die Studierenden machen sich mit der Chemie historischer Materialien vertraut, von Bindemitteln (anorganisch und organisch) über Füllstoffe/Zusatzstoffe bis hin zu Farbstoffen, ihren Abbaupfaden und den neuesten Technologien, die derzeit zur Dokumentation, Überwachung und Charakterisierung eingesetzt werden.

Nachhaltige technische und kulturelle Strategien zur Erhaltung komplexer historischer Objekte erfordern einen integrativen Ansatz, der wissenschaftlich fundierte Untersuchungen (Forschung, Analyse und Bewertung) und (digitale) Dokumentation kombiniert. Um interdisziplinär zusammenzuarbeiten, sollte man sich bemühen, andere ergänzende Disziplinen zu verstehen und mit ihnen vertraut zu sein. Daher werden die Studierenden in die Methoden und Strategien hinter der wissenschaftlichen Untersuchung historischer Materialien eingeführt. Die Disziplin der Konservierungswissenschaft und die Rolle der verschiedenen Berufsgruppen, die an Studien zum kulturellen Erbe beteiligt sind, werden definiert.

### **Lernergebnisse:**

Nach dem Kurs werden die Teilnehmer in der Lage sein,

- zu verstehen, warum es so wichtig ist, unser kulturelles Erbe zu bewahren.
- die Bedeutung und Wichtigkeit eines interdisziplinären Ansatzes in der Erforschung des Kulturerbes zu verstehen.
- Materialien von historischem und künstlerischem Interesse zu benennen.
- das physikochemische Verhalten historischer Materialien zu benennen und deren Abbauewege zu beschreiben.
- den Einfluss von Mikroklimabedingungen auf historische Materialien zu verstehen und das Konzept der präventiven Konservierung zu definieren.
- die derzeit angewandte und entwickelte Spitzentechnologie für Kulturerbestudien zu benennen.
- die analytischen Herausforderungen und Rahmenbedingungen bei der Untersuchung wertvoller und hochgradig heterogener Objekte/Oberflächen zu verstehen.

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

Vorlesung mit Übungen

Während der Vorlesungen wechseln wir zwischen Präsentationen (PowerPoint), Rundtischgesprächen und Gruppenarbeit.

Die Studierenden lernen die wissenschaftliche Methode anhand zweier exemplarischer Oberflächenarten kennen, nämlich Wandmalereien und Putze. Das Lesen ausgewählter wissenschaftlicher Artikel im Unterricht hilft den Studierenden, sich mit der wissenschaftlichen Methode vertraut zu machen und einen kritischen Analyseansatz zu entwickeln.

Ein Einblick in die Praxis wird durch praktische Analysedemonstrationen in den Laboren des Lehrstuhls unter Nutzung der Spitzentechnologie des insiTUMlab, der analytischen Infrastruktur für zerstörungsfreie In-situ-Studien des kulturellen Erbes, vermittelt. Diese Erfahrung gibt einen ersten Eindruck von den analytischen Herausforderungen und Rahmenbedingungen bei der Untersuchung wertvoller und stark heterogener Objekte/Oberflächen.

Damit lernen die Studierenden beispielsweise zu verstehen, warum es so wichtig ist, unser kulturelles Erbe zu bewahren und die Bedeutung und Wichtigkeit eines interdisziplinären Ansatzes in der Erforschung des Kulturerbes zu verstehen.

### **Medienform:**

PowerPoint-Präsentationen, gedruckte Materialien und Übungsblätter.

**Literatur:**

Chemistry for Restoration. Painting and Restoration Materials. Mauro Matteini, Rocco Mazzeo and Arcangelo Moles. Ed. Nardini (2016) ISBN 9788840444505

Analytical Archaeometry: Selected Topics 1. Ed. Howell Edwards (Editor), Peter Vandenabeele (Editor). RSC Publishing (2012) ISBN 978-1-84973-162-1

**Modulverantwortliche(r):**

Dr. Clarimma Sessa Prof. Dr. Thomas Danzl

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

Architektonische Oberflächenmaterialien wissenschaftlich erforschen (Seminar, 2 SWS)

Danzl T, Sessa C

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

## Modulbeschreibung

### ED140016: Computational Flow Stability and Transition | Computational Flow Stability and Transition

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2025

<b>Modulniveau:</b> Bachelor/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> 105	<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:

The examination in this module consists in (25%) the completion of weekly exercises. Students have to prove their knowledge of linear stability tools, the relevant cases of application to derive physical understanding from them and their ability to use state-of-the-art libraries

The examination in this module consists in (50%) the oral presentation of a research article.

Students have to prove their understanding of the application of the linear stability methods in research publication.

The examination in this module consists in (25%) the completion of a final project. The students have to show their ability to apply linear stability tools implemented in state-of-the-art libraries to a model problem.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester / Semesterende

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Python programmation ; Stabilit theory ; Fluid dynamics ; Hydrodynamics

#### Inhalt:

The course offers core knowledge on computational methods to solve large linear systems stemming from global operator-based analysis (stability, transient growth, sensitivity, resolvent) of physical problems, such as fluid dynamics. The course systematically progresses from the foundational derivation of the basic iterative algorithms to the use of state-of-the-art, high performance, Python libraries implementing these methods. Throughout the course, special emphasis is placed on identifying the physical knowledge that can be drawn from each the operator-based tool and the relevant cases of application.

The following content will be addressed:

1. General principles of linear stability analysis and example cases in fluid dynamics

2. Introduction to non-normality, its measure, and transient temporal growth
3. Introduction to the pseudo-spectrum of an operator and the methods to compute it. Link to the transient growth and pseudo-resonance.
4. Sensitivity of the spectrum of an operator and the methods for eigenvalues tracking
5. Introduction to sparse matrices and sparse operations
6. Iterative methods for solving large linear systems and eigenvalue problems (Richardson, Arnoldi, Lanczos, conjugate gradient) and spectral transformations
7. Use of PETSc/SLEPc libraries
8. Introduction to resolvent analysis and the action of an operator

By the course's completion, students are expected to have a comprehensive understanding of iterative computational methods applicable to global operator-based analysis and the capability to apply it to a variety of problems.

More info on the course's webpage: <https://www.epc.ed.tum.de/tfd/lehre/computational-methods-for-operator-based-analysis/>

### **Lernergebnisse:**

After successful participation in the module, students are able to

- know the linear stability tools
- recognize the relevant cases of application of linear stability tools to derive physical understanding from them
- use dedicated iterative methods for large linear systems
- provide a critical analysis on the use of iterative methods for large linear systems in research publications
- use state-of-the-art libraries implementing iterative methods for large linear systems
- apply iterative methods for large linear systems on a model problem.

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

The learning is weekly organized around a lecture and a lab session. The theoretical knowledge is delivered during the lecture, where active learning is fostered with Kahoot-type questions and small coding tasks. The theoretical knowledge is applied during the lab session to implement the methods and solve a model problem in Python. The coding tasks addressed during the lecture serve as a basis for the lab session.

The students are confronted with the application of computational methods for operator-based analysis to research problems by presenting a research article selected from a pool of pre-selected articles.

During the last third of the semester, the students will carry out a project in groups of two. The project assesses the student's capability to apply the methods learned to model problems.

### **Medienform:**

Slides and interactive exercises. Programming with Python.

### **Literatur:**

P. J. Schmid. Nonmodal Stability Theory. *Annu. Rev. Fluid Mech.*, 39:129–62, 2007.

Peter J. Schmid and Dan S. Henningson. Stability and Transition in Shear Flows. Number 142 in Applied Mathematical Sciences. Springer, New York Berlin Heidelberg, 2001. ISBN 978-1-4612-6564-1 978-0-387-98985-3. doi: 10.1007/978-1-4613-0185-1.

L.N. Trefethen and M. Embree. Spectra and Pseudospectra: The Behavior of Nonnormal Matrices and Operators. Princeton University Press, 2005.

**Modulverantwortliche(r):**

Polifke, Wolfgang; Prof. Dr.

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

Computational Flow Stability and Transition (Vorlesung, 2 SWS)

Polifke W [L], Brokof P, Varillon G

Exercises on Computational Flow Stability and Transition (Übung, 2 SWS)

Polifke W [L], Brokof P, Varillon G

Seminar on Computational Flow Stability and Transition (Seminar, 2 SWS)

Polifke W [L], Brokof P, Varillon G

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

## Modulbeschreibung

### EI70740: Nanotechnology for Energy Systems | Nanotechnology for Energy Systems [NTES]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2022/23

<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 Modulprüfung besteht aus zwei Teilen:

- Einer schriftlichen Klausur [Gewichtung 50%].
- Einem Simulationspraktikum mit zwei Aufgaben [Gewichtung 50%].

Die schriftliche Klausur dauert 60 Minuten und muss bestanden werden um das Modul zu bestehen. Es sind keine Hilfsmittel erlaubt. Die Klausur besteht aus theoretischen Fragen um zu überprüfen, ob die Studierenden die Vorlesungsinhalt verstanden haben.

Im Simulationspraktikum (Zweiergruppen) verwenden die Studierenden numerische Methoden, um zwei ausgewählte Nanosysteme zur Energiewandlung zu simulieren. Die Simulationsergebnisse werden abschließend in jeweils einem vierseitigen Bericht im Stile einer wissenschaftlichen Veröffentlichung zusammengefasst und diskutiert.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Grundlegenden physikalischen Konzepte von Halbleitermaterialien und elektronischen Bauelementen.

- EI0636: Nanoelectronics
- EI04032: Nano- und Quantentechnologie

#### Inhalt:

Ziel des Moduls ist es einen umfangreichen Überblick über verschiedene Nanosysteme zur Energiewandlung zu geben.

Der Inhalt wird in vier Teile gegliedert:

- Einführung in die Nanotechnologie und in Nanosysteme zur Energiewandlung einschließlich ihrer theoretischen Grundlagen.
- Einführung in photovoltaische Systeme.
- Einführung in thermoelektrische Systeme.
- Einführung in Systeme zur Energiegewinnung aus mechanischen Schwingungen und Bewegungen.

**Lernergebnisse:**

Nach der erfolgreichen Teilnahme an diesem Modul sind die Studierenden in der Lage

- grundlegende nanotechnologische System zur Energiewandlung zu verstehen, zu analysieren und kritisch zu evaluieren.
- die Vor- und Nachteile unterschiedlicher Solarzellen-Architekturen zu vergleichen.
- die grundlegenden Konzepte der Thermoelektrizität zu erklären und wie Nanotechnologie dazu eingesetzt werden kann, um thermoelektrische Bauelemente zu optimieren.
- zu erklären wie mechanische Schwingungen und Bewegungen zur Energiegewinnung eingesetzt werden können.
- Simulationsergebnisse in Form von wissenschaftlichen Berichten aufzubereiten.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Das Modul besteht aus Vorlesungen und einem Simulationspraktikum.

In den Vorlesungen werden die Modulhalte von einem Dozenten vorgetragen und anschließend mit den Studierenden diskutiert. Zur Visualisierung der Inhalte werden elektronische Präsentationen verwendet.

Im Simulationspraktikum verwenden die Studierenden numerische Methoden um zwei ausgewählte nanotechnologische System (z.B. eine Silizium-Solarzelle, ein thermoelektrisches Bauelement) zu untersuchen. Die Simulationsergebnisse werden abschließend in jeweils einem vierseitigen Bericht im Stile einer wissenschaftlichen Veröffentlichung zusammengefasst und diskutiert.

**Medienform:**

Die folgenden Unterlagen werden über die Moodle Plattform bereitgestellt:

- Präsentationen
- Übungsaufgaben
- Zugang zu numerischen Simulations-Programmen
- Zusätzliche Literatur in Form von wissenschaftlichen Artikeln

**Literatur:**

- R. Waser: "Nanoelectronics and Information Technology - Advanced Electronic Materials and Novel Devices", John Wiley & Sons, 2012
- K. Goser, P. Glösekötter, J. Dienstuhl: "Nanoelectronics and Nanosystems - From Transistors to Molecular and Quantum Devices", Springer, 2004

**Modulverantwortliche(r):**

Gagliardi, Alessio; Prof. Dr. rer. nat.

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

Nanotechnology for Energy Systems (Vorlesung mit integrierten Übungen, 5 SWS)

Gagliardi A [L], Gagliardi A, Jirauschek C ( Schreiber M ), Poonam -, Radice N, Gu Z

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

## Modulbeschreibung

### EI70760: Simulation of Quantum Devices | Simulation of Quantum Devices [SQD]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2021/22

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> 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:

Oral exam 25 minutes (100%)

By answering questions and discussing given examples, the students show that they understand the quantum mechanical and numerical concepts introduced in this course, and can apply them to quantum nanoelectronic devices and structures. In this context, the numerical code developed as a take-home project will also be discussed.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Basic physical concepts; a knowledge of semiconductor device fundamentals is helpful, but not required

#### Inhalt:

The module introduces quantum mechanical concepts as required for describing quantum effects in nanoscale devices, and provides suitable numerical methods for the simulation of such devices. Topics covered range from the Schrödinger equation and its numerical treatment to quantum transport simulations.

#### Lernergebnisse:

After the successful completion of this module, the students are able to

- apply physical models to the description of quantum nanoelectronic devices and structures
- apply numerical methods to the solution of the physical model equations
- develop basic numerical codes for modeling quantum nanoelectronic devices and structures

**Lehr- und Lernmethoden:**

Lecture with exercises and take-home project

In addition to the lectures and the individual learning methods of the student, an improved understanding is targeted by performing computer exercises in individual and group work.

The theoretical background will be provided in the lectures based on direct instruction/lecturing and interactive discussions with the students. The exercises involve working on the problem sets and programming tasks individually at home, as well as developing the solutions interactively in class.

The take-home project involves independent numerical code development.

Workload: 150 hours (60 contact hours, 90 self-study hours)

**Medienform:**

The following media forms are used:

- Computer-based presentations which also constitute the lecture notes
- Blackboard notes
- Computer demonstrations
- Computer-based exercises, additional blackboard notes and presentation slides for solving problem sets (additionally, sample solutions will be provided)

**Literatur:**

The lecture is self-contained. The following textbook is recommended as supplementary resource:

- J. H. Davies: The Physics of Low-Dimensional Semiconductors

**Modulverantwortliche(r):**

Jirauschek, Christian; Prof. Dr.-Ing.

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

Simulation of Quantum Devices (Vorlesung mit integrierten Übungen, 4 SWS)

Jirauschek C [L], Jirauschek C ( Haider M ), Schreiber M

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

## Modulbeschreibung

### EI71055: Computational Materials Design | Computational Materials Design [CMD]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2022/23

<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> 75	<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 Modulprüfung besteht aus zwei Teilen:

- Projekte [Gewichtung 50%].
- Hausaufgaben [Gewichtung 50%].

Die praktische Anwendung von Machine Learning (ML) in den Materialwissenschaften wird mittels zweier vorlesungsbegleitender Projekte geprüft. In den Projekten werden die Studierenden verschiedene ML-Anwendungen in Python implementieren und die Qualität verschiedener ML-Modelle vergleichen. Die Implementierung und die Simulationsergebnisse werden in je einer Präsentation pro Projekt (~15 Minuten) präsentiert und mit den Kommilitonen:innen diskutiert. Zusätzlich wird es zwei Hausaufgaben geben. Hierbei werden die Studierenden verschiedene theoretische Konzepte des Machine Learning und der Datenwissenschaften erarbeiten und in einem ca. Zweiseitigen Aufsatz zusammenfassen.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Grundlagen der Programmierung, sowie grundlegende Kenntnisse der Festkörperphysik, Mathematik, Material- und Ingenieurwissenschaften.

- EI04024: Python for Engineering Data Analysis
- EI71066: Simulation of Semiconductor properties

#### Inhalt:

Es handelt sich um ein projektorientiertes Modul für Studierende eines Masterstudiengangs, die Schlüsselfertigkeiten im interdisziplinären Feld der Materialwissenschaften erwerben wollen. Der Kursschwerpunkte liegen auf (1) der Anwendung von Hochdurchsatzverfahren zur

Modellierung von Materialien und (2) datengestützten Methoden zur akkuraten Vorhersage von unterschiedlichen Materialeigenschaften mittels maschinellen Lernens.

Der Inhalt wird in vier Teile gegliedert:

- Einführung in Hochdurchsatzsimulationen und maschinelles Lernen (ML)
- Einführung in ML für Materialwissenschaften und zugehörige Datensätze sowie Featurisierung und Regressionsmethoden für Anwendungen aus den Materialwissenschaften.
- Implementierung und Optimierung von neuronalen Netzwerke (NN) sowie fortgeschrittene ML Methoden wie z.B. Graphnetzwerke (GNN) im Kontext der Materialwissenschaften.
- Einführung und Implementierung von Bayesschen neuronalen Netzwerken, physikalisch-informierten neuronalen Netzwerken und Kompositionstechniken.

### **Lernergebnisse:**

Nach der erfolgreichen Teilnahme an diesem Modul sind die Studierenden in der Lage

- Programme mittels Python zu entwickeln.
- grundlegende Analysen auf vorhandene Datensätzen anzuwenden.
- verschiedene Typen von Datensätzen in den Materialwissenschaften für maschinelles Lernen zu verstehen.
- wissenschaftliche Fragestellungen der Materialwissenschaften zu identifizieren, die mittels maschinellen Lernens gelöst werden können.
- die Güte eines Machine-Learning-Modelles zu beurteilen.
- unterschiedliche Methoden des maschinellen Lernens zu vergleichen.
- die Bedeutung und Notwendigkeit datengestützter Methoden und maschinellen Lernens zur Bestimmung von Materialeigenschaften zu verstehen.

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

Das Modul besteht aus wöchentlichen Vorlesungen und Übungen.

In den Vorlesungen werden die Modulhalte von einem Dozenten vorgetragen und anschließend mit den Studierenden diskutiert. Zur Visualisierung der Inhalte werden teilweise elektronische Präsentationen verwendet.

In den Übungen sammeln die Studierenden praktische Erfahrungen in der Anwendung von Python im Kontext des maschinellen Lernens. Des Weiteren lernen die Studierenden wie maschinelles Lernen zur Lösung von Problemstellungen in den Materialwissenschaften angewendet werden kann. Hierzu werden die allgemein anerkannten open-source Python Bibliotheken scikit-learn und PyTorch verwendet. Diese Softwarewerkzeuge werden von den Studierenden sowohl in den Übungen als auch zur Bearbeitung der Projektarbeiten verwendet.

### **Medienform:**

Die folgenden Unterlagen werden über die Moodle Plattform bereitgestellt:

- Präsentationen
- Python Codes und Beispiel-Datensätze

### **Literatur:**

- Y. Cheng, T. Wang, G. Zhang: "Artificial Intelligence for Materials Science", Springer, 2021

- A. Géron: "Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow", O'Reilly Media, Inc., 2019

**Modulverantwortliche(r):**

Gagliardi, Alessio; Prof. Dr. rer. nat.

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

Computational Materials Design (Vorlesung mit integrierten Übungen, 5 SWS)

Gagliardi A [L], Kouroudis I

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

## Modulbeschreibung

### IN2298: Advanced Deep Learning for Physics | Advanced Deep Learning for Physics

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2018

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> 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:

Over the course of the semester, students can voluntarily work on four different exercise assignments. The exercises topics include key steps of neural network modeling for simulations. They include algorithms such as pressure projection, implicit solving of partial differential equations, and representing physics problems with neural networks. These exercises are also the primary means for students to demonstrate that they can implement the algorithms of the lecture with python and the C++ programming languages.

The examination takes the form of a written test with a duration of 90 minutes. General knowledge questions check whether the students are familiar with the deep learning concepts, physicals simulations, and discrete representations. Completion of the voluntary exercises will give a grade bonus upon passing the exam.

Model calculations on paper are used to test whether students have acquired knowledge to perform the central solving steps, such as derivative calculations, material transport, time propagation, and internal force evaluation. Short programming tasks with pseudo-code check their ability to solve simple learning and physics problems with suitable algorithms, and their ability to develop suitable solving methods.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Semesterende

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

MA0902 Analysis für Informatiker

MA0901 Lineare Algebra für Informatiker

IN0037 Physikalische Grundlagen für Computerspiele

## IN2346 Introduction to Deep Learning

### **Inhalt:**

Navier-Stokes equations and physics of fluids, finite difference discretizations, advection schemes and their stability properties, Poisson problems, numerical iterative solvers for systems of linear equations, surface representations, and boundary conditions; Physics of elastic materials, stress-strain relationships, finite-element modeling, types of basis functions, tetrahedral meshing, plasticity and fracture.

### **Lernergebnisse:**

This course targets deep learning techniques and numerical simulation algorithms for materials such as fluids and deformable objects. In particular, this course will focus on advanced deep learning concepts such as generative models and time series prediction, with possible applications in the context of computer graphics or vision. After taking this course the students have gained knowledge about the underlying concepts for deep learning algorithms. They are familiar with topics such as auto-encoders, adversarial training, recurrent neural networks, and specialized loss functions.

In addition they know about the physical principles of elastic and plastic materials, with an emphasis on fluids: conservation of mass and momentum, divergence free motion, and vorticity. Students can explain common discrete and continuous representations of the phenomena, such as phase functions, level-sets and Cartesian or tetrahedral meshes.

The core component of this lecture are numerical algorithms to work with partial differential equations. Students can memorize the steps of the algorithms and are able to apply the learned techniques such as computing loss function derivatives, finite-difference discretizations, explicit and implicit integration, in new contexts. They are able to construct working training algorithms, by choosing suitable activation and loss functions, and can choose the right network architecture for different regression / generation tasks. Additionally, students are able to evaluate learning and simulation algorithms in terms of accuracy and computational complexity. Given a set of specific requirements of a problem they can construct a solver based on the different components discussed in the lecture.

In the homework assignments they have acquired practical experience implementing central components of these solvers in a high-level programming language, and they have gained experience working with software APIs implementing higher level functionality.

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

This course is presented with lectures consisting of digital slides, supported by blackboard materials for mathematical topics. These materials are combined with demo applications, videos of real phenomena and digital simulations, and experiments. The experiments and bi-weekly "physics fact" challenges

encourage students to actively participate during the lectures. The exercise assignments are non-mandatory, and are worked on in groups of two to four students.

**Medienform:**

Powerpoint course slides, white board, experiments, online tutorials, source code

**Literatur:**

- I. Goodfellow, Deep Learning, MIT Press, 2017
- Robert Bridson, Fluid Simulation for Computer Graphics, AK Peters, 2007
- D. Baraff, A. Witkin: Physically Based Modeling, SIGGRAPH course notes, 1997

**Modulverantwortliche(r):**

Thürey, Nils; 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

### MW0040: Fertigungstechnologien | Production Engineering

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2023

<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> 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 ist erfolgt als schriftliche Klausur (Bearbeitungsdauer 90 Minuten). Als Hilfsmittel kann ein nicht programmierbarer Taschenrechner verwendet werden.

Anhand von Verständnisfragen und Rechenaufgaben demonstrieren die Studierenden, dass sie ausgewählte Fertigungsverfahren in die 6 Hauptgruppen nach DIN 8580 einordnen können und die zugrundeliegenden Funktionsprinzipien mit deren Möglichkeiten und Limitierungen erläutern können. Weiterhin wird überprüft, ob sie die benötigten Anlagen, übliche Werkstoffe und Werkzeuge interpretieren sowie typische Schadensbilder klassifizieren können. Die Studierenden berechnen verschiedene technisch und wirtschaftlich relevante Größen und Parameter anhand von gegebenen Praxisbeispielen. Darüber hinaus sollen einzelne Prozessschritte einer Fertigungskette hinsichtlich der Kriterien Wirtschaftlichkeit, technische Umsetzbarkeit und geforderten Bauteileigenschaften definiert werden.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

ab dem 5. Semester

#### Inhalt:

Die Vorlesung Fertigungstechnologien findet in Zusammenarbeit der Institute iwB (Prof. Zäh) und utg (Prof. Volk) statt. Die Lehrveranstaltung beschäftigt sich mit Verfahren zur Herstellung von fertigen Werkstücken aus dem Maschinenbau. Die erste Vorlesungshälfte gibt einen Überblick über die unterschiedlichen Möglichkeiten, feste Körper zu erzeugen (Urformen). Die Weiterverarbeitung dieser Werkstücke durch verschiedenste Umform- und spanlose Trennverfahren wird behandelt. Es werden Verfahren vorgestellt, mit denen Werkstücke durch Aufbringen von Beschichtungen und die gezielte Beeinflussung der Werkstoffeigenschaften an konkrete Anwendungsfälle angepasst werden können. Bei den folgenden Terminen werden

zunächst die Grundlagen der spanenden Fertigungsverfahren und die Grundlagen der Zerspanung behandelt. Im Anschluss daran werden Fertigungsverfahren, welche zur Gruppe "Trennen" zählen, vorgestellt. Danach wird das Rapid Manufacturing erläutert, d. h. schicht-weise aufbauende (additive) Verfahren. Des Weiteren beschäftigt sich die Vorlesung mit dem Wandel der Produktion durch den Einfluss der Informationstechnologie und mit einem Überblick über verschiedene Fügeverfahren (Kraftschluss, Formschluss, Stoffschluss). Die Vorlesung schließt mit den Kapiteln Prozessüberwachung und Qualitätsmanagement, welche anhand der erläuterten Verfahren Anwendungsbeispiele aus der Industrie und der aktuellen Forschung aufzeigen.

### **Lernergebnisse:**

Nach Teilnahme am Modul sind die Studierenden in der Lage,

- die 6 Hauptgruppen nach DIN 8580 zu nennen und diesen die einzelnen Fertigungsverfahren zuzuordnen.
- die den Fertigungsverfahren zugrundeliegenden Funktionsprinzipien zu erklären, deren Möglichkeiten und Limitierungen zu erläutern, die verwendeten Anlagen, Werkstoffe und Werkzeuge zu beschreiben, typische Schadensbilder zu klassifizieren und Zusammenhänge herauszuarbeiten.
- technische und wirtschaftliche Berechnungs- und Bewertungsmethoden anzuwenden, um die Grundlage für den Vergleich einzelner Fertigungsverfahren zu bilden und eine fertigungsgerechte Bauteilauslegung abzuleiten.
- einzelne Prozessschritte einer Fertigungskette hinsichtlich der Kriterien Wirtschaftlichkeit, technische Umsetzbarkeit und geforderte Bauteileigenschaften zu bewerten und den Anforderungen entsprechend auszuwählen.
- aktuelle Trends in Forschung und Entwicklung zu nennen und den Unterschied zum industriellen Stand der Technik darzulegen.

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

Das Modul besteht aus einer Vorlesung und einer Übung. In der Vorlesung werden die theoretischen Grundlagen der Fertigungstechnologien anhand eines Vortrages (Power Point Präsentation) vermittelt. Den Studierenden wird ein Vorlesungsskriptum zur Verfügung gestellt, das sie mit eigenen Notizen ergänzen können.

In der Übung werden anhand von Rechenbeispielen, Präsentationen und Gruppenarbeit praxisnah und anwendungsorientiert die Grundlagen und das Wissen angewendet. Durch Filme und Anschauungsobjekte wird der Lerneffekt gezielt verstärkt.

So sollen die Studierenden beispielsweise lernen, technische und wirtschaftliche Berechnungs- und Bewertungsmethoden anzuwenden, um die Grundlage für den Vergleich einzelner Fertigungsverfahren zu bilden und eine fertigungsgerechte Bauteilauslegung abzuleiten sowie einzelne Prozessschritte einer Fertigungskette hinsichtlich der Kriterien Wirtschaftlichkeit, technische Umsetzbarkeit und geforderte Bauteileigenschaften zu bewerten und den Anforderungen entsprechend auszuwählen.

**Medienform:**

Eingesetzte Medien: Vorlesungsskript, PowerPoint-Präsentation, Übungsaufgaben, praxisnahe und anwendungsorientierte Vermittlung der Vorlesungsinhalte durch Filme und Anschauungsobjekte.

**Literatur:**

1. König, Klocke: Fertigungsverfahren, Springer-Verlag;
2. Westkämper, Warnecke: Einführung in die Fertigungstechnik, Teubner-Verlag;
3. Spur, Stöferle: Handbuch der Fertigungstechnik, Carl Hanser Verlag;
4. Schuler: Handbuch der Umformtechnik, Springer-Verlag Berlin Heidelberg;
5. Vorlesungsskript;
6. DIN 8580: Fertigungsverfahren;
7. Zäh, Wirtschaftliche Fertigung mit Rapid-Technologien, Carl Hanser Verlag

**Modulverantwortliche(r):**

Zäh, Michael; Prof. Dr.-Ing.

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

Fertigungstechnologien Übung (Übung, 1 SWS)

Zäh M, Volk W, Siebert L, Geng P

Fertigungstechnologien (Vorlesung, 2 SWS)

Zäh M, Volk W, Tesch M, Geng P

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

## Modulbeschreibung

### **MW0254: Werkstoffe für Motoren und Antriebssysteme: Luftstrahlantriebe, extreme Anforderungen an besondere Materialien | Materials for Engines and Propulsion Systems: Jet Engines, Extreme Requirements on Special Materials [WfMuA - L]**

*Extreme Anforderungen an besondere Materialien*

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2011/12

<b>Modulniveau:</b> Bachelor/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 Fragen orientieren sich an der Foliensammlung zur Vorlesung. Es wird darauf geachtet, dass die Teilnehmer insbesondere die aus dem Skript in der Vorlesung herausgearbeiteten Schwerpunkte und Grundprinzipien verstanden haben und reproduzieren können. Darüberhinaus wird die Fähigkeit zum Transfer des Wissens geprüft.

#### **Wiederholungsmöglichkeit:**

Semesterende

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

- Absolviertes Bachelorstudium (Maschinenwesen, Chemieingenieurwesen, Physik, Materialkunde, Ingenieurwissenschaften)
- Grundlagenkenntnisse / -ausbildung in den Gebieten Mathematik, Physik, Technische Mechanik, Werkstoffkunde
- Dazu ist insbesondere eine erfolgreiche Absolvierung der Module Werkstoffkunde I und II erforderlich
- Fähigkeit zur Erkennung von grundlegenden Zusammenhängen und zum Transfer des Wissens

#### **Inhalt:**

Fliegende Triebwerke nehmen hinsichtlich der Anforderungen an die verwendeten Werkstoffe eine Sonderrolle ein. Diese begründet sich u.a. in der Kombination extremer Belastungen verschiedener Art mit sehr hohen Sicherheitsvorschriften. Es wird dargestellt, zur Wahl welcher besonderen Werkstoffe diese Umstände führen, welche Charakteristika die Materialien in

Eigenschaft und Herstellung kennzeichnen und welche spezifischen Kenntnisse mit welchen Mitteln bereitzustellen sind. Basierend auf aktuellen Trends der Triebwerksbranche werden laufende und zukünftige Neuentwicklungen im Werkstoffbereich abgeleitet und demonstriert. Mit Beispielen und Hardware aus Entwicklung und Anwendung sollen die Inhalte illustriert und vertieft werden. Dazu ist auch eine Exkursion zur MTU Aero Engines vorgesehen. Begleitend zur Darstellung der technischen Inhalte wird auf die Rolle der Werkstofftechnik und notwendige Verhaltensmuster der Ingenieure in Maschinenbauunternehmen eingegangen.

### **Lernergebnisse:**

Nach Teilnahme an den Lehrveranstaltungen des Moduls sind die Studierenden in der Lage:

- die Grundprinzipien verschiedener Luftstrahltriebwerkssysteme zu verstehen
- die Spezifika der Triebwerksindustrie und der Werkstofftechnik in dieser Industrie zu verstehen
- die Anforderungen an Werkstoffe in Luftstrahltriebwerken zu verstehen
- sich an die in Flugtriebwerken verwendeten Werkstoffklassen zu erinnern und deren Auswahl zu verstehen
- die werkstofftechnischen Besonderheiten dieser Werkstoffklassen verstehen
- das Erlernte zur Auswahl für den Betrieb geeigneter Materialien anzuwenden
- die technischen Betriebsbelastungen im Flugtriebwerk zu verstehen und im Prinzip zu analysieren
- Zielsetzungen für Materialentwicklungen zu schaffen

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

- Siehe auch: "Medienformen" (Vortrag an Hand einer Power-Point-Präsentation mit ergänzenden Erläuterungen an der Tafel sowie Gruppenübung und Werksführung bei MTU)
- Eigenstudium (Lernen) der Fachbegriffe und grundlegenden Zusammenhänge
- Nachvollziehen der Schlüsse und Rechnungen aus der Lehrveranstaltung
- Ergänzen des Lehrstoffes durch Studium der empfohlenen Literatur
- Diskussion des Erlernten mit Kommilitonen

### **Medienform:**

- Powerpointpräsentation von Folien (Inhalt: Text, Bilder, Diagramme), verfügbar als Skriptum im Univis-System
- Ergänzende Erläuterungen an der Tafel
- Videos von Tests und zur Produktion von Triebwerken und Bauteilen
- Gruppenübung zur Identifikation von als Hardware vorliegenden Bauteile aus verschiedene Positionen im Triebwerk und aus verschiedenen Werkstoffen
- Werksführung bei MTU (Vortrag zu MTU, MTU-Museum mit Triebwerken, Fertigungshallen)

### **Literatur:**

- Foliensammlung zu der Lehrveranstaltung
- Schwerpunkt Werkstoffe und Werkstoffmechanik allgemein: M.F. Ashby, D.R.H. Jones, Ingenieurwerkstoffe , R. Bürgel, Festigkeitslehre und Werkstoffmechanik , Tabellenbuch Metall
- Schwerpunkt Titan: G. Lütjering, J.C. Williams, Titanium

- Schwerpunkt Werkstoffe für hohe Temperaturen (inkl. Schichten): G.W. Meetham, M.H. Van der Voorde, Materials for High Temperature Applications , M.J. Donachie, S.J. Donachie, "Superalloys", C.T. Sims, N.S. Stoloff, W.C. Hagel, "Superalloys II"
- Schwerpunkt Verfahren: P. Adam, Fertigungsverfahren von Turbotriebwerken
- Schwerpunkt technische Mechanik: I. Szabo, Einführung in die Technische Mechanik , K. Magnus, H.H. Müller, Grundlagen der Technischen Mechanik , E. Becker, W. Bürger, Kontinuumsmechanik
- Schwerpunkt Materialsymmetrien und Tensordarstellung: S. Haussühl, Kristallgeometrie , Kristallstrukturbestimmung und Kristallphysik , W. Kleber, Einführung in die Kristallographie
- Schwerpunkt Triebwerkstechnik: K. Hünecke, Flugtriebwerke

**Modulverantwortliche(r):**

Torgersen, Jan; Prof. Dr. techn.

**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

### MW1384: Kohlenstoff und Graphit - Hochleistungswerkstoffe für Schlüsselindustrien | Carbon and Graphite - High Performance Materials for Key Industries [C&G]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2020

<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:

In einer schriftlichen Prüfung sind die vermittelten Inhalte auf verschiedene Problemstellungen anzuwenden.

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:

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

keine

#### Inhalt:

Es wird ein Gesamtüberblick über die wichtigsten industriellen Kohlenstoff- und Graphitwerkstoffe, wie z. B. Naturgraphit, expandierter Graphit, amorpher Kohlenstoff, synthetischer Graphit, Kohlenstofffaser, kohlenstofffaserverstärkter Kohlenstoff, etc. gegeben. Neben den physikalischen und strukturellen Eigenschaften werden die verschiedenen Rohstoffe und Herstellungstechnologien und die Hauptanwendungsfelder der kohlenstoffbasierenden Hochleistungswerkstoffe dargestellt. Als Beispiel können hier genannt werden:

Kohlenstoffelektroden für die Gewinnung von Silizium, Graphitelektroden für die Stahlerzeugung, Amorpher Kohlenstoff und Graphit für Auskleidung von Hochöfen, Feinkorngraphite und kohlenstofffaserverstärkter Kohlenstoff für die Solar- und Halbleiterindustrie, Nukleargraphit und Graphite für den chemischen Apparatebau Kohlenstoff- und Graphitpulver für die Batterietechnologie, Expandierter Graphit für die Dichtungstechnik, Kohlenstofffaserverstärkte Verbundwerkstoffe für den Leichtbau. Die Vorlesungsreihe wird abgerundet mit einem kurzen Einblick zu den jüngeren Kohlenstoffformen, wie Nanotubes, Fullerene und Graphene.

### **Lernergebnisse:**

Nach der Modulveranstaltung haben die Studierenden einen Überblick über die verschiedenen kohlenstoffbasierenden Werkstoffe, die Herstellungstechnologien in der Kohlenstoffwelt, sowie über die Verwendung von Kohlenstoff in Schlüsseltechnologien erhalten und sind in der Lage Werkstoffe gezielt auszuwählen.

Strukturell erlernen die Studierenden, wie man gezielt die anisotropen Eigenschaften der Graphitstruktur in anwendungsgerechte Produkte umsetzt. Die verschiedenen Kohlenstoff- und Graphitwerkstoffe werden mit anderen Materialien, wie Metalle und Keramiken verglichen, so dass eine gewisse Materiallandkarte entsteht.

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

In der Vorlesung werden die Lehrinhalte anhand von Vortrag, Präsentation und Tafelanschrieb vermittelt. Die Hauptlehrinhalte des Vortermins werden in der darauf folgenden Vorlesungstermin noch wiederholt, um den Lerneffekt zu unterstützen. Zusätzlich wird Raum für Fragen in jeder Vorlesungssession eingeplant. Die Vorlesungsunterlagen werden als Hard-Copy zur Verfügung gestellt.

### **Medienform:**

Vortrag, Präsentation, Tafelanschrieb

### **Literatur:**

Otto Vohler, Gabriele Nutsch, Gerd Collin, Ferdinand von Sturm, Erhard Wege, Wilhelm Frohs, Klaus-Dirk Henning, Hartmut von Kienle, Manfred Voll, Peter Kleinschmit, Otto Vostrowsky, Andreas Hirsch: Carbon, Ullmann`s Encyclopedia of Industrial Chemistry, Wiley-VCH, 7th Edition, Release 2009.

Erich Fitzer, Rudolf Kleinholz, Hartmut Tiesler, Martyn Hugh Stacey, Roger De Bruyne, Ignace Lefever, Andrew Foley, Wilhelm Frohs, Tilo Hauke, Michael Heine, Hubert Jäger, Sandra Sitter: Fibers, 5. Synthetic Iorganic, Ullmann`s Encyclopedia of Industrial Chemistry, Wiley-VCH, 7th Edition, Release 2009.

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

Öttinger, Oswin; 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

### MW1393: Auslegung und Bauweisen von Composite Strukturen | Analysis and Design of Composite Structures [ADCS]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2020

<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:

In einer schriftlichen Prüfung (2 Teile á 45 min = 90 min) sind die vermittelten Inhalte auf verschiedene Aufgabenstellungen anzuwenden. Im Theorieteil (Teil 1) wird das Verständnis der theoretischen Grundlagen abgeprüft. Dies geschieht anhand von frei zu beantwortenden Fragestellungen, anzufertigenden Zeichnungen oder Skizzen sowie Multiple-Choice-Aufgaben. Im Berechnungsteil (Teil 2) wird die Kompetenz zur Anwendung der theoretischen Grundlagen sowie deren Übertrag auf konkrete Problemstellungen aus dem Bereich der Auslegung von Composite-Strukturen abgeprüft. Die Studierenden müssen erkennen, welche der erlernten Prinzipien angewendet werden müssen und selbständig die notwendigen analytische Berechnungen durchführen sowie die Tragfähigkeit der Strukturen anhand von Versagenskriterien bewerten.

Zugelassene Hilfsmittel: Teil 1: nicht-programmierbarer Taschenrechner, Teil 2.: Formelsammlung (wird zur Verfügung gestellt).

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Faser-, Matrix-, und Verbundwerkstoffe mit ihren Eigenschaften

Fertigungsverfahren für Composite-Bauteile

#### Inhalt:

Einführung/ Motivation (Überblick über den Bauteilentwurf und -entwicklung anhand von einem Demonstrator -Bauteil); Klassische Laminattheorie und Versagenskriterien für First Ply Failure; Auslegungsphilosophie (Sicherheitskonzept, Lastfälle, Lastfaktoren, Steifigkeit, Festigkeit); Composite-Bauweisen (Grundregeln, Materialauswahl, Anwendungsbereiche und Anforderungen, Fertigungsanforderungen); Vorauslegung (analytische und FE Rechnungen);

Konstruktionssystematik (Methodik, Schnittstellen zur Simulation, Ply-Book); Verbindungstechnik: Kleben, mechanisch; Effects of Defects - Beurteilung von Fertigungsdefekten und In-Service Defekten und Reparatur (Schadensbilder, Beurteilung, Repair-Technologien, Simulation, Instandhaltung); Testing (Testpyramide, Coupon-, Sub-Komponenten, Full-Scale-Tests); Lebensdauerbetrachtung; Optimierung der Faserverbundstruktur; Entwicklung einer Composite Struktur beispielhaft anhand von Demonstrator -Bauteil

### **Lernergebnisse:**

Nach der Teilnahme an der Modulveranstaltung "Auslegung und Bauweisen von Composite Strukturen" sind die Studierenden in der Lage, eine Composite Struktur zu entwerfen und zu entwickeln. Sie verstehen die unterschiedlichen Anforderungen an eine Composite Struktur und die zugehörigen Auslegungskonzepte. Besonderes Augenmerk legen sie dabei auf die integrale Berücksichtigung aller fertigungstechnischen, konstruktiven und belastungsrelevanten Anforderungen. Sie wenden dementsprechend auch unterschiedliche Bauweisen (integral, differential; Volllaminat, Sandwich) an. Sie können eine Vorauslegung und eine detaillierte FE Analyse auf Basis der Klassischen Laminattheorie durchführen. Die Studenten sind in der Lage Fertigungsdefekte und In-Service Defekte zu bewerten und Reparaturen dafür zu erarbeiten. Ebenso können sie eine Optimierung der Faserverbundstruktur durchführen.

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

In der Vorlesung werden die Lehrinhalte anhand von Vortrag, Präsentation mit Powerpoint Folien, Tafelbild, Beamer und fachspezifischer Software (Konstruktion, Berechnung) vermittelt. Anhand von Beispielen aus der Praxis wird zuerst der "rote Faden" erklärt und ein grundlegendes Verständnis für die Aufgabenstellungen geschaffen. Die theoretischen und praktischen Grundlagen werden im Anschluß über Folienpräsentation und Tafelbild und über Rückfragen vermittelt und gemeinsam erarbeitet. Das erlernte Wissen wird in den Übungen an praxisnahen Beispielen angewandt (z.B. Vorauslegung und Detailberechnung einer Faserverbundstruktur). Den Studierenden wird eine Foliensammlung zugänglich gemacht. Alle Lehrmaterialien werden online zur Verfügung gestellt. In den Assistentensprechstunden wird individuelle Hilfe gegeben.

### **Medienform:**

Vortrag, Präsentation mit Powerpoint Folien, Tafelbild, Beamer, Online-Lehrmaterialien, Fachspezifische Software (Konstruktion, Berechnung)

### **Literatur:**

Schürmann, H. Konstruieren mit Faser-Kunststoff-Verbunden Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2007, 978-3540721895

Flemming, Manfred ;Ziegmann, Gerhard; Roth, Siegfried; Faserverbundbauweisen Fasern Matrices (3-540-58645-8); Faserverbundbauweisen Halbzeuge und Bauweisen (3-540-60616-5); Faserverbundbauweisen Eigenschaften - Mechanische. konstruktive. thermische. elektrische. ökologische. wirtschaftliche Aspekte (3-540-00636-2)

R. M. Jones, Mechanics of Composite Materials, Second Edition, Materials Science & Engineering Series, 1998, ISBN-10: 156032712X

M.C. Niu, Composite Airframe Structures, Hong Kong Conmilit Press limited, 2006, ISBN-10: 9627128066

Armstrong, Keith B.; Bevan, L. Graham; Cole, William F., Care and Repair of Advanced Composites, 2nd Edition, Society of Automotive Engineers, 2005, ISBN: 978-0-7680-1062-6

**Modulverantwortliche(r):**

Drechsler, Klaus; Prof. Dr.-Ing.

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

Auslegung und Bauweisen von Composite-Strukturen (Übung, 1 SWS)

Drechsler K [L], Al-Qadhi Z, Banea K, Dörr P, Faron D, Jäger C, Steinhardt M, Tönjes M, Wettemann T

Auslegung und Bauweisen von Composite-Strukturen (Vorlesung, 2 SWS)

Drechsler K [L], Banea K, Steinhardt M, Tönjes M, Wettemann T

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

## Modulbeschreibung

### MW1419: Thermodynamics for Energy Conversion | Thermodynamics for Energy Conversion [TEC]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2023/24

<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 schriftliche Klausur besteht aus einem theoretischen Teil und einem Berechnungsteil (insgesamt 90 min). Es sind keine Hilfsmittel bis auf einen nicht programmierbaren Taschenrechner und eine vorher ausgeteilte Formelsammlung erlaubt.

Im theoretischen Teil müssen die Studierenden grundlegende Verständnisfragen zu Grundlagen der Thermodynamik und Anwendung der Exergieanalyse beantworten. Im Berechnungsteil wird überprüft, inwieweit die Studierenden die Konzepte zur thermodynamischen Bewertung von Prozessen und der Reduzierung von Exergieverlusten anwenden können.

Die Klausur setzt sich aus einem kurzen Multiple-Choice Teil (ca. 20 %), theoretischen Verständnisfragen (ca. 40 %) und einem Rechenteil (ca. 40 % zusammen). Zum Bestehen der Prüfung werden ungefähr 50 % der Punkte benötigt. Die theoretischen Fragen beziehen sich auf Vorlesungsthemen und -material, während der Berechnungsteil auf den Übungen basiert. Theorie- und Berechnungsteil können nicht separat zueinander bestanden werden.

In der schriftlichen Prüfung sollen die Studenten nachweisen, dass sie in der Lage sind, die wichtigsten thermodynamischen Methoden anzuwenden, die in den Lernergebnisse aufgeführt sind und die geforderten Berechnungen unter Zeitdruck durchzuführen. Die Prüfung enthält auch theoretische Fragen zu den Methoden und Anwendungen der Exergieanalyse in Energieumwandlungssystemen, durch die die Studenten nachweisen, dass sie die in den Vorlesungen gelehrt Grundkonzepte verstanden haben.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

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

Grundlegendes Wissen über mathematische, physikalische und chemische Zusammenhänge. Ein Ingenieurshintergrund ist vorteilhaft für das Verständnis des Moduls.

### **Inhalt:**

Erster Teil der Vorlesung: Grundlagen

Systemgrenzen setzen, Massen-/Energiebilanzen, Erster und Zweiter Hauptsatz der Thermodynamik, offene und geschlossene Systeme, Phasengleichgewichte, Dampf tafeln, Entropie und Irreversibilität, Prozessänderungen und Kreisprozesse, Exergie betrachtung

Zweiter Teil: Anwendung auf Energiewandlungsprozesse

Dampf kreislauf: Funktion, Berechnung, Optimierung, Vergleich mit ORC

Gasturbine: Effizienz, Optimierung, Kombination mit Dampf kreisläufen (GuD), KWK

Kältemaschinen: Kreisläufe, Joule-Thomson Effekt, Kältemittel, Wärmepumpen

Erneuerbare Technologien: Geothermie (oberflächlich und tief), solarthermische und industrielle Abwärmenutzung.

Chemische Reaktionen: Grundkonzept, Stöchiometrie, energetische und thermodynamische Betrachtung, Verbrennungsreaktionen

Brennstoffzellen: Prinzip, Vorteile, Berechnung, Elektrolyse

Ausweitung der Exergie betrachtung auf Brennstoffe (chemische Exergie, Exerriefaktoren, Brennwert)

### **Lernergebnisse:**

Die Studierenden verstehen die Gesetzmäßigkeiten der Thermodynamik und können sie auf reale Problemstellungen anwenden. Die Grundkonzepte moderner Energiewandlungsprozesse (z.B. thermisches Kraftwerk, Brennstoffzelle) können wiedergegeben werden und hinsichtlich ihrer Effizienz und ihres Optimierungspotenzials bewertet werden.

Die Studierenden verstehen das Funktionsprinzip thermodynamischer Prozesse sowohl in konventionellen als auch in erneuerbaren Energieanwendungen und können die thermodynamische Leistung erneuerbarer Technologien, wie z. B. Erdwärmekraftwerke oder Erdwärmepumpen, bewerten und beurteilen. Darüber hinaus sind die Studierenden in der Lage, die Rolle von Brennstoffzellen im Zusammenhang mit einem zukünftigen nachhaltigen Energiesystem zu diskutieren.

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

Während der Vorlesung werden die Lehrinhalte mittels Powerpointpräsentationen vermittelt. Zusätzliche dienen Tafelzeichnungen, weitere grafische Veranschaulichungen, sowie regelmäßige Diskussionen dem Verständnis der behandelten Energieumwandlungsprozesse und den darin auftretenden Exergieverlusten. Studenten sind dazu angehalten, sich aktiv an der Diskussion zu beteiligen. Die Vor- und Nachbereitung der Inhalte mittels eigenen Mitschriften und den zur Verfügung gestellten Vorlesungsfolien ist nötig, um die theoretischen Grundlagen von Kraftwerksprozessen samt Komponenten vollständig erfassen zu können. In der Übung werden Beispielprozesse vorgerechnet und dadurch das Vorgehen beim Lösen thermodynamischer Problemstellungen gezeigt. Zudem bietet die Übung die Möglichkeit, die Inhalte der Vorlesung

nochmals zu diskutieren. Vorlesungsbegleitend werden Online-Selbsttests angeboten, um den Studierenden die Möglichkeit zu geben, ihren Wissensstand selbst zu prüfen.

**Medienform:**

Powerpointpräsentationen, Tafelzeichnungen, Videos, Bilder, Online-Tests

**Literatur:**

Vorlesungsfolien, Handouts, Literaturempfehlungen werden zur Verfügung gestellt

Moran, Michael J. ; Shapiro, Howard N. ; Boettner, Daisie D. ; Bailey, Margaret B.: Fundamentals of Engineering Thermodynamics. New York: Wiley, 2014.

**Modulverantwortliche(r):**

Spliethoff, Hartmut; Prof. Dr.-Ing.

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

Übung zu Thermodynamics in Energy Conversion (Übung, 1 SWS)

Schifflechner C [L], Schifflechner C, Ceruti A, Ohmstedt S, Ostermann K, von Zabienski J

Thermodynamics in Energy Conversion (Vorlesung, 2 SWS)

Schifflechner C [L], Schifflechner C, Ohmstedt S, von Zabienski J

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

## Modulbeschreibung

### MW1532: Thermal Power Plants (MSPE) | Thermal Power Plants (MSPE)

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2023

<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:

The written exam consists of a theoretical part with short questions (30 min) and a second part with calculations (60 min). For the theoretical part, no further help is allowed. Students should be able to answer questions related to the thermodynamic principles of power cycles, to the major components of power plants and to the systems used to limit their emissions. For the second part, students can use a calculator (non-programmable), a given h-s diagram and steam table as well as one DIN A4 sheet (2 pages) hand-written in the colour of green list of formulas in order to perform calculations regarding the main power plant components as well as more advanced plant configurations and cycle optimization concepts.

The theoretical part accounts for 33.3 % and the calculation part for 66.6 % of the total points. To pass the exam you must achieve at least 50 % of the total points. Theoretical and calculation parts cannot be passed separately.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Basic knowledge in Thermodynamics and Power Plants are helpful. The lecture "Thermodynamics in Energy Conversion" is recommended but not mandatory

#### Inhalt:

1. Introduction (Energy Conversion, Overview)
2. Steam Power Cycles (Thermodynamic Fundamentals, Efficiency, State of the Art)
3. Combustion (Fuels, Fundamentals, Systems)
4. Steam Generation (History, Fundamentals, Systems)

5. Power Plant Control (Transmission Grid, Grid and Power Plant Control)
6. Gas Turbines (Thermodynamic Fundamentals, Examples)
7. Combined Cycles for Natural Gas (Thermodynamic Fundamentals, Waste Heat Steam Generation, Cycles)
8. Combined Cycles for Solid Fuels (Processes and Characteristics, IGCC)
9. Carbon Capture and Storage/Utilization (CCS/CCU)
10. Solar Power Plants (Collector, Heat Storage, Technology examples)
11. Nuclear Power Plants (Physics, Reactors, Framework)

### **Lernergebnisse:**

Students should gain in-depth insight into the thermodynamic principles of the most important power cycles, especially the Clausius-Rankine/steam cycle and the Joule-Brayton cycle. At the end of the module, they are able to solve problems related to the major components of power plants, such as pumps, compressors, turbines, steam generators and condensers. Herein, the students should be able to solve mass- and enthalpy balances. Beside conventional power plant technology, students also evaluate the influence of more advanced plant configurations and optimization concepts, such as supercritical steam parameters, preheating and reheating for modern and future power plants. The overall goal is to gain in-depth understanding and to be able evaluate different power plant technologies and their configurations.

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

The lecture is mainly based on presentations to introduce and clarify the theory of thermal power plants and their major components. Lecture notes as well as an equation and table collection are provided for studies and preparation for the exam.

The tutorials are based on classroom teaching and active student participation, where theoretical and numerical tasks related to power plant technology for modern and future power plants are solved under the guidance of the lecturer. In this session, the students are actively prepared for the end-term exam.

### **Medienform:**

PowerPoint presentation  
lecture notes  
equation and table collection

### **Literatur:**

1. Spliethoff, H.: Power Generation from Solid Fuels, Springer Berlin
2. Moran, Michael J.: Fundamentals of Engineering Thermodynamics, Wiley 2010
3. Thomas, H.-J.: Thermische Kraftanlagen - Grundlagen, Technik, Probleme. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo, 1985
4. Baehr, H. D.: Thermodynamik - Grundlagen und technische Anwendungen. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 2004
5. Rayaprolu, Kumar: Boilers for Power and Process, CRC Press 2009

6. Babcock & Wilcox Company: Steam, its Generation and Use
7. Goswami, D. Yogi: Energy Conversion, CRC Press 2007

**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

### MW1692: Aeroakustik | Aeroacoustics [AA]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab 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 Prüfungsleistung wird in Form einer 90-minütigen, schriftlichen Klausur erbracht, in der das Erreichen sämtlicher Lernergebnisse überprüft wird. In einem Kurzfragenteil sollen die Studierenden demonstrieren, dass sie grundlegende Fakten zur Aeroakustik kennen und die Zusammenhänge verstehen. Durch die Bearbeitung von Rechenaufgaben soll nachgewiesen werden, dass Studierende in begrenzter Zeit und mit begrenzten Hilfsmitteln ein aeroakustisches Problem erkennen und Wege zur korrekten Lösung finden.

Als Hilfsmittel für die Prüfung sind ein nicht-programmierbarer Taschenrechner, ein Wörterbuch (dictionary) und eine ausführliche Formelsammlung, die mit den Prüfungsunterlagen ausgehändigt wird, zugelassen.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Fluidmechanik I, Fluidmechanik II

#### Inhalt:

Eigenschaften und quantitative Beschreibung von Schall;  
Wellengleichung der linearen Akustik, ebene Wellen, komplexe Wandimpedanz, Reflexion, Transmission; Schallausbreitung in Kanälen, Modenstruktur; dreidimensionale Schallfelder, atmende und vibrierende Kugel; Schallquellen: Monopol, Dipol, Quadrupol, Inhomogene Wellengleichung der Akustik, kompakte Quelle und Fernfeldapproximation; Schallerzeugung durch Strömung; akustische Analogie, Lighthill-Gleichung, Freistrahllärm, Erweiterung von Ffowcs Williams Hawkings und Curle, Kirchhoff-Integral, Wirbelschall.

### **Lernergebnisse:**

Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls sollen die Studierenden in der Lage sein, Problemstellungen aus der Aeroakustik als solche zu erkennen und entsprechend der grundsätzlichen physikalischen Entstehungsmechanismen (pulsierender Massenfluss, Wechselkräfte, Turbulenz) einordnen zu können. Auf dieser Grundlage werden sie in der Lage sein, Maßnahmen zur Reduzierung oder Eindämmung von Strömungslärm zu entwerfen. Sie sollen zudem die Fähigkeit erwerben, zu beurteilen, welche Prognosemethoden für die Entstehung und die Ausbreitung von Strömungsschall bei einer konkreten Problemstellung aus Naturwissenschaft und Technik in Frage kommen.

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

In der Vorlesung werden Lehrinhalte anhand von Vortrag, Präsentation und Anschrieb mittels Tablet-PC und Beamer vermittelt. Dabei kommen Ausfüllfolien mit Leerstellen zum Einsatz, bei denen während der Vorlesung Teilschritte bei mathematischen Herleitungen ergänzt werden. Die Theorie wird mittels Beispielen unter Verwendung audiovisueller Medien veranschaulicht. Den Studierenden wird eine Foliensammlung online zugänglich gemacht. In der Übung werden Aufgaben aus den im Voraus bekannt gemachten Übungsblättern vorgerechnet. Kleine Programmieraufgaben auf Basis von MATLAB helfen dabei, den Lernstoff zu verdeutlichen.

### **Medienform:**

Multimedial gestützter Frontalunterricht,  
MATLAB-Codes

### **Literatur:**

Vorlesungsfolien, Übungsaufgaben.

Klaus Ehrenfried. "Strömungsakustik" (2004), ISBN 3-89820-699-8.

A. P. Dowling & J.E. Ffowcs Williams. "Sound and sources of sound",  
John Wiley & Sons, 1983.

M. S. Howe. "Theory of vortex sound". Cambridge University Press, 2003.

S. W. Rienstra & A. Hirschberg, (Eindhoven University of Technology): An introduction to  
Acoustics, 15 January 2012.

M. Goldstein. „Aeroacoustics“, McGraw Hill Internat. Book Company, 1976.

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

Kaltenbach, Hans-Jakob; Prof. Dr.-Ing.

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

Übung zu Aeroakustik (MW1692) (Übung, 1 SWS)

Kaltenbach H

Aeroakustik (MW1692) (Vorlesung, 2 SWS)

Kaltenbach H

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

## Modulbeschreibung

### MW2228: Aeroelastik | Aeroelasticity

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2014/15

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Englisch	<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:

Students will be evaluated based on the final examination.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Mechanics and aerodynamics.

#### Inhalt:

The course describes basic aeroelastic phenomena arising from the mutual interaction of elastic, aerodynamic and inertial forces on a structure, with special emphasis on problems related to fixed wing vehicles. Aeroelasticity plays a major role in the design, qualification and certification of flying vehicles, as it contributes to the definition of the flight envelope and affects various performance indicators. The course is organized according to the following plan:

- Introduction: why aeroelasticity matters, basic concepts in aeroelasticity, examples (including the role of aeroelasticity beyond aeronautical engineering).
- Static aeroelasticity: divergence speed; lift distribution over straight and swept flexible wings; aileron effectiveness and reversal.
- Dynamic aeroelasticity: vibrations of beams and mode coalescence; flutter; transient response, including gust response.

#### Lernergebnisse:

After successfully completing the course, the student will be able to:

- Comprehend typical aeroelastic problems, understanding the physical principles at play;
- Appreciate the role of aeroelasticity in the design of flying vehicles;
- Derive simple models for the description of basic static and dynamic aeroelastic problems, accounting for all relevant forces;

- Use the models for making quantitative predictions on the insurgence of important aeroelastic phenomena, such as divergence and flutter;
- Understand the limits of the simple methods used in the course, and appreciate how more sophisticated approaches for practical engineering applications are developed.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Learning method: In addition to the individual methods of the students, consolidated knowledge is aspired by repeated lessons in exercises and tutorials. Teaching method: During the lectures students are instructed in a teacher-centered style. The exercises are held in a student-centered way

**Medienform:**

The following kinds of media are used:

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

**Literatur:**

Course material will be provided by the instructor.

Additional recommended book:

- R.L. Bisplinghoff, H. Ashley, Principles of Aeroelasticity, Courier Dover Publications, 2002.

**Modulverantwortliche(r):**

Bottasso, Carlo; Prof. Dr.

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

Aeroelasticity (Vorlesung, 2 SWS)

Bottasso C [L], Bottasso C, Shah A, Vad A

Aeroelasticity (Übung, 1,5 SWS)

Bottasso C [L], Shah A, Vad A

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

## Modulbeschreibung

### PH1006: Theorie stochastischer Prozesse | Theory of Stochastic Processes

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2025

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Deutsch/Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Sommersemester
<b>Credits:*</b> 10	<b>Gesamtstunden:</b> 300	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 210	<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:

Es findet eine schriftliche Klausur von 90 Minuten Dauer statt. Darin wird exemplarisch das Erreichen der im Abschnitt Lernergebnisse dargestellten Kompetenzen mindestens in der dort angegebenen Erkenntnisstufe durch Rechenaufgaben und Verständnisfragen überprüft.

Prüfungsaufgabe könnte beispielsweise sein:

- Modellierung eines konkreten Beispiels mithilfe einer Mastergleichung und Lösen der Gleichung
- Näherung einer gegebenen Mastergleichung durch eine Fokker-Planck Gleichung mithilfe der Kramers-Moyal oder Van Kampen Entwicklung, Lösung der Fokker-Planck Gleichung
- Transformation einer Langevin-Gleichung in eine korrespondierende Fokker-Planck Gleichung
- Berechnung der Entropieproduktion eines Systems das einer Mastergleichung folgt

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.

Auf die Note einer bestandenen Modulprüfung in der Prüfungsperiode direkt im Anschluss an die Vorlesung (nicht auf die Wiederholungsprüfung) wird ein Bonus (eine Zwischennotenstufe "0,3" besser) gewährt (4,3 wird nicht auf 4,0 aufgewertet), wenn die/der Studierende die Mid-Term-Leistung bestanden hat, diese besteht aus Mindestens 70% der Problemstellungen in den Hausaufgaben und der Probeklausur müssen bearbeitet werden. Eine Problemstellung gilt als bearbeitet, wenn zumindest ein Ansatz gefunden wird, der zur Lösung führt.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Semesterende

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Es wird eine solide Basis in statistischer Physik (z.B. PH0008) erwartet.

### **Inhalt:**

In dem Modul werden die Theorie der stochastischen Prozesse und die Methoden zu ihrer Analyse entwickelt. Die Praxisbeispiele für die erworbenen Methoden werden primär aus dem Bereich der Biophysik ausgewählt, die wesentlichen Lehr- und Lerninhalte (siehe unten) sind jedoch für alle Bereiche der Physik relevant.

Inhaltsverzeichnis:

- Wahrscheinlichkeitstheorie
- Stochastische Prozesse
- Master-Gleichung
- Stochastische Thermodynamik
- Observablen auf Trajektorien
- Fokker-Planck Gleichung
- Langevin Gleichung
- Approximationsmethoden und Limiten

### **Lernergebnisse:**

Am Ende des Moduls kennen die Studierenden die grundlegenden Methoden im Umgang mit physikalischen Systemen, die durch stochastische Prozesse beschrieben werden können, sowie die grundlegenden Annahmen, die für deren Anwendung notwendig sind. Sie sind in der Lage

1. Master-Gleichungen, stochastische Differentialgleichungen und Fokker-Planck-Gleichungen aufzustellen und zu lösen und kennen einfache Simulationsmethoden.

2. die Grundprinzipien der stochastischen Thermodynamik zu verstehen und anzuwenden.

3. Näherungsverfahren zur Analyse komplexer stochastischer Prozesse anzuwenden und anzupassen.

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

Das Modul enthält eine Vorlesung und dazu begleitende Übungen.

In der thematisch strukturierten Vorlesung werden die theoretischen Konzepte präsentiert und diskutiert. Die Modelle zur Beschreibung der stochastischen Prozesse werden gemeinsam mit den Studierenden an der Tafel entwickelt. Konkrete physikalische Beispiele werden vertieft studiert und mit experimentellen Ergebnissen verglichen.

In den Übungen werden zusätzlich Verständnisfragen zusammen mit den Studierenden bearbeitet. Des Weiteren werden einzelne Aspekte der Vorlesung vertieft diskutiert sowie die relevanten Aspekte in regelmäßigen Abständen gemeinsam mit den Studierenden wiederholt. Fragen der Studierenden zum Thema wird ein großer Raum gegeben.

Mit den Hausaufgaben wird den Studierenden die Möglichkeit gegeben die vorgestellten Lösungsmethoden auf konkrete Problembeispiele anzuwenden und die Ergebnisse zu analysieren. Dabei werden analytische Rechenaufgaben, einfache numerische Simulationen und konzeptionelle Fragen mit Antworten in Fließtextform als Aufgabenform gewählt. Es erfolgt eine Korrektur der Lösungsvorschläge der Studierenden um diesen eine Rückmeldung zu ihren Modellierungs- und Lösungskompetenz zu gewähren sowie um Fehlkonzeptionen möglichst früh zu erkennen und zu korrigieren.

**Medienform:**

Vorlesungsskript, Übungsblätter (enthält Hausaufgaben und Verständnisfragen für die Übungen), begleitende Internetseite

**Literatur:**

- Crispin Gardiner: "Stochastic Methods: A Handbook for the Natural and Social Sciences" (Springer)
- N.G. van Kampen: "Stochastic Processes in Physics and Chemistry" (North-Holland)

**Modulverantwortliche(r):**

Gerland, Ulrich; 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

### PH1317: Neutronen in Forschung und Industrie | Neutrons in Research and Industry

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2024/25

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Deutsch/Englisch	<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:

Im Rahmen des Seminars bereitet jede(r) Studierende selbständig einen Vortrag zu einem aktuellen wissenschaftlichen Thema vor. An Hand dieses Vortrags wird das Erreichen der Lernergebnisse überprüft.

#### Modulumfang

Die Modulgröße von 4 ECTS entspricht der im Seminar anfallenden Arbeitsbelastung. Seminare sind Studienleistungen. Der Prüfungscharakter ist immanent, so dass keine zusätzliche Prüfungsbelastung am Semesterende anfällt.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Student hat allgemeine Kenntnisse in der Festkörperphysik

#### Inhalt:

Seminarvorträge durch Studierende über die Anwendung von Neutronen in Forschung und Industrie

#### Lernergebnisse:

Nach erfolgreicher Teilnahme an dem Modul sind die Studierenden in der Lage

- 1.) die grundlegenden Methoden der wissenschaftlichen Literaturrecherche anzuwenden
- 2.) ein spezielles Thema ausgehend von wissenschaftlichen Veröffentlichungen aufzubereiten
- 3.) das Thema in einem Vortrag darzustellen
- 4.) in verschiedenen Vorträgen einen Überblick über verschiedene Methoden und Experimente in der Neutronenstreuung bekommen

**Lehr- und Lernmethoden:**

Vorbereiten und Halten eines wissenschaftlichen Vortrags, Beamer-Präsentation, Diskussionen, Literaturstudium

**Medienform:**

Präsentationsmaterialien, ergänzende Literatur, Internet

**Literatur:**

Spezielle, themenspezifische Literatur wird gestellt  
Eigene Literaturrecherche

**Modulverantwortliche(r):**

Märkisch, Bastian; Prof. Dr. rer. nat.

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

Seminar über Neutronen in Forschung und Industrie (Proseminar, 2 SWS)

Märkisch B ( Park J ), Morkel C, Pfeiderer C

Repetitorium zu Seminar über Neutronen in Forschung und Industrie (Repetitorium, 2 SWS)

Märkisch B [L]

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

## Modulbeschreibung

### PH1413: Elektrisch geladene Fest/Flüssig-Grenzflächen: von der Theorie zu Anwendungen | Electrified Solid/Liquid Interfaces: from Theory to Applications

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2015/16

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester
<b>Credits:*</b> 4	<b>Gesamtstunden:</b> 120	<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:

Im Rahmen des Seminars bereitet jede(r) Studierende selbständig einen Vortrag zu einem aktuellen wissenschaftlichen Thema vor. An Hand dieses Vortrags wird das Erreichen der Lernergebnisse überprüft.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

#### Inhalt:

Seminarvorträge durch Studierende zu Themen aus der aktuellen Forschung.

#### Lernergebnisse:

Nach erfolgreicher Teilnahme an dem Modul sind die Studierenden in der Lage die grundlegenden Methoden der wissenschaftlichen Literaturrecherche anzuwenden, ein spezielles Thema ausgehend von wissenschaftlichen Veröffentlichungen aufzubereiten und in einem Vortrag darzustellen.

Sie haben in verschiedenen Vorträgen einen Überblick über die aktuelle Forschung in dem Gebiet bekommen.

#### Lehr- und Lernmethoden:

**Medienform:**

**Literatur:**

**Modulverantwortliche(r):**

Bandarenka, Aliaksandr; Prof. Dr.

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

Elektrisch geladene Fest/Flüssig-Grenzflächen: von der Theorie zu Anwendungen (Proseminar, 1 SWS)

Bandarenka A

Repetitorium zu Elektrisch geladene Fest/Flüssig-Grenzflächen: von der Theorie zu Anwendungen (Repetitorium, 2 SWS)

Bandarenka A [L]

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

## Modulbeschreibung

### PH2019: Molekulardynamik-Simulationen | Molecular Dynamics Simulations

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2025

<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:

- Was ist ein symplektischer Algorithmus zur Simulation der Moleküldynamik?
- Was versteht man unter dem Begriff coarse-graining eines Simulationssystems?
- Was sind bindende Wechselwirkungen in einem Kraftfeldmodell?

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:

Simulationsmethoden:

- Molekulardynamik-Methoden
- Monte Carlo Methode
- Brown'sche Dynamik-Methode
- Kraftfeldbeschreibung von Molekülen
- Randbedingungen

- Temperatur- und Druckkontrolle
- Thermodynamische und kinetische Größen aus Simulationen
- Nicht-Gleichgewichts-Simulationen
- Gemischte quantenmechanische/klassische Simulationen

Anwendungen:

- Einfache Flüssigkeiten; Mischungen
- Biomoleküle: Dynamik von Proteinen und Peptiden
- Systeme mit Grenzflächen

### **Lernergebnisse:**

Nach der erfolgreichen Teilnahme an der Vorlesung und den Übungen sind die Studierenden in der Lage

- die Vorbereitung, Durchführung und Analyse von Molekülsimulationen zu verstehen, selbstständig nachzuvollziehen und zu bewerten.
- Moleküldynamik, Monte Carlo oder Brown'sche Dynamik Simulationen an Molekülen selbstständig durchzuführen.
- thermodynamische und kinetische Größen aus Simulationen zu extrahieren.
- ein Verständnis der Dynamik von Vielteilchensystemen zu entwickeln und zu vertiefen.
- Fragestellungen, die durch Simulationsstudien untersucht werden können, zu entwickeln.
- für gestellte Aufgaben die geeigneten Molekülsimulationsverfahren auszuwählen.

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

In der Vorlesung werden die Inhalte durch Vortrag der theoretischen Grundlagen und deren experimentellen Umsetzungen erläutert und durch anschauliche Beispiele verständlich gemacht. Hoher Wert wird auf die Anregung interaktiver Diskussion mit den Studierenden und unter den Studierenden über das gerade Erlernete gelegt. Die Vorlesungsunterlagen enthalten Hyperlinks auf die Originalarbeiten, die den Einstieg in die eigenständige Literaturrecherche fördern sollen.

In der Übung werden die Studierenden schrittweise an den Umgang mit Molekülsimulationsprogrammen herangeführt. Anhand von Beispielen werden Lerninhalte aus der Vorlesung vertieft und der selbstständige Umgang mit Simulationsprogrammen und state-of-the-art Analyse-Verfahren eingeübt. Die Studierenden werden in die Lage versetzt das Gelernte selbstständig nachzuvollziehen und Simulationsansätze auf relevante Fragestellungen selbstständig anzuwenden.

### **Medienform:**

Tafelvortrag, Vorlesungsunterlagen, Beamerpräsentation, Übungen am Rechner, Internet-Seite zum Kurs

### **Literatur:**

- D. Frenkel, B. Smit, Understanding Molecular Simulation: From Algorithms to Applications, Academic Press. 2014.
- M.P. Allen, D.J. Tildesley, Computer simulation of liquids, Oxford University Press, 1999.
- Mark E. Tuckerman, Statistical Mechanics: Theory and Molecular Simulation, Oxford Graduate Press, 2016.

- Tamar Schlick, Molecular Modeling and Simulation: an Interdisciplinary Guide, Springer Science, 2006.
- A. Leach, Introduction to Molecular Modelling, Oxford Academic Press. 2016.
- Griebel, Knapek, Zumbusch, Caglar, Numerische Simulation in der Moleküldynamik, Springer Press. 2014.

**Modulverantwortliche(r):**

Zacharias, Martin; 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

### PH2028: Nichtlineare Dynamik und komplexe Systeme 2 | Nonlinear Dynamics and Complex Systems 2

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2025

<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:

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 überprüft.

Prüfungsaufgabe könnte beispielsweise sein:

- Discuss, how patterns can emerge due to the interplay of reaction and diffusion.
- Illustrate the universal aspect of pattern formation in dissipative systems with some examples.
- Was sind gekoppelte oszillatorische Netzwerke?

Während der Prüfung sind keine Hilfsmittel erlaubt.

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:

PH2027: Nichtlineare Dynamik und komplexe Systeme I (empfohlen aber nicht notwendig)

#### Inhalt:

Dieses Modul bietet eine Einführung in die Selbstorganisation und Musterbildung in räumlich ausgedehnten Systemen. Nach einer Motivation, in der die Universalität der beobachteten Muster und ihre einheitliche mathematische Beschreibung erklärt werden, werden die grundlegenden Mechanismen diskutiert, die zur räumlich-zeitlichen Selbstorganisation führen. Wir konzentrieren uns dabei hauptsächlich auf Reaktions-Diffusions-Systeme. Die betrachteten Phänomene sind nach ihrer Komplexität geordnet. Zuerst werden laufende Wellen in einkomponentigen bistabilen Systemen untersucht, dann werden Pulse und Spiralwellen in erregbaren Systemen

diskutiert. Anschließend untersuchen wir die Bildung von Turing-Strukturen in räumlich ein- und zweidimensionalen Systemen. Schließlich wird die Schwingungsdynamik betrachtet. Hier betrachten wir zunächst ein Ensemble von global gekoppelten Oszillatoren, behandeln im Detail den sogenannten Kuramoto-Übergang von inkohärentem Verhalten zu synchronisierten Oszillationen und diskutieren dann das Synchronisationsverhalten oszillierender Netzwerke in einem allgemeinen Kontext. Anschließend wird die komplexe Ginzburg-Landau-Gleichung als prototypische Gleichung für diffusiv gekoppelte oszillatorische Medien vorgestellt und der Übergang zum räumlich-zeitlichen Chaos untersucht.

### **Lernergebnisse:**

Nach der erfolgreichen Teilnahme am Modul sind die Studierenden in der Lage:

- die grundlegenden Mechanismen zu verstehen, die zu Mustern und kooperativen Phänomenen in dissipativen Systemen weit entfernt vom thermodynamischen Gleichgewicht führen,
- die universellen Gesetzmäßigkeiten, die zur Musterbildung in Reaktions-Diffusions-Systemen im bistabilen, erregbaren und oszillatorischen Regime führen, mit prototypischen Modellen zu erklären
- den Ursprung von Synchronisationsphänomenen in gekoppelten oszillatorischen Netzwerken zu erklären
- Simulationen des Reaktions-Diffusions-Systems durchzuführen und die beobachteten Muster zu klassifizieren.

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

Das Modul besteht aus einer Vorlesung und einer Übung.

In der thematisch strukturierten Vorlesung werden die Lerninhalte präsentiert, dabei werden insbesondere mit Querverweisen zwischen verschiedenen Themen die interdisziplinären Konzepte der Nichtlinearen Dynamik aufgezeigt. In wissenschaftlichen Diskussionen werden die Studierenden mit einbezogen und das eigene analytisch-physikalische Denkvermögen gefördert. In der Übung werden anhand von Problembeispielen und Computerübungen die Lerninhalte vertieft und eingeübt, sodass die Studierenden das Gelernte selbständig erklären und anwenden können.

### **Medienform:**

Tafelarbeit, Skriptum, Powerpoint, Filme, ergänzende Literatur, Übungsblätter.

### **Literatur:**

- Vorlesungsskript
- A.S. Mikhailov: Foundations of Synergetics I, Springer Berlin Heidelberg, (2013)
- G. Nicolis: Introduction of Nonlinear Science, Cambridge University Press, (2008)
- J. D. Murray: Mathematical Biology II, Springer, (2011)
- A.S. Mikhailov & G. Ertl: Chemical Complexity - Self-Organization in Molecular Systems, Springer, (2017)

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

Krischer, Katharina; Prof. Dr. rer. nat. 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

### PH2035: Plasmaphysik 1 | Plasma Physics 1

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2025/26

<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:

Es findet eine mündliche Prüfung von etwa 20 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, wie beurteilt werden kann ob Materie im Plasmazustand vorliegt.
- Skizzieren Sie mögliche Teilchentrajektorien im Erdmagnetfeld.
- Erklären Sie anhand von Skizzen das Prinzip der toroidalen Plasmaeinschlusses.
- Erläutern Sie die Dynamik von Alfvén-Wellen und deren Eigenschaften?

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:

Dieses Modul gibt eine Einführung in die Plasmaphysik. Dabei werden neben den Grundlagen der Plasmaphysik auch technische Anwendungen und ihr Vorkommen in der Natur vorgestellt. Die wesentlichen Eigenschaften von Plasmen und ihre Auswirkungen auf das Plasmaverhalten sowie mögliche Diagnostikverfahren werden diskutiert. Themen sind geladene Teilchen im Magnetfeld, adiabatische Invarianten, das Flüssigkeitsbild des Plasmas, magnetohydrodynamische Modelle, Gleichgewichte und Stabilität von Plasmen sowie die Dynamik von typischen Instabilitäten

und Alfvén-Wellen. Beispiele werden herangezogen aus der Sonne, der Ionosphäre, aus technologischen Anwendungen und der Fusionsforschung.

**Lernergebnisse:**

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

- die wesentlichen Eigenschaften von Plasmen und die Unterschiede zum idealen Gas zu benennen,
- die Dynamik von geladenen Teilchen und Plasmen in Magnetfeldern zu beschreiben und einfache Konzepte zum magnetischen Einschluss zu erläutern,
- Plasmen auf ihre Stabilität hin zu untersuchen,
- die Dynamik von Instabilitäten und von Alfvén-Wellen zu beschreiben,
- auf Basis der erlernten Grundlagen Methoden der Plasmadiagnostik und technische Anwendungen zu erklären.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Das Modul besteht aus einer Vorlesung und einer Übung.

In der Vorlesung werden die Inhalte durch Vortrag und Tafelanschrieb der theoretischen Grundlagen und deren experimentellen Umsetzungen erläutert. Anschauliche Beispiele und Anwendungen der beschriebenen Themen werden anhand von Bildern erklärt. Es werden insbesondere mit Querverweisen zwischen verschiedenen Themen die universellen Konzepte der Plasmaphysik aufgezeigt. Hoher Wert wird auf die Anregung interaktiver Diskussion mit den Studierenden über das gerade Erlernte gelegt. Die Vorlesungsunterlagen enthalten Hyperlinks auf die Originalarbeiten, die den Einstieg in die eigenständige Literaturrecherche fördern sollen. Die Studierenden werden ermuntert, die in der Vorlesung erläuterten Themen durch derartige Recherche selbständig zu vertiefen.

In der Übung werden anhand von Problembeispielen und state-of-the-art Analyseprogrammen die Lerninhalte vertieft und eingeübt, sodass die Studierenden das Gelernte selbständig erklären und anwenden können.

**Medienform:**

Vortrag, Beamerpräsentation, Tafelarbeit, Übungsblätter, Übungen in Einzel- und Gruppenarbeit, Diskussion, begleitende Internetseite, ergänzende Literatur.

**Literatur:**

- U. Stroth: Plasmaphysik: Phänomene, Grundlagen, Anwendungen, Springer Spektrum, (2018)
- R.J. Goldston & P.H. Rutherford: Plasmaphysik. Eine Einführung, Springer Vieweg, (1998)

- T.J.M. Boyd & J.J. Sanderson: The Physics of Plasmas, Cambridge University Press, (2003)
- F.F. Chen: Introduction to Plasma Physics and Controlled Fusion, Springer, (2016)

**Modulverantwortliche(r):**

Stroth, Ulrich; Prof. Dr.

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

Plasmaphysik 1 (Vorlesung, 2 SWS)

Griener M

Übung zu Plasmaphysik 1 (Übung, 2 SWS)

Griener M [L]

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

## Modulbeschreibung

### PH2036: Plasmaphysik 2 | Plasma Physics 2

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2025

<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 25 Minuten Dauer statt. Darin wird das Erreichen der im Abschnitt Lernergebnisse dargestellten Kompetenzen mindestens in der dort angegebenen Erkenntnisstufe exemplarisch durch Verständnisfragen und Beispielrechnungen überprüft. Prüfungsaufgabe könnte beispielsweise sein: Erklären, warum es Wellen in Plasmen gibt, und wie man Dispersionsrelationen herleitet

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.

Während der Prüfung sind keine Hilfsmittel erlaubt.

Auf die Note einer bestandenen Modulprüfung in der Prüfungsperiode direkt im Anschluss an die Vorlesung (nicht auf die Wiederholungsprüfung) wird ein Bonus (eine Zwischennotenstufe "0,3" besser) gewährt (4,3 wird nicht auf 4,0 aufgewertet), wenn die/der Studierende die Mid-Term-Leistung bestanden hat, diese besteht aus dem bestehen der freiwilligen Zwischenklausur während des Semesters

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Semesterende

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

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

#### Inhalt:

Dieses Modul gibt eine Einführung in die Plasmaphysik. Dabei werden neben den Grundlagen der Plasmaphysik auch technische Anwendungen und ihr Vorkommen in der Natur vorgestellt. Die elektrostatischen und die elektromagnetischen Wellen in Plasmen werden eingehend behandelt. Es wird auf ihren vielfältigen Einsatz zur Diagnostik und Heizung von Plasmen eingegangen und

nichtlineare Effekte, wie Schockfronten und Solitonen studiert. Basierend auf einer Einführung in die Grundlagen der kinetischen Theorie werden die Flüssigkeitsgleichungen hergeleitet und weitere Anwendungen diskutiert, wie Transportprozesse, das Konzept von Stoßzeiten und die Entstehung von ambipolaren elektrischen Feldern.

### **Lernergebnisse:**

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

- die Ausbreitung von elektromagnetischen Wellen in Plasmen zu erklären sowie die wichtigsten Anwendungen als Plasmadiagnostik oder -heizung zu erläutern,
- den Einfluss von Nichtlinearitäten auf die Plasmadynamik zu erklären,
- die Stoßprozesse zwischen den Plasmateilchen zu erklären und die Parameterabhängigkeit der Stoßzeiten zu erläutern,
- die verschiedenen theoretischen Zugänge zur Plasmaphysik zu erklären und ihre jeweiligen Anwendungsgrenzen zu verstehen,
- das Konzept von ambipolaren elektrischen Feldern und des ambipolaren Transports zu beschreiben.

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

Das Modul besteht aus einer Vorlesung und einer Übung.

In der Vorlesung werden die Inhalte durch Vortrag und Tafelanschrieb der theoretischen Grundlagen und deren experimentellen Umsetzungen erläutert. Anschauliche Beispiele und Anwendungen der beschriebenen Themen werden in Beamerpräsentation erklärt. Es werden insbesondere mit Querverweisen zwischen verschiedenen Themen die universellen Konzepte der Plasmaphysik aufgezeigt. Hoher Wert wird auf die Anregung interaktiver Diskussion mit den Studierenden über das gerade Erlernete gelegt. Die Vorlesungsunterlagen enthalten Hyperlinks auf die Originalarbeiten, die den Einstieg in die eigenständige Literaturrecherche fördern sollen. Die Studierenden werden ermuntert, die in der Vorlesung erläuterten Themen durch derartige Recherche selbständig zu vertiefen.

In der Übung werden anhand von Problembeispielen und state-of-the-art Analyseprogrammen die Lerninhalte vertieft und eingeübt, sodass die Studierenden das Gelernte selbständig erklären und anwenden können.

### **Medienform:**

Vortrag, Beamerpräsentation, Tafelarbeit, Übungsblätter, Übungen in Einzel- und Gruppenarbeit, Diskussion, begleitende Internetseite, ergänzende Literatur.

### **Literatur:**

- U. Stroth: Plasmaphysik: Phänomene, Grundlagen, Anwendungen, Springer Spektrum, (2018)
- R.J. Goldston & P.H. Rutherford: Plasmaphysik. Eine Einführung, Springer Vieweg, (1998)
- T.J.M. Boyd & J.J. Sanderson: The Physics of Plasmas, Cambridge University Press, (2003)
- F.F. Chen: Introduction to Plasma Physics and Controlled Fusion, Springer, (2016)
- T.H. Stix: Waves in Plasmas, American Institute of Physics, (1992)

**Modulverantwortliche(r):**

Stroth, Ulrich; 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

### PH2038: Flüssigkeiten ohne Stöße: Einführung in die kinetische Plasmaphysik | Fluids without Collisions: Introduction to Kinetic Plasma Physics

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2011

<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> 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:

In einer mündlichen Prüfung wird das Erreichen der Lernergebnisse durch Verständnisfragen und Beispielaufgaben bewertet.

Die Prüfung kann in Übereinstimmung mit §12 (8) APSO auch schriftlich abgehalten werden, in diesem Fall ist der Richtwert für die Prüfungsdauer 60 Minuten.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester / Semesterende

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

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

#### Inhalt:

In sehr heißen oder dünnen Plasmen, beispielsweise im Weltraum oder in Fusionsplasmen, stoßen Teilchen so selten aneinander, dass sich keine Boltzmannverteilung einstellt. Die gewöhnlichen Flüssigkeitgleichungen (Navier-Stokes, MHD) versagen und es wird nötig das Verhalten einzelner Teilchenpopulationen zu verfolgen - sprich eine kinetische Beschreibung zu benutzen. Überraschenderweise führen die Teilchen nicht einfache unabhängige Bewegungen aus. Die freien Ladungsträger in den Plasmen wechselwirken nämlich über kollektive elektrische und magnetische Felder, was zu einer Fülle von für gewöhnliche Flüssigkeiten unbekanntem Phänomenen und neuartigen theoretischen Beschreibungsansätzen führt.

Im Detail werden folgende Effekte und grundlegenden Phänomene diskutiert:

- Plasmaturbulenz
- Rekonnektion

- Kinetische Gleichungshierarchie
- Landaudämpfung und Phasenmischung
- Kinetische Instabilitäten
- Driftwellen
- Plasmawellen
- Larmorradiuseffekte und Gyrokinetik

**Lernergebnisse:**

Nach erfolgreicher Teilnahme an diesem Modul ist der/die Studierende in der Lage zu verstehen und zu erklären

1. Die kinetische Gleichungshierarchie sowie die wichtigsten Folgerungen und ihr Gültigkeitsbereich zu verstehen
2. Landaudämpfung und Phasenmischung
3. Kinetische Instabilitäten
4. Larmorradiuseffekte und Gyrokinetik
5. Driftwellen
6. Wellen in kalten Plasmen

**Lehr- und Lernmethoden:**

Vortrag, Beamerpräsentation, Tafelarbeit, Diskussion, Übungen.

**Medienform:**

**Literatur:**

- F.L. Waelbroeck, R.D. Hazeltine: The Framework of Plasma Physics (Frontiers in Physics)
- Swanson, D. G.: Plasma Kinetic Theory (Crc Press Inc)
- R.D. Hazeltine, J.D. Meiss: Plasma Confinement (Dover)
- Landau, Lifshitz. Vol. 10 L.C. Woods: Physics of Plasmas (Wiley)
- R. J. Goldston, P.H. Rutherford: Introduction to Plasma Physics (Institute of Physics Publications)
- D. Biskamp: Nonlinear Magnetohydrodynamics (Cambridge University Press)

**Modulverantwortliche(r):**

Hallatschek, Klaus; PD 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

### PH2047: Polymerphysik 2 | Polymer Physics 2

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2025

<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 und Beispiele überprüft.

Prüfungsaufgabe könnte beispielsweise sein:

Erläutern Sie, welche Mechanismen zur Entnetzung von Polymerfilmen führen und wie die entsprechenden Potentiale aussehen

Welche Methoden können angewendet werden, um die Interdiffusion von Polymeren zu charakterisieren

Erklären Sie das Phasendiagramm von Diblock-Copolymeren

Wie unterscheiden sich die mechanischen Eigenschaften chemisch und physikalisch vernetzter Polymergele?

Beschreiben Sie die Kettenkonformation starker und schwacher Polyelektrolyte abhängig von der Salzkonzentration

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.

Während der Prüfung sind keine Hilfsmittel erlaubt.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Semesterende

**(Empfohlene) Voraussetzungen:**

Polymerphysik 1 (PH2046)

**Inhalt:**

Polymere Materialien (Kunststoffe) finden vielfältige Anwendungen, sowohl im Alltag als auch in High-Tech-Produkten. In diesem Modul werden folgende weiterführende Themen besprochen: 1. Polymeroberflächen und -grenzflächen zu festen Wänden, Grenzflächen zwischen Polymeren  
2. Dynamik in Polymerschmelzen, Einfluss von Verschlaufungen, Interdiffusion  
3. Dünne Polymerfilme: thermodynamische Betrachtung und Methoden zur Präparation und Charakterisierung  
4. Blockcopolymer: Phasenverhalten und Strukturen in der Schmelze, im dünnen Film und in Lösung, Anwendungen  
5. Polymergele: mechanische Eigenschaften, chemisch und physikalisch vernetzte Gele, thermodynamische Beschreibung und Anwendungen  
6. Elektrische Eigenschaften: Polyelektrolyte, leitfähige Polymere, Anwendungen

**Lernergebnisse:**

Nach erfolgreicher Teilnahme an Polymerphysik 2 ist der/die Studierende in der Lage

1. Physik der Polymeroberflächen zu verstehen
2. Erscheinungsformen dünner Polymerfilme zu bewerten
3. Phasenverhalten von Blockcopolymermelzen zu analysieren
4. mechanische Eigenschaften von chemisch und physikalisch vernetzten Polymergelen zu bewerten
5. Kettenkonformationen von Polyelektrolyten in wässriger Lösung zu analysieren

**Lehr- und Lernmethoden:**

Das Modul besteht aus einer Vorlesung und einer Übung.

In der thematisch strukturierten Vorlesung werden die Themen durch Vortrag der theoretischen Grundlagen und deren experimentellen Umsetzungen erläutert und durch anschauliche Beispiele verständlich gemacht. Dabei werden makroskopische Anschauungsmaterialien (Elastomere, Superabsorber) zur Erläuterung der beschriebenen Effekte benutzt. Hoher Wert wird auf die Anregung interaktiver Diskussion mit den Studierenden und unter den Studierenden über das Erlernte gelegt. Hierfür werden in jeder Vorlesung Kontrollfragen zum Inhalt der Vorlesung ausgeteilt und zu Beginn der nächsten Vorlesung besprochen. In der Übung werden anhand von Problembeispielen, state-of-the-art Analyseprogrammen sowie aktuellen Publikationen die Lerninhalte vertieft und eingeübt, sodass die Studierenden das Gelernte selbständig erklären und anwenden können.

Die Dozentensprechstunde ist ein freiwilliges Zusatzangebot zur Klärung weiterführender Fragen zu Vorlesungsinhalten in Einzelgesprächen mit der Dozentin

**Medienform:**

Vortrag, Beamerpräsentation, Übungsblätter

**Literatur:**

- G. Strobl: The Physics of Polymers. Concepts for Understanding their Structures and Behavior: Concepts for Understanding Their Structures and Behavior; Springer, Berlin; Auflage: 3rd rev. and exp. ed. (Februar 2007)
- U. W. Gedde: Polymer Physics; Springer-Verlag GmbH; Auflage: 1 (September 2007)
- J.M.G. Cowie: Polymers: Chemistry & Physics of Modern Materials, CRC 1991.

**Modulverantwortliche(r):**

Müller-Buschbaum, Peter; 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

### PH2049: Nanostrukturierte, Weiche Materialien 2 | Nanostructured Soft Materials 2

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2025

<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:

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 und Beispiele überprüft.

Prüfungsaufgabe könnte beispielsweise sein:

- Beschreiben Sie den Grundaufbau einer organischen Solarzelle.
- Erläutern Sie die Morphologie der aktiven Schicht mit Akzeptor- und Donorkomponenten mit Hilfe von Worten, Zeichnungen und Diagrammen
- Erläutern Sie, wie transparente Kontakte charakterisiert werden können.
- Wie können transparente Kontakte für mechanisch flexible Substrate erreicht werden?

Während der Prüfung sind keine Hilfsmittel erlaubt.

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:

Semesterende

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

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

#### Inhalt:

Das Modul gibt eine Einführung in Nanostrukturierte, Weiche Materialien mit Schwerpunkt auf Mehrkomponenten-, biologische sowie optische und elektrische Eigenschaften:

- Emulsionen: Klassifikation, Thermodynamik, Präparation, Stabilität und Aufbau, Hydrophil-Lipophil-Gleichgewicht, Pickering-Emulsionen
- Mikro-Emulsionen: Phasenverhalten, Rolle der Grenzflächenspannung, Eigenschaften der Grenzflächenfilme
- Schäume: Arten und Präparation, Stabilität und Lebensdauer, Schaummittel, Antischaumwirkung
- biologische Membranen: Struktur, Rolle der Membranlipide, Vesikel, Rolle der Membranen in der Natur
- Proteine: Strukturen auf verschiedenen Ebenen, Faltung und Fehlfaltung, Wechselwirkungen zwischen Proteinen, Protein-Nanopartikel
- Thermo-responsive Polymere: Phasenverhalten, Kettenkollaps, Anwendungen
- Polymergele: Chemische und physikalische Gele, Modelle für die Gelbildung, ideale Gele, funktionelle Gele, selbstassemblierte Gele
- Metall-Polymer-Komposite: Nanofabrikation top-down und bottom-up, Metall-Nanopartikel-Selbstorganisation
- Leitfähige Polymere: Leitmechanismen, Wirkung von Doping
- Photonische Kristalle: Selbstorganisation, optische Eigenschaften, 3D geordnete makroporöse Materialien und Anwendungen
- Nanoplasmonik
- Nanostrukturierte, weiche Materialien in neuen Konzepten zur Energiespeicherung und Umwandlung: Lithiumionenbatterien, Superkondensatoren und Thermoelektrika

### **Lernergebnisse:**

Nach Abschluss des Moduls sind die Studierenden in der Lage:

- verschiedene Arten von Emulsionen auszuwerten, die Mechanismen hinter Stabilität und Aufbau sowie das Konzept des Hydrophil-Lipophil-Gleichgewichts zu verstehen
- den Unterschied zwischen Makro- und Mikro-Emulsionen zu verstehen und das Phasenverhalten zu analysieren
- die Rolle der Grenzflächenfilmeigenschaften auszuwerten
- auszuwerten, welche Faktoren die Formstabilität beeinflussen und die Wirkung von Schaummitteln und Schaumverhinderern zu verstehen
- die Struktur biologischer Membranen und Proteine zu analysieren und deren Wirkung in biologischen Systemen auszuwerten
- das Verhalten thermo-responsiver Polymere in Polymer-Wasser-Interaktionen zu verstehen
- die unterschiedlichen Typen von Metall-Polymer-Kompositen inkl. Metall-Nanopartikeln in Polymermatrix zu verstehen
- die verschiedenen Leitungsmechanismen in konjugierten Polymeren und die Wirkung der Dotierung zu analysieren
- die unterschiedlichen Gebiete und Anwendungen photonischer Kristalle einzuordnen
- die Wechselwirkung von Licht mit nanostrukturierten Materialien und ihren Nutzen für optische Instrumente zu verstehen
- die Wirkung nanostrukturierter Materialien auf den Gebieten von Energiewandlung und -speicherung zu verstehen

**Lehr- und Lernmethoden:**

Dieses Modul besteht aus einer Vorlesung und einer Übung. Die Lernziele des Moduls werden durch eine frontale Vorlesung mit Beamer Präsentation und mündlicher Kommunikation unterstützt durch Tafelanschrieb erreicht. Die Vorlesung wird durch wöchentliche Übungen ergänzt, in denen die Studierenden unter der Aufsicht von Tutoren Probleme lösen. Die Sprechstunde ist ein freiwilliges Zusatzangebot zur Klärung weiterführender Fragen zu Vorlesungsinhalten in Einzelgesprächen mit dem Dozenten.

**Medienform:**

Präsentation, Tafelarbeit. Übungsaufgaben für die wöchentlichen Übungen über vorlesungsbegleitende Internet-Seite.

**Literatur:**

- I.W. Hamley: Introduction to Soft Matter, Wiley, (2000)
- R.A.L. Jones: Soft Condensed Matter, Oxford University Press, (2002)
- M. Kleman & O.D. Lavrentovich: Soft Matter Physics, Springer, (2003)
- M. Daoud & C.E. Williams: Soft Matter Physics, Springer, (1999)

**Modulverantwortliche(r):**

Papadakis, Christine; Prof. 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

### PH2072: Aktuelle Themengebiete der Oberflächen- und Nanowissenschaften | Frontiers of Surface and Nanoscale Science

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2025

<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> 120	<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:

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, Reflektion von Konzepten und einfachen Gleichungen überprüft.

Prüfungsaufgabe könnte beispielsweise sein:

- Description and explanation of spin-polarized scanning tunneling microscopy
- Describe and explain decay mechanisms for inner-shell vacancies
- Discuss benefits of synchrotron radiation
- Explain trigger mechanisms for molecular switches

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Semesterende

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

#### Inhalt:

#### Lernergebnisse:

#### Lehr- und Lernmethoden:

In classroom lectures the teaching and learning content is presented and explained in a didactical, structured, and comprehensive form. This includes basic knowledge as well as selected current topics from a very broad research field. Universal methodic and physics concepts are highlighted

by cross referencing between different topics. Crucial facts are conveyed by involving the students in scientific discussions to develop their intellectual power and to stimulate their analytic thinking on physics problems. Regular attendance of the lectures is therefore highly recommended.

The examples as well as regular self-study of personal notes from the lectures and recent review articles referenced in the course are an important part of the learning process by the students. Such post-processing and rationalization of the teaching content is indispensable to achieve the intended learning results that the students develop the ability of explaining and applying the learned knowledge independently. Furthermore, the preparation of a seminar talk on a selected, recent research article will help the students to explain and apply the learned physics and methodology knowledge.

Lab visits and excursions, including discussions with scientists in the field of surface and nanoscale science, will convey the practical relevance and implementation of the experimental techniques and yield insight in current research areas and emerging domains.

### **Medienform:**

Lecture: Power point presentation, blackboard, printed hand-outs of lecture notes, post-lecture PDFs via Moodle, lab visits.

Seminar: Oral talk, power point presentation

Excursion: Oral presentations, lab visits

### **Literatur:**

Lecture notes.

Selected articles in surface and nanoscale science research journals.

Textbooks, examples include:

- K. Oura, V.G. Lifshits, A.A. Saranin, A.V. Zotov, M. Katayama; Surface Science, Springer, Berlin 2003; ISBN 3-540-00545-5, department library - Concise introduction to Surface Science; good overview
- A. Zangwill, Physics at surfaces, Cambridge University Press 1988, Library of E20 and: B.18.K 117 - good introductory text
- H. Ibach; Physics of Surfaces and Interfaces, Springer, Berlin 2006: Surface and interface phenomena including electrochemistry - comprehensive
- K. Kolasinski; Surface Science - Foundation of Catalysis and Nanotechnology, 2nd ed. 2008, Wiley CH 155,- Euro
- Stuart Lindsay, Introduction to Nanoscience; 2009, Oxford, 41.99 Euro - comprehensive with extensive background
- E.L. Wolf, Nanophysics & Nanotechnology; 2008, Wiley CH 59.- Euro, physics-oriented
- Ed. Bharat Bhushan, Springer Handbook of Nanotechnology, 2006, Springer, 266.43 Euro

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

Auwärter, Wilhelm; Prof. Dr.sc.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

### PH2105: Nanomaterialien 2 | Nano Materials 2

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2010/11

<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> 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:

In einer mündlichen Prüfung wird das Erreichen der Lernergebnisse durch Verständnisfragen und Beispielaufgaben bewertet.

Die Prüfung kann in Übereinstimmung mit §12 (8) APSO auch schriftlich abgehalten werden, in diesem Fall ist der Richtwert für die Prüfungsdauer 60 Minuten.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester / Semesterende

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

#### Inhalt:

#### Lernergebnisse:

#### Lehr- und Lernmethoden:

#### Medienform:

#### Literatur:

**Modulverantwortliche(r):**

Schneider, Oliver; 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

### PH2140: Nanoscience mittels Rastersondenmikroskopie | Nanoscience using Scanning Probe Microscopy

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2024

<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:

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:

Welche AFM Mess-Moden kennen Sie und worin unterscheiden die verschiedenen Moden sich?  
Skizzieren Sie den experimentellen Aufbau eines Rastertunnelmikroskops.  
Wie kann man spin-aufgelöste STM Messungen machen?

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:

Semesterende

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

#### Inhalt:

**Lernergebnisse:**

**Lehr- und Lernmethoden:**

**Medienform:**

**Literatur:**

**Modulverantwortliche(r):**

Papageorgiou, Anthoula Chrysa; Dr. 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

### PH2169: Strukturierte Photonische Nanomaterialien | Structured Photonic Nano-Materials

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab 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:

siehe englische Beschreibung

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Semesterende

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

siehe englische Beschreibung

#### Inhalt:

In diesem Modul werden wir diskutieren, wie man durch die Anpassung der photonischen Umgebung, die ein lichtemittierendes System (Atom, Molekül, Quantenpunkt, 2D-Materialien...) umgibt, die Geschwindigkeit, mit der Licht erzeugt wird, die Richtung, in die es sich ausbreitet, und sogar die Art der erzeugten Felder (Photonen, Plasmonen, Polaritonen...) steuern kann. Insbesondere werden wir untersuchen, wie durch die Strukturierung von Materie auf Längenskalen unterhalb der Wellenlänge des Lichts solche Eigenschaften manipuliert werden können, die ein starkes Potenzial für neue Anwendungen in der Quantenoptik, Optoelektronik, Photonik usw. haben. Wir werden mit einer Diskussion über quantenbegrenzte Materialien beginnen, bei denen insbesondere Halbleiter während des Wachstums maßgeschneidert werden, um ihre elektronischen Eigenschaften zu kontrollieren und zu manipulieren, was zu einem neuartigen physikalischen Konzept wie der Erzeugung einzelner Photonen bei Bedarf führt. Danach werden wir uns mit der Erforschung photonischer Nanostrukturen befassen: Im Gegensatz zur Kontrolle der elektronischen Bandstruktur erlauben uns die Nanofabrikationstechniken die selektive Anpassung der strukturellen Eigenschaften von Festkörpern, wodurch die vollständige Kontrolle der photonischen Eigenschaften ermöglicht wird. Insbesondere das Konzept der periodisch strukturierten Dielektrika - bekannt als photonische Kristalle - bietet eine leistungsfähige Möglichkeit, die spontane Emission von Lichtemittern zu leiten, einzugrenzen, zu verstärken

und zu unterdrücken. Auch metallische Nanostrukturen weisen eine weitere Möglichkeit zur Manipulation von Licht auf, indem sie in Form, Größe und Zusammensetzung maßgeschneidert werden, und führen zu einem Einschluss von Licht über extreme Sub-Wellenlängen-Dimensionen. Spezielle Arten von metallischen Nanostrukturen, so genannte Metamaterialien, ermöglichen die Realisierung neuartiger Materialien, die in der Natur nicht vorkommen, und zeigen faszinierende neue physikalische Effekte.

**Lernergebnisse:**

siehe englische Beschreibung

**Lehr- und Lernmethoden:**

siehe englische Beschreibung

**Medienform:**

siehe englische Beschreibung

**Literatur:**

- Paras N. Prasad A:C John Wiley & Sons, 2004
- Lukas Novotny "Principles of Nano-Optics", Cambridge University Press, 2006
- John H. Davies "The physics of low-dimensional semiconductors", Cambridge University Press, 1998
- Mark Fox "Quantum Optics", Oxford University Press, 2006
- John D. Joannopoulos "Photonic Crystals - Molding the flow of light", Princeton University Press, 1995
- Kazuaki Sakoda "Optical Properties of Photonic Crystals", Springer, 2005
- Stefan A. Maier "Plasmonics - Fundamentals and Applications", Springer, 2007
- Heinz Raether "Surface Plasmons on Smooth and Rough Surfaces and on Gratings", Springer, 1986
- Mark L. Brongersma "Surface Plasmon Nanophotonics", Springer, 2007

Most important are the given research literature, the distributed review papers and the lecture notes since there is not a single book covering the whole lecture content.

**Modulverantwortliche(r):**

Finley, Jonathan; Prof. Ph.D.

**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

### PH2191: Strukturaufklärung, Bauprinzipien und Synthese kristalliner Materialien in zwei und drei Dimensionen | Structure Determination, Building Principles, and Synthesis of Crystalline Materials in Two and Three Dimensions

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2025

<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> 120	<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:

Es findet eine mündliche Prüfung von 25 Minuten Dauer statt. Darin wird das Erreichen der im Abschnitt Lernergebnisse dargestellten Kompetenzen mindestens in der dort angegebenen Erkenntnisstufe exemplarisch durch Verständnisfragen, Symmetriestimmungen und Beispielrechnungen überprüft.

Prüfungsaufgabe könnte beispielsweise sein:

- Bestimmen Sie die 2D Raumgruppe einer periodischen Struktur
- Bestimmen Sie den Strukturfaktor für eine gegebene Einheitszelle
- Ermitteln Sie die Koordination bei Abbildung des Punktes  $(x,y,z)$  durch gegebene Symmetrieelemente (z.B. Gleitspiegelebene, Schraubenachse)
- Interpretieren Sie ein gegebenes Pulverdiffraktogramm
- Erklären Sie was Laue Klassen sind

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Semesterende

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Keine Vorkenntnisse nötig, die über die Zulassungsvoraussetzungen zum Masterstudium hinausgehen

#### Inhalt:

Viele Materialien in Natur und Technik sind kristallin, d.h. ihr Aufbau ist auf atomarer Skala periodisch. Für ein mikroskopisches Verständnis physikalischer Eigenschaften und ihrer Anisotropie bzw. als Grundlage für Simulationen ist die Kenntnis der Struktur essenziell.

Ziel des Moduls ist die Vermittlung der Grundlagen für die Strukturaufklärung mittels Beugungsexperimenten, d.h. der Bestimmung der Elementarzelle und den Positionen der darin enthaltenen Atome. Nachdem dabei vorteilhaft Symmetrien ausgenutzt werden, wird ein Überblick über vorkommende Symmetrien, deren Kombination und Kopplung, sowie ihre systematische Einteilung in Punkt- bzw. Raumgruppen gegeben. Des Weiteren werden wichtige Verfahren zur Kristall-Züchtung und zur Synthese neuartiger kristalliner organischer Materialien wie Metal-Organic-Frameworks und Covalent-Organic-Frameworks exemplarisch vorgestellt. Als Besonderheit wird mit Bezug zu Nanomaterialien abschließend auf die Synthese und Strukturaufklärung zweidimensionaler Materialien eingegangen.

Die Themen sind:

- Grundlagen der Kristallographie
- Bravais-Gitter in 2D und 3D
- Punktsymmetriegruppen und Raumgruppen in 2D und 3D
- Physikalische Grundlagen der Strukturaufklärung mittels Diffraktion
- Systematische Auslöschungen
- Experimentelle Realisierungen von Diffraktionsexperimenten
- Lösungsansätze für das Phasenproblem
- 2D Diffraktionsexperimente
- Elementarprozesse des Kristallwachstums
- Überblick wichtigste Kristallzüchtungsverfahren

### **Lernergebnisse:**

Nach der erfolgreichen Teilnahme an dem Modul sind die Studierenden in der Lage

- die Einführung der Kristallsysteme anhand der Gitter-kompatiblen Symmetrien zu verstehen.
- einfache und gekoppelte Symmetrieoperationen in 2D und 3D zu identifizieren und anzuwenden.
- die Punktsymmetriegruppen / Kristallklassen von Einzelobjekten in 2D und 3D zu bestimmen.
- die Raumgruppen von periodischen Strukturen in 2D zu bestimmen.
- die Beschreibungen der 3D Raumgruppen in den International Tables for Crystallography nachzuvollziehen.
- die Laue-Gleichungen und die Bragg-Gleichung abzuleiten.
- reziproke Gittervektoren zu berechnen und deren physikalische Bedeutung zu verstehen.
- Strukturfaktoren für gegebene Strukturen zu berechnen und zu interpretieren.
- die Einflussgrößen auf experimentell beobachtbare Reflexintensitäten zu überblicken.
- die Bedingungen für systematische Auslöschungen bei gegebenen Zentrierungen, Schraubenachsen oder Gleitspiegelebenen abzuleiten.
- Pulverdiffraktogramme mittels der Bragg-Gleichung unter Berücksichtigung der Auslöschungsregeln auszuwerten.
- das Auftreten von Reflexen anhand der Ewald-Konstruktion in 2D und 3D für monochromatische und polychromatische Röntgenstrahlung zu beurteilen und deren Beugungswinkel zu konstruieren.
- prinzipielle Lösungsstrategien für das Phasenproblem nachzuvollziehen.
- die Unterschiede zwischen Röntgen-, Neutronen- und Elektronenbeugung zu verstehen.
- die Rolle von Nukleation und Wachstumsprozessen bei der Kristallzüchtung zu bewerten.
- die wichtigsten Kristallzüchtungsverfahren zu klassifizieren und zu beschreiben.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Das Modul besteht aus einer Vorlesung, in der die Inhalte durch Vortrag und Ableitung der physikalischen Grundlagen mit vielfältigen Hinweisen auf Originalarbeiten zur weiteren Vertiefung erläutert werden. Die experimentelle Realisierung der Strukturaufklärung mittels Diffraktion wird ausführlich besprochen. Die Lehrinhalte werden durch anschauliche Beispiele verständlich gemacht. Dabei werden makroskopische Anschauungsmaterialien (Minerale, Kristall- und Molekülmodelle, etc.) zur Erläuterung und Illustration der beschriebenen Effekte und Phänomene benutzt. Besonderer Wert wird auf die Anregung interaktiver Diskussion mit den Studierenden und unter den Studierenden über das gerade Erlernte gelegt. Begleitet wird die Vorlesung von abgestimmten und ergänzenden Übungsaufgaben, die die Studierenden im Selbst-Studium bearbeiten. Diese Übungsaufgaben setzen eigene Recherche und das selbstständige Literaturstudium voraus.

**Medienform:**

Vortrag, Beamer-Präsentation, Tafelarbeit, Übungsblätter, PDF-Skript zum Download, Schnitte für Papiermodelle

**Literatur:**

- W. Massa: Kristallstrukturbestimmung, Vieweg + Teubner, (2011)
- W. Borchardt-Ott und H. Sowa: Kristallographie: Eine Einführung für Naturwissenschaftler, Springer, (2013)

**Modulverantwortliche(r):**

Lackinger, Markus; 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

### PH2194: Turbulenter Transport in Fusionsplasmen | Turbulent Transport in Fusion Plasmas

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab 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> 75	<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:

In einer mündlichen Prüfung wird das Erreichen der Lernergebnisse durch Verständnisfragen und Beispielaufgaben bewertet.

Die Prüfung kann in Übereinstimmung mit §12 (8) APSO auch schriftlich abgehalten werden, in diesem Fall ist der Richtwert für die Prüfungsdauer 60 Minuten.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Semesterende

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

#### Inhalt:

#### Lernergebnisse:

#### Lehr- und Lernmethoden:

#### Medienform:

#### Literatur:

**Modulverantwortliche(r):**

Manz, Peter; 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

### PH2207: Energie-Materialien 2 | Energy Materials 2

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2025

<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> 120	<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:

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Semesterende

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

No preconditions in addition to the requirements for the Master's program in Physics.

#### Inhalt:

This module has a specific focus on identification, design and characterization of functional materials for energy applications.

Content:

- Nanostructured materials, their role in energy conversion and storage, design principles
- Magnetic materials in energy conversion
- Porous vs dense solids in energy applications
- Materials for hydrogen storage
- Transparent electron conductors and their applications in energy conversion
- Key techniques and methodologies for identification and characterisation of energy materials
- Superconductors: towards future energy applications
- Piezoelectric materials

#### Lernergebnisse:

Rather than dealing with the physical and chemical basics of energy conversion and storage, the module will focus on particular classes of functional materials used in this field and explain their important properties in terms of specific functionality.

After successful completion of this module the students are able to:

- assess the most important classes of materials in the field of energy science

- explain the design principles to control their functionality
- name factors which determine the performance of functional materials for energy applications
- analyse and compare characterisation and identification techniques and methodologies widely used in energy material science.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Lectures with PowerPoint presentations and animations, seminars (master students), presentations  
The students are supposed to read literature, which is provided in the lecture slides and TUM Moodle system, as there are no exercise classes attributed to these lectures.  
The students can however visit complimentary seminars on Energy Materials 2 after the lectures.

**Medienform:**

- PowerPoint presentations with incorporated animations.
- interactive discussions and explanations using the black board.
- lecture PDFs with the links to the relevant literature are available before and after the lecture in TUM Moodle.
- Key literature including relevant journal publications are available at TUM Moodle in the sections corresponding to the particular lectures

**Literatur:**

- U. Simon: In Nanoparticles: From Theory to Application, Wiley-VCH, (2004); p 328.  
The literature to this lecture is based on the scientific research articles referred to in the lecture slides and partly available at TUM Moodle in the sections corresponding to the particular lectures.

**Modulverantwortliche(r):**

Bandarenka, Aliaksandr; 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

### PH2219: Materialphysik auf atomarer Skala 2 | Materials Physics on an Atomistic Scale 2

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2022

<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> 120	<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:

Es findet eine mündliche Prüfung von etwa 25 Minuten Dauer statt. Darin wird das Erreichen der im Abschnitt Lernergebnisse dargestellten Kompetenzen mindestens in der dort angegebenen Erkenntnisstufe exemplarisch durch Erläuterungen der relevanten Konzepte sowie typischer Realisierungen in Festkörpern überprüft.

Prüfungsaufgabe könnte beispielsweise sein:

- Erläuterung der Bewegungsgleichungen in der harmonischen Approximation
- Skizzieren typischer Dispersionsrelationen mit Diskussion
- Definition des Konzepts der Migrationsenergie und -entropie
- Erläuterung des Encounter-Modelles

Während der Prüfung sind keine Hilfsmittel erlaubt.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Semesterende

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Keine Vorbedingungen, die über die Zulassungsanforderungen für das Masterstudium hinausgehen. Die Teilnahme am Modul PH2218: Materialphysik auf atomarer Skala 1 ist nützlich, aber keine strikte Voraussetzung.

#### Inhalt:

Dieses Modul beschäftigt sich mit der Anordnung und der Bewegung von Atomen in Festkörpern. Da diese Aspekte die makroskopischen Eigenschaften von Materie zu einem großen Teil bestimmen, ist ihr mikroskopisches Verständnis grundlegend für beispielsweise das Optimieren von Materialien für technologische Anwendungen.

Hinausgehend über den Rahmen eines einführenden Festkörperphysik-Moduls des Bachelorstudiengangs (z.B. PH0019) und in Fortführung des Moduls Materialphysik auf atomarer Skala 1 (PH2218) im vorhergehenden Semester werden hier Aspekte der oszillatorischen und diffusiven Dynamik in Festkörpern detailliert behandelt:

- klassische Bewegungsgleichungen - harmonische Approximation, Konsequenz der Translationssymmetrie, Normalmoden
- Dispersionen - die Brillouinzone und spezielle Punkte, Born-von Karman Modell, Konsequenzen von Punktsymmetrien
- Phononen-Zustandsdichten - van Hove-Singularitäten, Vibrationsthermodynamik, Einstein- und Debye-Modell
- weitergehende Effekte - Anharmonizität, Unordnung
- grundlegende Konzepte der Diffusion - random walk-Theorie, Verbindung zur Diffusionsgleichung, Lösungen der Diffusionsgleichung
- Festkörperdiffusion - geschichtlicher Überblick, transition state theory, Arrhenius-Verhalten, Korrelationsfunktionen, encounter-Modell
- Diffusionsmechanismen - in elementaren Systemen und Verbindungen

Für alle oben angeführten Punkte wird sowohl eine generelle Beschreibung der relevanten Konzepte als auch ihre Motivierung über mikroskopische Modelle gegeben werden, aber auch eine Diskussion ihrer Realisierungen in typischen Systemen.

### **Lernergebnisse:**

Nach dem erfolgreichen Absolvieren des Moduls sind die Studierenden in der Lage:

- die Bewegungsgleichungen der Atome eines allgemeinen Kristalls laut der klassischen Mechanik zu lösen
- sich in den Brillouinonen der wesentlichen Bravaisgitter zurechtzufinden
- typische Dispersionsrelationen zu reproduzieren bzw. Abweichungen vom typischen Fall zu erkennen
- mittels des Born-von Karman Modells gemessene Phononenfrequenzen zu modellieren
- den Effekt von Symmetrien auf die Normalmoden zu verstehen
- die Verbindung von Dispersionen zu Merkmalen der Zustandsdichte (dh. van Hove-Singularitäten) zu verstehen
- modellhafte und konkrete Phononenzustandsdichten zur Berechnung von thermodynamischen Größen der Vibration zu verwenden
- zu verstehen, wie Abweichungen vom idealen Fall zur Verbreiterung der Phononendispersionen führen
- die Diffusionsgleichung aus einem mikroskopischen random walk herzuleiten
- die Konzepte der Sprungdiffusion anzuwenden
- die Charakteristika der möglichen Diffusionsmechanismen zu verstehen und damit z.B. den Effekt von Zusammensetzungsvariationen auf die Diffusivität anzugeben

Generell soll dieses Modul die Voraussetzungen liefern, die Ergebnisse experimenteller oder theoretischer Untersuchungen relevanter Aspekte in den aktuellen Stand der Wissenschaft einordnen zu können, und damit auf eigenständige Forschung vorbereiten.

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

In der Vorlesung werden die Lerninhalte mittels Tafelanschrift und mündlicher Vortrag präsentiert, wobei die behandelten Phänomene in einer detaillierten Diskussion erläutert werden. Aktive Beiträge der Studenten (Verständnisfragen) sind hierbei erwünscht. Die Nachbereitung erfolgt im Selbststudium mithilfe des zur Verfügung gestellten Skripts.

Update für die spezielle Situation im Sommersemester 2020: Während der Zeit, in der die physische Abhaltung der Vorlesung untersagt ist, wird das Skript, in dem der Stoff in knapper Form dargelegt ist, durch Audiodateien und skizzenhaften Illustrationen komplementiert werden, in Nachstellung der normalen Vorlesungssituation. Fragen der Studenten werden per Email eingeschickt werden und jeweils wieder durch Audiodateien und fallweise Skizzen für alle Studenten zugänglich beantwortet werden.

### **Medienform:**

Vorlesung mit Tafelanschrift. Ein Vorlesungsskript wird zur Verfügung gestellt (umreißt die wesentlichen Inhalte, ersetzt aber nicht die in der Vorlesung gebotene tiefergehende Diskussion). Sommersemester 2020: zusätzlich Audiodateien und Illustrationen

### **Literatur:**

Grundlagen der Festkörperphysik:

- N.W. Ashcroft & N. D. Mermin: Solid State Physics, De Gruyter Oldenbourg, (2012)
- H. Ibach & H. Lüth: Festkörperphysik, Springer-Verlag, (2009)
- Ch. Kittel: Introduction to Solid State Physics, Wiley, (2018)
- R. Gross & A. Marx: Festkörperphysik, De Gruyter, (2018)
- U. Rössler: Solid State Theory: An Introduction, Springer-Verlag, (2009)

Statistische Physik:

- F. Schwabl: Statistische Mechanik, Springer-Verlag, (2006)

klassische Metallphysik:

- G. Gottstein: Physikalische Grundlagen der Metallkunde, Springer-Verlag, (2007)
- P. Haasen: Physikalische Metallkunde, Springer-Verlag, (2013)

klassische Festkörperchemie:

- J. Maier: Festkörper - Fehler und Funktion, Springer-Verlag, (2000)

atomare Aspekte der Festkörper:

- M.T. Dove: Structure and Dynamics: An Atomic View of Materials, Oxford University Press, (2003)

spezielle Aspekte:

- W. Borchardt-Ott, H. Sowa: Kristallographie. Eine Einführung für Naturwissenschaftler, Springer Spektrum, (2013)
- B. Fultz: Phase Transitions in Materials, Cambridge University Press, (2014)
- D.A. Porter & K.E. Easterling: Transformations in Metals and Alloys, Routledge, (2009)
- R.J.D. Tilley: Defects in Solids, John Wiley & Sons, (2008)
- A.M. Kosevich: The Crystal Lattice. Phonons, Solitons, Dislocations, Superlattices, Wiley-VCH, (2005)

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

Leitner, Michael; 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

### PH2223: Vakuum, Oberflächen und dünne Schichten | Vacuum, Surfaces and Thin Films

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2018

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Einmalig
<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 etwa 25 Minuten Dauer statt. Darin wird das Erreichen der im Abschnitt Lernergebnisse dargestellten Kompetenzen mindestens in der dort angegebenen Erkenntnisstufe exemplarisch durch Verständnisfragen und Beispielrechnungen überprüft. Prüfungsaufgabe könnte beispielsweise sein: Welche Hauptkriterien müsste ein Vakuumbeschichtungsanlage für folgenden Anwendungsbereich aufweisen: xyz?

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Semesterende

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

siehe englische Beschreibung

#### Inhalt:

siehe englische Beschreibung

#### Lernergebnisse:

siehe englische Beschreibung

#### Lehr- und Lernmethoden:

siehe englische Beschreibung

#### Medienform:

siehe englische Beschreibung

#### Literatur:

K. L. Chopra "Thin Film Phenomena" McGraw-Hill

A. Zangwill "Physics at Surfaces", Cambridge Univ. Press

**Modulverantwortliche(r):**

Kreuzpaintner, Wolfgang; 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

### PH2255: Nano- und Optomechanik | Nano- and Optomechanics

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2024/25

<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:

Semesterende

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

No preconditions in addition to the requirements for the Master's program in Physics.

#### Inhalt:

#### Lernergebnisse:

After successful participation in the module, the student is able to:

- Name different designs of mechanical resonators, and of NEMS and optomechanical detectors. Tell what their main pros and cons are.
- Illustrate the difference between bottom-up and top-down devices.
- Recall the optomechanical Hamiltonian and the derivation of its limiting cases. Evaluate the outcome with different quantum mechanical states.
- Classify different damping mechanism in mechanical devices and relate this to force noise and temperature.
- Select the right material(s) for a resonator+detector design, based on an understanding of the fabrication techniques and material properties
- Explain the working principle of different detector schemes. Distinguish its detection- and back action mechanisms
- Model the interaction between a detector and the resonator. Discover how this leads to the standard quantum limit (SQL), quantum non-demolition (QND) measurements, and optomechanically-induced transparency (OMIT).

- Outline different cooling mechanism and evaluate the final temperature of a cooling experiment.
- Analyze the properties of simple (e.g. string, beam) and more complex (e.g. H) mechanical structures.
- Assess the feasibility of a given design of an optomechanical sensor for small and large motion amplitudes.
- Plan an experiment to measure one of the effects discussed in the module.

**Lehr- und Lernmethoden:**

**Medienform:**

**Literatur:**

**Modulverantwortliche(r):**

Poot, Menno; 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

### PH2283: Topologische Elektronik und Materialien | Topological Electronics and Materials

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2024

<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:

Semesterende

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

No preconditions in addition to the requirements for the Master's program in Physics.

#### Inhalt:

#### Lernergebnisse:

#### Lehr- und Lernmethoden:

#### Medienform:

#### Literatur:

#### Modulverantwortliche(r):

Holleitner, Alexander; 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

### PH2290: Halbleiter-Quantenelektronik | Semiconductor Quantum Electronics

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2025

<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:

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Semesterende

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

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

#### Inhalt:

#### Lernergebnisse:

#### Lehr- und Lernmethoden:

#### Medienform:

#### Literatur:

#### Modulverantwortliche(r):

Brandt, Martin; Prof. Dr. rer. nat. 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](#).

## Uncertainty Quantification and Mathematical Modeling (Electives II) | Uncertainty Quantification and Mathematical Modeling (Electives II)

### Modulbeschreibung

#### ED010002: Recognized Modules | Recognized Modules

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2024

<b>Modulniveau:</b>	<b>Sprache:</b>	<b>Semesterdauer:</b>	<b>Häufigkeit:</b>
<b>Credits:*</b> 5	<b>Gesamtstunden:</b>	<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:

#### Wiederholungsmöglichkeit:

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

#### Inhalt:

#### Lernergebnisse:

#### Lehr- und Lernmethoden:

#### Medienform:

#### Literatur:

**Modulverantwortliche(r):**

**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

### BGU51024: Holz im Bauwesen | Timber in Construction

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2019

<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> 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 angestrebten Lernergebnisse werden in Form einer schriftlichen Modulprüfung von 60 Minuten überprüft. Die ungeteilte Prüfung deckt den gesamten Lehrinhalt des Moduls ab, es sind keine Hilfsmittel erlaubt. Anhand ausgewählter Fragestellungen wird überprüft, ob die Studierenden in der Lage sind, in begrenzter Zeit Problemstellungen, z.B. im Rahmen der Eigenschaften und daraus ableitbaren Anwendungsbereichen von Holz zu analysieren und basierend auf den im Rahmen des Moduls erworbenen Lernergebnissen, Lösungswege aufzuzeigen.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Holzbau Grundmodul - BGU51014

Holzbau Ergänzungsmodul - BGU51026

#### Inhalt:

Das Modul Holz im Bauwesen soll den Studenten einige Besonderheiten zum Thema Holz als Baustoff sowie seiner Anwendung in Bauwerken näher bringen. Die im Modul gelehrt Inhalte lassen sich in zwei Blöcke einteilen. Der erste Block bietet eine umfassende Betrachtung der Eigenschaften von Holz als Baustoff. Der zweite Block behandelt theoretische Hintergründe sowie praktische Fragestellungen im Rahmen ausgewählter Anwendungsbereiche von Holz im Bauwesen. Im Einzelnen lässt sich die Veranstaltung in die folgenden Themen gliedern:

- Holz und Holzarten, Mechanische Eigenschaften und Prüfmethode
- Holzartenbestimmung
- Physikalische Eigenschaften von Holz
- Rheologie und zeitabhängige Eigenschaften, incl. Verbundbauteile
- Verklebung und Holzwerkstoffe
- Zuverlässigkeit, Teilsicherheitsbeiwerte und Systemfestigkeit

- Analyse und FEM-Modellierung von Holz und Verbindungen
- Bauwerke mit tropischen Hölzern
- Dauerhaftigkeit und Lebensdauerverhalten
- Erdbeben und Duktilität

**Lernergebnisse:**

Nach der Teilnahme am Modul Holz im Bauwesen sind die Studierenden in der Lage, die Eigenschaften des Werkstoffes Holz im Hinblick auf dessen Einsatz als Werkstoff im Bauwesen zu verstehen und zu analysieren. Für ausgewählte Anwendungsbereiche (wie Verbindungen, Bauwerke mit tropischen Hölzern, Dauerhaftigkeit und Lebensdauerverhalten sowie Erdbeben und Duktilität) können die Studierenden Lösungsmöglichkeiten bewerten.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Bei dem Modul handelt es sich um eine Vorlesung mit integrierter Übung, welche im WS auf Deutsch und im SS auf Englisch mit jeweils den selben Inhalten stattfinden. Dieses Lehrformat, unterstützt durch Lehrmethoden wie Tafelarbeit und Powerpointpräsentationen, eignet sich am Besten um die theoretischen Grundlagen und Hintergründe der vorgestellten Inhalte zu vermitteln. Anschauungsmaterialien sind zur verdeutlichenden Darstellung der Sachverhalte vorgesehen. Des Weiteren werden wichtige Versuche vorgeführt und Filme zu Versuchen und Verfahren gezeigt. Die Bestimmung von Holzarten wird im Rahmen einer Übungsveranstaltung individuell geübt.

**Medienform:**

Powerpoint-Präsentationen, Videos, Tafelarbeit, Skript (Vorlesungsfolien) von ca. 200 Seiten sowie ein möglicher download (Moodle). Mitschrift der Studierenden.

**Literatur:**

Skript (Vorlesungsfolien) der Lehrveranstaltung. Eine Mitschrift durch die Studierenden ist erforderlich.

**Modulverantwortliche(r):**

Jan-Willem van de Kuilen

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

Holz im Bauwesen (Vorlesung mit integrierten Übungen, 2 SWS)

van de Kuilen J

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

## Modulbeschreibung

### BGU53045: Geodätische Sensorik und Methodik 1 | Geodetic Sensors and Methods 1

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2023

<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:

Die Modulprüfung erfolgt in Form einer 20-minütigen mündlichen Prüfung. Darin wird überprüft, inwieweit die Studierenden die grundlegenden Konzepte und Messverfahren gängiger geodätischer Sensoren wie z. B. Präzisionsnivellier, Lasertracker, Vermessungskreisel und Neigungssensoren verstehen und wiedergeben sowie deren Nutzung in der Ingenieurgeodäsie problemlösungsorientiert darstellen können. Auf die präzise Nutzung von Fachbegriffen wird Wert gelegt.

Zusätzlich gibt es die Möglichkeit zu freiwilligen semesterbegleitenden Mid-Term-Leistungen als Prüfungsleistung. Diese Mid-Term-Leistungen bestehen aus 6 semesterbegleitenden praktischen/rechentechnischen Übungen. Praktische Aufgabenstellungen werden in betreuten Übungsstunden besprochen bzw. durchgeführt. Die Auswertung bzw. vervollständigende Bearbeitung der Übungen erfolgt üblicherweise im Eigenstudium. Für jede Übung ist eine schriftliche Ausarbeitung einzureichen, die benotet wird. Die Modulnote kann durch die Note der Mid-Term-Leistungen verbessert werden im Verhältnis 30 % Mid-Term-Leistung zu 70 % mündliche Prüfung, wobei alle Übungen gleichgewichtet sind.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

- Vermessungskunde 1
- Vermessungskunde 2

#### Inhalt:

1. Trigonometrische Höhenbestimmung
2. Präzisionsnivellement
3. Elektronische Tachymeter

4. Präzise Streckenmessung
5. Lasertracker
6. Messarm
7. Theodolitmesssystem
8. Neigungssensoren
9. Vermessungskreisel
10. 3D-Erfassung im Nahbereich
11. Kalibrierung und Prüfung geodätischer Sensorik
12. Koordinatentransformationen in 2D und 3D

**Lernergebnisse:**

Nach der Teilnahme am Modul sind die Studierenden in der Lage,

- das Grundprinzip der Trigonometrischen Höhenbestimmung und des Präzisionsnivelements zu verstehen, wiederzugeben und anzuwenden
- verschiedene Verfahren der Koordinatentransformation in geeignetem Kontext zu beurteilen und zu implementieren
- Verfahren zur hochgenauen Bestimmung von 3D-Koordinaten im Nahbereich zu verstehen, wiederzugeben und in der Praxis anzuwenden
- das Grundprinzip industrieller Sensoren wie Neigungssensoren und Vermessungskreisel zu verstehen, wiederzugeben und in der Praxis anzuwenden
- Zusammenhänge und Querbeziehungen zwischen den genannten Inhalten zu erkennen
- die genannten Konzepte kombiniert zur Lösung grundlegender geodätischer Aufgabenstellungen einzusetzen

**Lehr- und Lernmethoden:**

Das Modul besteht aus einer Vorlesung (2 SWS) und einer Übung (2 SWS). In der Vorlesung wird mittels Präsentationen und Beispielen das Verständnis für weiterführende geodätische Konzepte in den Bereichen Instrumentenkunde (Sensorik) sowie Rechen- und Auswerteverfahren (Methodik) vermittelt. Die Anwendung wird in betreuten Übungen in Kleingruppen erprobt. Bestandteil ist dabei auch der praktische Umgang mit verschiedenen Sensoren, das Erstellen von Computerprogrammen sowie das Aufbereiten von Ergebnissen in technischen Berichten. Damit lernen die Studierenden beispielsweise das Grundprinzip der Trigonometrischen Höhenbestimmung und des Präzisionsnivelements zu verstehen, wiederzugeben und anzuwenden, verschiedene Verfahren der Koordinatentransformation in geeignetem Kontext zu beurteilen und zu implementieren und Verfahren zur Bestimmung von hochgenauen 3D-Koordinaten im Nahbereich zu verstehen, wiederzugeben und in der Praxis anzuwenden.

**Medienform:**

Folienskript, Übungsaufgaben

**Literatur:**

- Deumlich, F., und Staiger, R., (2001): Instrumentenkunde der Vermessungstechnik, 9. Auflage, Wichmann Verlag

- Weckenmann, A. (2012): Koordinatenmesstechnik, Flexible Strategien für funktions- und fertigungsgerechtes Prüfen, 2. Auflage, Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG
- Joeckel, R., Stober, M., Hüp, W. (2008): Elektronische Entfernung- und Richtungsmessung und ihre Integration in aktuelle Positionierungsverfahren, 5. Auflage, Wichmann Verlag

**Modulverantwortliche(r):**

Prof. Dr.-Ing. Christoph Holst

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

Geodätische Sensorik und Methodik 1 (Vorlesung, 2 SWS)

Raffl L

Übungen zu Geodätische Sensorik und Methodik 1 (Übung, 2 SWS)

Seufert P, Raffl L

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

## Modulbeschreibung

### BGU53046: Geodätische Sensorik und Methodik 2 | Geodetic Sensors and Methods 2

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2024

<b>Modulniveau:</b> Bachelor	<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 Modulprüfung erfolgt in Form einer 20-minütigen mündlichen Prüfung. Darin wird überprüft, inwieweit die Studierenden das grundlegenden Konzept und Messverfahren des Laserscannings verstehen und wiedergeben können, z. B. die Bestandteile von Laserscannern, Vor- und Nachteile von terrestrischen Laserscannern oder verschiedene Mess- und Auswertemethoden sowie deren Nutzung in der Ingenieurgeodäsie problemlösungsorientiert darstellen können. Auf die präzise Nutzung von Fachbegriffen wird Wert gelegt.

Zusätzlich gibt es die Möglichkeit zu freiwilligen semesterbegleitenden Mid-Term-Leistungen als Prüfungsleistung. Diese Mid-Term-Leistungen bestehen aus 6 semesterbegleitenden praktischen/rechentechnischen Übungen. Praktische Aufgabenstellungen werden in betreuten Übungsstunden besprochen bzw. durchgeführt. Die Auswertung bzw. vervollständigende Bearbeitung der Übungen erfolgt üblicherweise im Eigenstudium. Für jede Übung ist eine schriftliche Ausarbeitung einzureichen, die benotet wird. Die Modulnote kann durch die Note der Mid-Term-Leistungen verbessert werden im Verhältnis 30 % Mid-Term-Leistung zu 70 % mündliche Prüfung, wobei alle Übungen gleichgewichtet sind.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Geodätische Sensorik & Methodik 1

#### Inhalt:

- Einführung zum terrestrischen Laserscanning
- Bestandteile von Laserscannern
- Reflektorlose Distanzmessung
- Registrierung und Georeferenzierung

- Messabweichungen
- Prüfung terrestrischer Laserscanner
- Kalibrierung terrestrischer Laserscanner
- Auflösungsvermögen und Kovarianzmatrix
- Auswertung der Punktwolke
- Parameterschätzung
- Messstrategien
- Punktwolkenvergleiche
- Anwendungen

### **Lernergebnisse:**

Nach der Teilnahme an den Modulveranstaltungen sind die Studierenden in der Lage

- die Bestandteile von Laserscannern zu nennen und hinsichtlich ihrer Wichtigkeit für bestimmte Aufgaben zu evaluieren
- die Vorteile und Nachteile von terrestrischen Laserscannern gegenüber Tachymetern zu nennen und hinsichtlich des Einsatzes für definierte Aufgaben zu beurteilen
- Messaufgaben mit Laserscanning zu definieren, zu lösen und zu evaluieren
- Punktwolkencharakteristika wie Auflösung und Genauigkeit zu nennen, zu quantifizieren und aufgabenbezogen zu evaluieren
- verschiedene Mess- und Auswertemethoden im Bereich des Laserscannings zu nennen (z.B. Registrierung), durchzuführen und zu bewerten

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

Das Modul besteht aus einer Vorlesung (2 SWS) und einer Übung (2 SWS). In der Vorlesung wird mittels Präsentationen und Beispielen das Verständnis für weiterführende geodätische Konzepte in den Bereichen Instrumentenkunde (Sensorik) sowie Rechen- und Auswerteverfahren (Methodik) vermittelt. Die Anwendung wird in betreuten Übungen in Kleingruppen erprobt. Bestandteil ist dabei auch der praktische Umgang mit verschiedenen Sensoren, das Erstellen von Computerprogrammen sowie das Aufbereiten von Ergebnissen in technischen Berichten. Damit lernen die Studierenden beispielsweise Messaufgaben mit Laserscanning zu definieren, zu lösen und zu evaluieren, Bestandteile von Laserscannern zu nennen und hinsichtlich ihrer Wichtigkeit für bestimmte Aufgaben zu evaluieren und verschiedene Mess- und Auswertemethoden im Bereich des Laserscannings zu nennen (z.B. Registrierung), durchzuführen und zu bewerten.

### **Medienform:**

Vorlesungsfolien, Videos, Übungsaufgaben

### **Literatur:**

- Deumlich, F., und Staiger, R., (2001): Instrumentenkunde der Vermessungstechnik, 9. Auflage, Wichmann Verlag

**Modulverantwortliche(r):**

Prof. Dr.-Ing. Christoph Holst

**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

### **BGU60017: Probabilistische Lebenszyklusanalyse und Unterhaltsmanagement von Infrastrukturbauten | Probabilistic Life Cycle Analysis and Integrity Management of Infrastructures**

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2018

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Englisch	<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:**

The course assessment takes place as a project work. The students will solve a practical problem that requires implementation of the methods discussed in class in a computer code. The students will be evaluated based on a written project report that documents the implemented approach and obtained results. The students will present their project in a 15-minute presentation followed by a discussion of the presented solution approach. The aim of the project is that students become familiar with the concepts discussed in class through hands-on experience. The project report will assess the students' understanding of the implemented methods and their applicability to specific problems. The purpose of the presentation is to assess the students' ability to describe theoretical concepts and communicate the adopted approach to solve a practical problem in a clear fashion.

#### **Wiederholungsmöglichkeit:**

Semesterende

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

The course will assume a basic knowledge of probability concepts such as random variables and their

description (e.g., through completion of the MSc course "Risk Analysis" or "Stochastic Finite Element

Methods"). Basic knowledge of Matlab or Python is required for the exercises.

#### **Inhalt:**

After a short introduction in probability theory, different approaches to monitor a structure are introduced:

1. General introduction
2. Basics of reliability analysis
3. Reliability of maintained systems
4. Time value of money
5. Decision theory and cost-benefit analysis
6. Models of deterioration mechanisms
7. Repair and rehabilitation
8. Inspection and monitoring strategies
9. Life-cycle cost analysis (LCCA)
10. Optimization of inspection and monitoring strategies

### **Lernergebnisse:**

This course enables the student to understand, analyze and communicate the elements of life-cycle reliability and asset integrity management subject to uncertainty and randomness. Upon completion of the module, students will be able to:

- Understand the fundamental concepts and challenges in infrastructure asset integrity management
- Understand and evaluate life-time reliability, availability and risk
- Perform probabilistic evaluations of the life-time performance of aging infrastructures by Monte Carlo simulation
- Assess the reliability of maintained structures
- Perform cost-benefit-analyses of asset integrity management strategies
- Understand the time-value of money and its relevance in infrastructure management
- Understand probabilistic models of inspection and monitoring
- Understand the effect of repair and rehabilitation
- Perform a life-cycle cost analysis
- Optimize inspection strategies and monitoring
- Implement analysis methods in computational tools such as Python or Matlab

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

The course is a 1-week (5 days) block course. It consists of lectures (50%) and exercises (50%), which implement the theory to 1-2 example structures and infrastructures.

Lectures will be given partly on the black/whiteboard and partly by presentations on slides. The whiteboard allows to develop key concepts and mathematical formulations at a pace that is conducive to a deeper understanding. The presentations on slides facilitates presentation of how these concepts apply to real systems and present case-studies.

In the exercise part, the students will be asked to solve selected exercises that are drawn from one or two case studies. These case studies will be introduced at the beginning of the course and utilized throughout. Some of the exercises will require the use of suitable software tools, such as Matlab or Python. Students will be required to develop and present the solution of selected exercises in class.

### **Medienform:**

- Lectures with blackboard supported by slides

- Exercise sheets
- Matlab code examples

**Literatur:**

Bismut, E., Straub, D. 2022. A unifying review of NDE models towards optimal decision support. Structural Safety

Bismut, E., Straub, D. 2021. Optimal adaptive inspection and maintenance planning for deteriorating structural systems

more references and selected materials will be provided

**Modulverantwortliche(r):**

Max Teichgräber

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

Probabilistic life cycle analysis and integrity management of infrastructures (Vorlesung mit integrierten Übungen, 3 SWS)

Bismut E, Koutas D

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

## Modulbeschreibung

### BGU60018: Abschätzung von seltenen Ereignissen und Versagenswahrscheinlichkeiten | Estimation of Rare Events and Failure Probabilities

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2018

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Englisch	<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:

The module examination is based on a written exam (60 minutes). Students demonstrate that they have gained deep knowledge of concepts, methods and tools presented in the course. The students are expected to be able to transfer the concepts to specific problems and utilize methods and tools to solve them.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Risk Analysis/Stochastic Finite Element Methods

The course will assume a basic knowledge of probability concepts such as random variables and their description (e.g., through completion of the MSc course "Risk Analysis" or "Stochastic Finite Element Methods"). Basic knowledge of Matlab or Python is required for the exercises.

#### Inhalt:

The course introduces shortly probability theory. Then all state of the art methods to calculate the probability of rare events are introduced.

1. General introduction
2. Random variables/Random vectors

3. Rare events and reliability problems
4. Approximate reliability analysis
5. Simulation of random variables
  - 5(a). Pseudo-random sampling
  - 5(b). Rejection sampling
  - 5(c). Markov chain Monte Carlo methods
6. Simulation of rare events
  - 6(a). Monte Carlo simulation
  - 6(b). Importance sampling
  - 6(c). Cross-entropy method
7. Simulation in high dimensions
  - 7(a). Screening method
  - 7(b). Subset simulation
8. Bayesian analysis of rare events

**Lernergebnisse:**

This course enables the students to understand and implement state-of-the-art methods for estimating

probabilities of rare events. In the end of the semester the students will be able to:

- Generate random samples from arbitrary distributions
- Apply approximations to rare events and reliability problems
- Estimate efficiently rare event probabilities with sampling methods
- Estimate rare event probabilities in problems with large number of random variables
  
- Update rare event probabilities with observations
- Implement advanced simulation methods in computational tools such as Python or Matlab

**Lehr- und Lernmethoden:**

The course consists of weekly lectures. Lectures will be given partly on the black/whiteboard and partly by presentations on slides. The whiteboard allows to derive theoretical concepts and mathematical formulations at a pace that is conducive to a deeper understanding. The presentations

on slides facilitates graphical illustration of the new concepts and enables to make complex content more comprehensible.

Homework exercises will be given and their solutions will be posted in moodle. A selection of the homework exercises will be discussed in class. Some of the exercises will require the use of suitable

software tools, such as Matlab or Python. Homework exercises facilitate understanding of the taught

methods and their applicability to different problems.

**Medienform:**

- Lectures with blackboard supported by slides
- Exercise sheets

- Matlab code examples

**Literatur:**

References and selected materials will be provided

**Modulverantwortliche(r):**

Max Teichgräber

**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

### BGU60021: Risikobewertung und Systemzuverlässigkeit | Risk Assessment and Reliability of Engineering Systems [RA&SR]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2020

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> 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:

There will be a oral exam of 40 minutes duration at the end of the semester. It will be an open book exam, thus notes and aids are allowed. The student should study the problem and outline a solution during the first 20 minutes. In the subsequent 20 minutes he/she will present his/her solution and answer follow-up questions. Solutions will be discussed and examined during iterative rounds of questions. The oral examination enables the examiners to be responsive to the individual student and to evaluate the student's competences realistically.

The problems to be solved in the exam are based on the lecture contents and the exercises of the semester. The students need to be able 1) to explain main concepts in their own words and 2) to solve arithmetical problems. The students are supposed to show if and up to what extent they have understood the principles and concepts of the theory of probability and if they are able to apply these concepts to problems in the field of engineering.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Risk Analysis

#### Inhalt:

Part Risk Assessment:

1. General introduction
2. Bayesian networks
3. Utility theory
4. Decision analysis
5. Life-cycle analysis and cost-benefit analysis

6. Risk acceptance
7. Risk management

Part System Reliability:

1. General introduction
2. Time-dependent reliability
3. Binary system models
4. Fault tree and event tree analysis
5. Dependent failures
6. Physically-based system models
7. Sampling-based system reliability
8. Performance and sensitivity measures

**Lernergebnisse:**

This course enables the student to analyze, manage and communicate the reliability of and risks in civil systems and environment. Upon completion of the module, students will be able to:

- Understand reliability, risk, utility, and, decisions.
- Understand traditional tools for system reliability and risk analysis, such as fault, event and decision trees.
- Select appropriate system models for reliability assessment.
- Model complex engineering systems and decisions under uncertainty
- Identify important components and failure modes in systems.
- Assess risk acceptance criteria.
- Plan risk management for engineering systems.
- Model complex engineering systems through sampling and simulation based methods.
- Implement the methods in computational tools such as Matlab

**Lehr- und Lernmethoden:**

The course consists of lectures, including application examples, and exercises from the fields of civil, environmental, structural, mechanical and transportation engineering.

Lectures will be given on the black/whiteboard, including selected illustrations. Case studies should help the understanding of the problems. The lecture notes in PDF form will be distributed at the beginning of the semester.

Homework, accompanying the lectures, will be provided.

**Medienform:**

- Lectures with blackboard supported by slides
- Lecture notes including theory and examples
- Optional homework examples

**Literatur:**

Lecture notes and selected papers will be distributed.

**Modulverantwortliche(r):**

Herr Prof. Dr. sc. Tech. Daniel Straub [straub@tum.de](mailto:straub@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

### BV600004: Zuverlässigkeitstheorie | Structural Reliability [SR]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2011/12

<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:

The course assessment takes place as a project work. The students will solve a practical problem that requires implementation of the methods discussed in class in a computer code. The students will be evaluated based on a written project report (max. 10 pages) that documents the implemented approach and obtained results. The students will present their project in a 15-minute presentation followed by a discussion of the presented solution approach. The aim of the project is that students become familiar with the concepts discussed in class through hands-on experience. The project report will assess the students' understanding of the implemented methods and their applicability to specific problems. The purpose of the presentation is to assess the students' ability to describe theoretical concepts and communicate the adopted approach to solve a practical problem in a clear fashion.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester / Semesterende

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

The course will assume a basic knowledge of probability concepts such as random variables and their description (e.g., through completion of the BSc course Zuverlässigkeit and MSc course Risk Analysis I). Basic Matlab knowledge is an advantage.

#### Inhalt:

1. Introduction and brief review of basic probability theory
2. First Order Reliability Method
3. Risk acceptance and target reliabilities
4. System reliability
5. Monte Carlo Simulation
6. Importance sampling
7. Subset simulation

8. Response surface methods (metamodels) and coupling with FEM codes
9. Random variable elimination
10. Time variant reliability analysis
11. Final project

**Lernergebnisse:**

This course enables the student to perform reliability analysis for realistic engineered structures and systems, and to interpret the results of such analyses. At the end of the course, the student will be able to:

- Formulate the reliability problem for realistic structures.
- Establish the probabilistic model for various loadings and materials.
- Compute estimates of the failure probability of engineered systems using various approximate methods.
- Construct response surfaces for the reliability analysis of systems that are analyzed with large FEM codes.
- Assess the relative importance of random variables.
- Assess the sensitivities of the results to model assumptions.
- Update the reliability estimates with observed data.
- Perform reliability-based optimization of engineered systems

**Lehr- und Lernmethoden:**

The course will consist of lectures (50%) and numerical calculations (50%). Exercises will be performed partly using general-purpose and specialized computer software.

**Medienform:**

- lectures with blackboard supported by Powerpoint
- excercises in the computer lab using Matlab and Strurel software
- lecture notes including theory and examples
- homework examples

**Literatur:**

Lecture notes will be distributed. The following books provide useful supplemental material:

- Melchers R. (1999). Structural Reliability Analysis and Prediction. 2nd edition, John Wiley & Sons, New York
- Ditlevsen, O., and H. O. Madsen (1996), Structural Reliability Methods, John Wiley & Sons.

**Modulverantwortliche(r):**

Daniel Straub (straub@era.bv.tum.de)

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

Structural Reliability (Seminar, 2 SWS)

Straub D [L], Georgiadis D, Papaioannou I, Straub D, Teichgräber P

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

## Modulbeschreibung

### CH0300: Angewandte Biopolymere und Biomaterialien | Applied Biopolymers and Biomaterials

*Nachhaltige Polymere und Polymere in der Biomedizin & Biotechnologie*

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2022/23

<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 (90 min). Dabei soll nachgewiesen werden, dass die Studierenden in den Themen Struktur und Anwendungen von Biopolymeren und Biomaterialien eine Reihe an Grundlagen und ausgewähltes Spezialwissen erworben haben und fähig sind, zu bestimmten Fragestellungen hierzu Lösungen auszuarbeiten. In der Klausur sind keine Hilfsmittel erlaubt. Es werden Aufgaben gestellt, die mittels eines selbst formulierten Textes beantwortet werden müssen.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Vorlesung Nr.:220081443 "Makromolekulare Chemie I"

#### Inhalt:

1. Wiederholung (kurz) der Grundlagen der Polymerisationsreaktionen (Polyaddition, Polykondensation) mit Fokus Biopolymere
2. Biopolymere: Struktur und Eigenschaften
3. Nachhaltige Polymere (biobasiert, bioabbaubar, ...)
4. Polymer-Biokonjugation (synthetische Polymere und Biomoleküle)
5. Stimuli-responsive Polymere (Temperatur, pH, ...)
6. Polymere für drug delivery
7. Therapeutische Proteine und Nukleinsäuren
8. Polymere und Materialien für (orthopädische) Implantate und für Anwendungen im Mund- und Zahnbereich
9. Polymere und Materialien für die Regulierung von Zellen und für tissue engineering

10. Weitere Aspekte organischer Polymere für medizinische Anwendungen (responsive Hydrogele, Foldamere, ...)
11. Nanomedizin, Nanorobotics und Grüne Nanotechnologie (mikrodimensionale Anwendungen, in-vivo assembly, ...)
12. Pharmazeutische Anwendungen - Biokompatibilität und Toxizität (großtechnische Herstellung - Fermentation, regulatorische Anforderungen für Anwendungen in-vivo, Toxizitätstests, ...)

### **Lernergebnisse:**

Nach der erfolgreichen Teilnahme an diesem Modul sind die Studierenden in der Lage, verschiedene organische Polymere zu benennen und chemisch zu beschreiben, auf die die Eigenschaften biobasiert, biokompatibel und/oder bioabbaubar zutreffen. Verschiedene Einsatzgebiete und Anwendungen von diesen können beschrieben und differenziert werden. Außerdem lernen die Studierenden viele Anwendungen von organischen Polymeren in der Medizin (sowie vereinzelt auch in der grünen Biotechnologie) kennen, insbesondere in den Bereichen Tissue Engineering, Organersatz und drug delivery. Der Zusammenhang zwischen chemischer Struktur und Reaktivität und den Eigenschaften bzw. den Wirkungen im biomedizinischen Milieu auch im Sinne sogenannter "composite grafts" spielt dabei eine große Rolle. Zum Abschluss erfolgen noch tiefere Einblicke in die momentan industriell stark akzentuierten Themen wie die Nanotechnologie und die Betrachtungen der regulatorischen und gesetzlichen Vorgaben und Voraussetzungen für einen Einsatz am und im Menschen.

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

Das Modul besteht aus einer Vorlesung (2SWS) mit begleitender Übung (1SWS). Nach dem Vermitteln der Grundlagen von Biopolymeren und Biomaterialien werden einzelne Themen basierend auf Anwendungen in (bio)medizinischen Bereichen vertieft. Der stufenweise Stoffaufbau soll das Gelernte schneller festigen. Die Inhalte der Vorlesung werden durch Präsentationen und Tafelanschrieb vermittelt. Parallel dazu sollen die Studierenden einschlägige Lehrbuchkapitel durcharbeiten, welche zur Vertiefung auch durch weitere Literatur, z.B. ausgewählte aktuelle Journal-Artikel, ergänzt werden. Begleitend zur Vorlesung vertiefen die Studierenden das gelernte Wissen in den Übungsstunden. Hierbei werden durch spezielle Aufgabenstellungen das analytische Denken und die Literaturrecherche angeregt.

### **Medienform:**

Tafel, PowerPoint

### **Literatur:**

K. Yao, C. Tang, *Macromolecules* 2013, 46, 1689-1712: Controlled Polymerization of Next-Generation Monomers and Beyond

N. Larson, H. Ghandehari, *Chem. Mater.* 2012, 24, 840-853: Polymeric Conjugates for Drug Delivery

M. Winnacker, *Biomater. Sci.* 2017, 5, 1230-1235: Polyamides and their functionalization: recent concepts for their applications as biomaterials

B. Rieger, A. Künkel, G. W. Coates, R. Reichardt, E. Dinjus, Th.A. Zevaco (Eds.), Synthetic Biodegradable Polymers (Springer, 2012)

H. Schlaad (Ed.), Bio-synthetic Polymer Conjugates (Springer, 2013)

**Modulverantwortliche(r):**

Winnacker, Malte; 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

### CH3008: Hybridmaterialien - Struktur-Funktionsbeziehungen | Hybrid Materials - Structure-Function-Relationships

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2025/26

<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> 120	<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 dem Modul erfolgt die Überprüfung der Lernergebnisse anhand der Prüfungsform Präsentation. Die Prüfungsleistung beinhaltet eine PowerPoint-Präsentation (Dauer ca. 15 Minuten) mit Diskussion (Dauer ca. 15 Minuten), in der die Studierenden eine selbst gewählte wissenschaftliche Publikation aus dem Themengebiet "Hybrid-Materialien" vorstellen, mit Fokus auf die Themenbereiche der Anorganischen und Metall-Organischen Synthesechemie und angrenzender Bereiche (z.B. Polymerchemie, niedrigdimensionale Materialien), Materialwissenschaften bzw. Material-Analytik. Prüfungsgegenstand sind z.B. die allgemeine Thematik, Problemstellung der Publikation, Kernideen, methodische Ansätze und die Relevanz der Ergebnisse im breiten Forschungsfeld. Die Bewertung der Prüfungsleistung beruht auf der Qualität der Präsentation und der Diskussion in Bezug auf die vom Studierenden gewählten Themen vor dem Hintergrund des Gesamtzusammenhanges des Moduls.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Semesterende

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Belegung des Hauptfaches Anorganische oder Physikalische Chemie.

#### Inhalt:

Zu den Inhalten zählen Themen aus der aktuellen Forschung auf dem Gebiet der Anorganisch-/ Organischen-Hybridmaterialien unter besonderer Berücksichtigung von Koordinationspolymeren und Metall-Organischen Netzwerken, sowie verwandter Materialien; Synthese, Charakterisierung und Eigenschaften der Hybrid-Materialien in Bezug auf, beispielsweise, nachhaltige Kühlmaterialien, Gasspeicher- sowie Trennmaterialien, (Chemo-)Sensoren, elektronische und photonische Bauteile, (Photo-)Elektrokatalysatoren, neuartige Batteriematerialien.

**Lernergebnisse:**

Nach Bestehen dieses Moduls sind die Studierenden in der Lage, die Materialklasse der hybridischen, funktionellen Materialien, z.B. Koordinationspolymere im Allgemeinen, metall-organische Gerüstverbindungen und Koordinationsnetzwerke mit Perowskitstruktur im Besonderen sowie funktionelle Kompositmaterialien in einem weiteren Gesamtzusammenhang - zu überblicken und die wichtigsten Struktur-Eigenschaftsbeziehungen zu verstehen. Die Studenten sind in der Lage, sich in ein Gebiet der funktionellen Hybridmaterialien einzuarbeiten und über dieses Themenfeld vorzutragen, sowie Diskussionen zu führen und zu leiten.

**Lehr- und Lernmethoden:**

In der Lehrveranstaltung (Vorlesung mit integriertem Diskussionsseminar) werden Herausforderungen der angewandten anorganischen Chemie im Bezug auf die Chemie von Anorganisch/Organischen-Hybridmaterialien herausgearbeitet. Die Dozenten führen in den Stoff ein und für die Vorbereitung der Präsentationen werden die Studierenden dazu angeleitet, Forschungspublikationen zu recherchieren, sie zu analysieren und zu bewerten. Diese Anleitung ergibt sich aus der aktiven Teilnahme an der Lehrveranstaltung sowie durch Beratung mit einem erfahrenen Betreuer/in.

**Medienform:**

PowerPoint, e-learning (moodle)

**Literatur:**

Die Studierenden werden mit Lernmaterialien arbeiten, die von den Dozenten zur Verfügung gestellt werden, z.B. Übersichtsartikel und Powerpointfolien. Für die Präsentation stehen Originalpublikationen aus Fachzeitschriften zur Verfügung.

**Modulverantwortliche(r):**

Fischer, Roland; 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

### CH3009: Festkörpermaterialien: Vom Design über die Chemie bis zu funktionalen Bauelementen | Solid State Materials: From Design, Chemistry to Functional Devices

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2022/23

<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 wird in Form einer 90-minütigen Klausur erbracht. In der Klausur werden die Studierenden auf Basis ihrer erworbenen Fachkompetenzen komplexe Problemstellungen im Bereich Festkörpermaterialien und Synthese, Struktur-Eigenschaften Design, und deren Anwendungen im Bereich Energie (Batterien, Brennstoffzellen) und Informationstransfer (Sensoren, Memristoren für neuronale Netzwerke) geprüft.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Das Modul richtet sich an Master-Studierende der Chemie, Physik, Materialwissenschaft, Elektrotechnik oder des Maschinenbauwesens. Ein naturwissenschaftlicher oder ingenieurwissenschaftlicher Bachelorabschluss ist von Vorteil.

#### Inhalt:

Das Modul richtet sich an interessierte Studierende der Festkörpermaterialien für Anwendungen im Bereich Energie, Computing oder der Katalyse. Ebenfalls im Fokus stehen die Anwendungen der Kolloidchemie, Herstellung kristalliner und glasartiger Feststoffe und das Design von Struktur-Eigenschaften.

Dieses Modul behandelt die Exploration und Herstellung der keramischen Synthese bzw. Festkörper-Synthese, für große und kleine Bauteile, 3D Druck, nanoscale Dünnschichtherstellung welche für Mikroelektronikbauteile, Energiespeicherung und Konversion eingesetzt werden können.

**Lernergebnisse:**

Nach Bestehen des Moduls sind die Studierenden in der Lage, ihr Wissen im Bereich der Festkörpermateriale selbstständig zu vertiefen. Weiterhin sind die Studierenden in der Lage, Problemstellungen zu deren Synthese, Struktur-Eigenschaft Design, und Engineering von Festkörpermateriale für Batterien, Brennstoffzellen, neuronale Netzwerke oder Sensoren selbstständig zu lösen.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Das Modul besteht aus einer Vorlesung (2 SWS) und einer Übung (1 SWS). In der Vorlesung werden, aufbauend auf den Grundlagen eines naturwissenschaftlichen Bachelorstudiengangs, die Inhalte von Festkörperdesign, Synthese und deren Technik für Energie und Informationsanwendungen vermittelt. Die Übung ergänzt diesen Lernstoff und dient der Wiederholung und Festigung des Modulstoffs.

**Medienform:**

Tafel und Powerpoint-Folien

**Literatur:**

Geeignete Literatur wird zu Beginn der Vorlesung vom Dozierenden bekannt gegeben.

**Modulverantwortliche(r):**

Rupp, Jennifer; 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

### CH3154: Nanomaterialien | Nano Materials

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2021

<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 Prüfungsleistung wird in Form einer Klausur (90 Minuten) erbracht. Dabei zeigen die Studierenden, dass sie die unterschiedlichen Domänen der Nanomaterialien kennen und die physikalisch-chemischen Grundlagen dazu beherrschen. Die unterschiedlichen Techniken zur Herstellung von Nanomaterialien werden schriftlich wiedergegeben. Des Weiteren sollen die Studierenden mögliche Potentiale von Nanomaterialien analysieren und die Grundlagen dazu aufgreifen. Die Prüfungsfragen umfassen den gesamten Modulstoff.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Fortgeschrittene Kenntnisse und Interesse an Nanomaterialien, der anorganischen Chemie, Polymerchemie und Kolloidchemie.

#### Inhalt:

Nanomaterialien kommen in allen Domänen des Alltags vor: In biologischen und geologischen Systemen, als gezielt hergestellte Komponente moderner Materialien, sowie als Nebenprodukt menschlicher und natürlicher Prozesse. Das Modul bietet eine Einführung in folgende Themen:

- Die verschiedenen Klassen von Nanomaterialien
- Physiko-chemische Eigenschaften von Nanomaterialien
- Die Herstellung von anorganischen und organischen Nanomaterialien (verschiedene Top-Down Verfahren wie Lithographie und Bottom-Up Verfahren wie Selbstorganisation)
- Industrielle Anwendungen von chemisch hergestellten Nanomaterialien (u.a. Pigmente, Emulsionspolymere, CaCO<sub>3</sub>, Silica, Baumaterialien)
- Aktuelle Forschungstrends im Feld der Nanomaterialien

Der Schwerpunkt des Moduls liegt dabei auf chemisch-synthetischen Nanomaterialien (in der Regel Bottom-Up Verfahren), deren Herstellung, Eigenschaften und Anwendungen.

**Lernergebnisse:**

Nach erfolgreicher Teilnahme am Modul sind die Studierenden in der Lage, die verschiedenen Klassen von Nanomaterialien zu erkennen. Die Studierenden haben einen Überblick über Methoden zur Herstellung von Nanomaterialien und sind in der Lage, die Vor- und Nachteile der Herstellungsprozesse einzuordnen.

Des Weiteren sind die Studierenden in der Lage, die unterschiedlichen Eigenschaften der Nanomaterialien (wie z.B. mechanische, elektronische, thermische, optische Eigenschaften) zu erkennen und mit der Struktur zu verknüpfen. Die gängigen Techniken zur Charakterisierung von Nanomaterialien sind bekannt und können kompetent von den Studierenden auf die unterschiedlichen Klassen angewendet werden.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Das Modul besteht aus einer Vorlesung (2 SWS) und einer Übung/Praktikum (1 SWS). Innerhalb der Vorlesung werden z.B. die Inhalte durch Vortrag des Dozierenden thematisiert. Dabei unterstützen Tafelanschriften und Folien-Präsentationen die Darstellung des Lehrstoffs und tragen somit zum Verständnis der Vorlesungsinhalte bei. Durch den Vortrag des Dozierenden ist ein stufenweiser Aufbau der Modulinhalte (Grundlagen zu weiterführenden Inhalten) möglich. Die parallel zur Vorlesung stattfindende Übung soll das Verständnis der Modulinhalte ergänzen und zusätzlich fördern. In der Lernplattform Moodle werden die Unterlagen und die Übungen zur Verfügung gestellt.

**Medienform:**

PowerPoint, Tafelarbeit, Moodle

**Literatur:**

- Nanophysik und Nanotechnologie - eine Einführung in die Konzepte der Nanowissenschaft, E.L. Wolf, Wiley-VCH, 2015
- Concepts of Nanochemistry, L. Cademartiri, Wiley-VCH, 2009
- Nanochemistry - A chemical approach to nanomaterials, G. A. Ozin, RSC Publishing 2009

**Modulverantwortliche(r):**

Gädt, Torben; 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

### CH3334: Methoden der molekularen Simulation | Methods of Molecular Simulation

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2022/23

<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:

Die Modulprüfung besteht aus einer mündlichen Prüfung (Dauer: 30 Minuten) in der die Studierenden verschiedene theoretische Ansätze und Methoden der molekularen Simulation erinnern und ihre jeweiligen Anwendungsbereiche benennen sollen. Es müssen einfache Probleme durch Berechnung ohne Hilfsmittel gelöst werden.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Semesterende

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Die Module Mathematische Methoden der Chemie (CH0105, CH0112), Quantenmechanik (CH4108), und Molekulare Struktur and Statistische Mechanik (CH4113) aus dem TUM Chemie Bachelorstudium.

#### Inhalt:

1. Lokale und globale Geometrieoptimierung
2. Ab Initio Thermodynamik
3. Molekulardynamik
4. Monte Carlo Verfahren
5. Freie Energie Simulationsmethoden
6. Langzeitsimulationen und kinetisches Monte Carlo

#### Lernergebnisse:

Nach der erfolgreichen Teilnahme an diesem Modul können die Studierenden grundlegende Methoden und Algorithmen der molekularen Simulation aufzählen und deren Konzepte qualitativ beschreiben.

Sie kennen deren Anwendungsbereiche und Beiträge zur Untersuchung chemischer Fragestellungen.

Sie können die Anwendbarkeit und Einschränkungen der verschiedenen Techniken klassifizieren. Sie können die erlernten Methoden zur Durchführung einfacher Simulationen selbst einsetzen.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Das Modul besteht aus einer Vorlesung mit begleitenden Übungen (4 SWS). Die Anwesenheitszeit in der Vorlesung und den Übungen ist von vergleichbarem Umfang, um die Aneignung von konzeptionellem Wissen mit der praktischer Fähigkeiten gleichmäßig zu gewichten. Der in thematische Blöcke gegliederte Lehrstoff wird jeweils in der Vorlesung durch Frontalvortrag vermittelt. Die Studierenden vertiefen ihr Verständnis durch angeleitetes Selbststudium. Praktische Übungsaufgaben gestatten es den Studierenden, ihr Kompetenzniveau selbst einzuschätzen, ihr erworbenes Wissen gemeinsam zur Lösung von Beispielproblemen einzusetzen, sowie direktes Feedback zu erhalten.

**Medienform:**

Vorlesungsskript, Aufgabensammlung, Tafelanschrieb, PowerPoint.

**Literatur:**

- 1) C.J. Kramers, Essentials of Computational Chemistry
- 2) F. Jensen, Introduction to Computational Chemistry
- 3) D. Frenkel and B. Smit, Understanding Molecular Simulation: From Algorithms to Applications

**Modulverantwortliche(r):**

Stein, Christopher; Prof. Dr.

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

Methods of Molecular Simulation (CH3334) (Vorlesung mit integrierten Übungen, 4 SWS)

Stein C

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

## Modulbeschreibung

### ED120122: Architektonische Oberflächenmaterialien wissenschaftlich erforschen | Unveiling architectural surface materials through science

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2024/25

<b>Modulniveau:</b> Bachelor/Master	<b>Sprache:</b> Englisch	<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:

Modulprüfungen finden in Form einer schriftlichen Prüfung (Klausur, Dauer 60 Minuten) statt, bei der die Studierenden Multiple-Choice-Fragen zu den in den Vorlesungen behandelten Inhalten sowie Verständnisfragen zu Fallstudien beantworten müssen. Die Prüfungen sollen sowohl die wesentlichen Erkenntnisse aus den Vorlesungen und Übungen als auch die Fähigkeit der Studierenden, relevante Fragen zu beantworten, identifizieren. Anhand von Kurzfragen können die Prüfer überprüfen, inwieweit die Studierenden in der Lage sind, schriftliche Quellen/Literatur kritisch zu nutzen und die Methodik hinter interdisziplinären Studien zu verstehen. Während der Prüfungen erlaubte Gegenstände: Schreibutensilien, Lineal, (Online-) Englischwörterbuch.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Kenntnisse in Materialwissenschaften, Chemie und Physik.

Es wird dringend empfohlen, auch den Vortrag "Untangling architectural surface conservation" und das Seminar "Science in Cultural Heritage (Interdisciplinary thinking)" zu besuchen.

#### Inhalt:

Die Materialität architektonischer Oberflächen und die möglichen Abbauphänomene, die bei der Exposition gegenüber Schadstoffen oder Licht auftreten können, werden durch wissenschaftliche Analysen und Fallstudien erklärt. Die Studierenden machen sich mit der Chemie historischer Materialien vertraut, von Bindemitteln (anorganisch und organisch) über Füllstoffe/Zusatzstoffe bis hin zu Farbstoffen, ihren Abbaupfaden und den neuesten Technologien, die derzeit zur Dokumentation, Überwachung und Charakterisierung eingesetzt werden.

Nachhaltige technische und kulturelle Strategien zur Erhaltung komplexer historischer Objekte erfordern einen integrativen Ansatz, der wissenschaftlich fundierte Untersuchungen (Forschung, Analyse und Bewertung) und (digitale) Dokumentation kombiniert. Um interdisziplinär zusammenzuarbeiten, sollte man sich bemühen, andere ergänzende Disziplinen zu verstehen und mit ihnen vertraut zu sein. Daher werden die Studierenden in die Methoden und Strategien hinter der wissenschaftlichen Untersuchung historischer Materialien eingeführt. Die Disziplin der Konservierungswissenschaft und die Rolle der verschiedenen Berufsgruppen, die an Studien zum kulturellen Erbe beteiligt sind, werden definiert.

### **Lernergebnisse:**

Nach dem Kurs werden die Teilnehmer in der Lage sein,

- zu verstehen, warum es so wichtig ist, unser kulturelles Erbe zu bewahren.
- die Bedeutung und Wichtigkeit eines interdisziplinären Ansatzes in der Erforschung des Kulturerbes zu verstehen.
- Materialien von historischem und künstlerischem Interesse zu benennen.
- das physikochemische Verhalten historischer Materialien zu benennen und deren Abbauewege zu beschreiben.
- den Einfluss von Mikroklimabedingungen auf historische Materialien zu verstehen und das Konzept der präventiven Konservierung zu definieren.
- die derzeit angewandte und entwickelte Spitzentechnologie für Kulturerbestudien zu benennen.
- die analytischen Herausforderungen und Rahmenbedingungen bei der Untersuchung wertvoller und hochgradig heterogener Objekte/Oberflächen zu verstehen.

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

Vorlesung mit Übungen

Während der Vorlesungen wechseln wir zwischen Präsentationen (PowerPoint), Rundtischgesprächen und Gruppenarbeit.

Die Studierenden lernen die wissenschaftliche Methode anhand zweier exemplarischer Oberflächenarten kennen, nämlich Wandmalereien und Putze. Das Lesen ausgewählter wissenschaftlicher Artikel im Unterricht hilft den Studierenden, sich mit der wissenschaftlichen Methode vertraut zu machen und einen kritischen Analyseansatz zu entwickeln.

Ein Einblick in die Praxis wird durch praktische Analysedemonstrationen in den Laboren des Lehrstuhls unter Nutzung der Spitzentechnologie des insiTUMlab, der analytischen Infrastruktur für zerstörungsfreie In-situ-Studien des kulturellen Erbes, vermittelt. Diese Erfahrung gibt einen ersten Eindruck von den analytischen Herausforderungen und Rahmenbedingungen bei der Untersuchung wertvoller und stark heterogener Objekte/Oberflächen.

Damit lernen die Studierenden beispielsweise zu verstehen, warum es so wichtig ist, unser kulturelles Erbe zu bewahren und die Bedeutung und Wichtigkeit eines interdisziplinären Ansatzes in der Erforschung des Kulturerbes zu verstehen.

### **Medienform:**

PowerPoint-Präsentationen, gedruckte Materialien und Übungsblätter.

**Literatur:**

Chemistry for Restoration. Painting and Restoration Materials. Mauro Matteini, Rocco Mazzeo and Arcangelo Moles. Ed. Nardini (2016) ISBN 9788840444505

Analytical Archaeometry: Selected Topics 1. Ed. Howell Edwards (Editor), Peter Vandenabeele (Editor). RSC Publishing (2012) ISBN 978-1-84973-162-1

**Modulverantwortliche(r):**

Dr. Clarimma Sessa Prof. Dr. Thomas Danzl

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

Architektonische Oberflächenmaterialien wissenschaftlich erforschen (Seminar, 2 SWS)

Danzl T, Sessa C

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

## Modulbeschreibung

### ED140016: Computational Flow Stability and Transition | Computational Flow Stability and Transition

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2025

<b>Modulniveau:</b> Bachelor/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> 105	<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:

The examination in this module consists in (25%) the completion of weekly exercises. Students have to prove their knowledge of linear stability tools, the relevant cases of application to derive physical understanding from them and their ability to use state-of-the-art libraries

The examination in this module consists in (50%) the oral presentation of a research article.

Students have to prove their understanding of the application of the linear stability methods in research publication.

The examination in this module consists in (25%) the completion of a final project. The students have to show their ability to apply linear stability tools implemented in state-of-the-art libraries to a model problem.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester / Semesterende

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Python programmation ; Stabilit theory ; Fluid dynamics ; Hydrodynamics

#### Inhalt:

The course offers core knowledge on computational methods to solve large linear systems stemming from global operator-based analysis (stability, transient growth, sensitivity, resolvent) of physical problems, such as fluid dynamics. The course systematically progresses from the foundational derivation of the basic iterative algorithms to the use of state-of-the-art, high performance, Python libraries implementing these methods. Throughout the course, special emphasis is placed on identifying the physical knowledge that can be drawn from each the operator-based tool and the relevant cases of application.

The following content will be addressed:

1. General principles of linear stability analysis and example cases in fluid dynamics

2. Introduction to non-normality, its measure, and transient temporal growth
3. Introduction to the pseudo-spectrum of an operator and the methods to compute it. Link to the transient growth and pseudo-resonance.
4. Sensitivity of the spectrum of an operator and the methods for eigenvalues tracking
5. Introduction to sparse matrices and sparse operations
6. Iterative methods for solving large linear systems and eigenvalue problems (Richardson, Arnoldi, Lanczos, conjugate gradient) and spectral transformations
7. Use of PETSc/SLEPc libraries
8. Introduction to resolvent analysis and the action of an operator

By the course's completion, students are expected to have a comprehensive understanding of iterative computational methods applicable to global operator-based analysis and the capability to apply it to a variety of problems.

More info on the course's webpage: <https://www.epc.ed.tum.de/tfd/lehre/computational-methods-for-operator-based-analysis/>

### **Lernergebnisse:**

After successful participation in the module, students are able to

- know the linear stability tools
- recognize the relevant cases of application of linear stability tools to derive physical understanding from them
- use dedicated iterative methods for large linear systems
- provide a critical analysis on the use of iterative methods for large linear systems in research publications
- use state-of-the-art libraries implementing iterative methods for large linear systems
- apply iterative methods for large linear systems on a model problem.

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

The learning is weekly organized around a lecture and a lab session. The theoretical knowledge is delivered during the lecture, where active learning is fostered with Kahoot-type questions and small coding tasks. The theoretical knowledge is applied during the lab session to implement the methods and solve a model problem in Python. The coding tasks addressed during the lecture serve as a basis for the lab session.

The students are confronted with the application of computational methods for operator-based analysis to research problems by presenting a research article selected from a pool of pre-selected articles.

During the last third of the semester, the students will carry out a project in groups of two. The project assesses the student's capability to apply the methods learned to model problems.

### **Medienform:**

Slides and interactive exercises. Programming with Python.

### **Literatur:**

P. J. Schmid. Nonmodal Stability Theory. *Annu. Rev. Fluid Mech.*, 39:129–62, 2007.

Peter J. Schmid and Dan S. Henningson. Stability and Transition in Shear Flows. Number 142 in Applied Mathematical Sciences. Springer, New York Berlin Heidelberg, 2001. ISBN 978-1-4612-6564-1 978-0-387-98985-3. doi: 10.1007/978-1-4613-0185-1.

L.N. Trefethen and M. Embree. Spectra and Pseudospectra: The Behavior of Nonnormal Matrices and Operators. Princeton University Press, 2005.

**Modulverantwortliche(r):**

Polifke, Wolfgang; Prof. Dr.

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

Seminar on Computational Flow Stability and Transition (Seminar, 2 SWS)

Polifke W [L], Brokof P, Varillon G

Exercises on Computational Flow Stability and Transition (Übung, 2 SWS)

Polifke W [L], Brokof P, Varillon G

Computational Flow Stability and Transition (Vorlesung, 2 SWS)

Polifke W [L], Brokof P, Varillon G

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

## Modulbeschreibung

### ED170002: Microstructural Modifications through Additive Manufacturing | Microstructural Modifications through Additive Manufacturing

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2024

<b>Modulniveau:</b> Bachelor/Master	<b>Sprache:</b> Englisch	<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:

The module examination is undertaken via a 60-minute-long written exam comprised of short questions and comprehension questions. Through these, students can show their understanding on the process strategy, the correlating microstructural features and their implications on the material properties on various length scales. As such answers demand composing of self-written text to explain the facts and circumstances. Short questions may ask for concrete technical terms and their explanation.

In cases with low number of examinees, the examiner may opt for an oral examination instead. In this case, the examinees will be notified at least four weeks prior to the exam date (APSO §12 Abs. 8). The oral exam is comprised of a 30-minute-long question and answer session.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

- Knowledge in material science, technical mechanics and finite element analysis. Required basic knowledge is briefly revisited and applied to the context of additive manufacturing.
- Ability to find scientific and technical solutions to interdisciplinary problems

#### Inhalt:

- Introduction into additive manufacturing and the correlation of the process systematic with the obtained material properties
- Freedom in design, applied to geometrical and material design
- Direction dependent properties in single and poly crystals
- Basic design rules for additive manufacturing

- Material laws in FEA and their application to approximate material behaviour

Please note: The focus of this course resides within metals and metal alloys. Correlations and analogies to polymers, ceramics and composites are shown.

**Lernergebnisse:**

After successful completion of this module students are able to:

- categorise advantages and disadvantages of additive manufacturing,
- understand the origins of macroscopic anisotropy in metals,
- understand the origins of inhomogeneity in metals,
- have the knowledge on how to deliberately alter material properties through additive manufacturing,
- understand complex material laws and comprehend why these are required and when they can be applied.

**Lehr- und Lernmethoden:**

The module consists of a lecture and a laboratory exercise. The lecture is a classroom event in which the theoretical knowledge is taught. The main media for this is are lecture slides. Additionally, examples and additional explanations are developed on the blackboard. In the laboratory exercise practical examples are discussed, in which the theoretical knowledge is applied to real-world cases. The main media for the laboratory are slides, the blackboard to sketch and explain the examples, as well as live demos showing the data processing for AM fabrication and FEA approached for part design and strength verification.

**Medienform:**

- PowerPoint presentation of slides (content: pictures, diagrams)
- Further illustrations and explanations on the blackboard

**Literatur:**

- 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):**

Torgersen, Jan; Prof. Dr. techn.

**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

### EI71101: Computational Methods for Nanoelectronics: Quantum Models | Computational Methods for Nanoelectronics: Quantum Models [CMN-QM]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2022

<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> 75	<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 Modulprüfung besteht aus zwei Teilen:

- Einer schriftlichen Klausur [Gewichtung 2/3].
- Eine Projektarbeit mit Abgabe eines Berichts [Gewichtung 1/3].

Es müssen beide Teilprüfungen bestanden werden um das Modul zu bestehen.

Die schriftliche Klausur dauert 60 Minuten und es sind keine Hilfsmittel erlaubt. Die erste Hälfte der Klausur besteht aus Verständnisfragen, mit denen geprüft wird, ob die Studierenden Funktionsweisen und Zusammenhänge der quantenmechanischen Methoden verstanden haben. Die zweite Hälfte besteht aus Rechenaufgaben, mit denen geprüft wird, ob die Studierenden die erlernten Methoden zur Problemlösung anwenden können.

Die Projektarbeit besteht aus einer Simulationsaufgabe zu einer der besprochenen Methoden. Die Simulationsergebnisse sollen in einem Bericht (~4 Seiten) analysiert und diskutiert werden.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Grundlagen der Materialphysik und der Funktionsweise von nanostrukturierten Bauelementen.

- EI0636: Nanoelectronics
- EI04032: Nano- und Quantentechnologie

#### Inhalt:

Der Fokus dieses Moduls liegt darauf, den Studierenden eine detaillierte Einführung in die quantenmechanischen Methoden zur Beschreibung nano-strukturierter Bauelemente zu geben.

Der Inhalt wird in vier Teile gegliedert:

- Theoretische Einführung in die Quantenmechanik und Halbleitermaterialien.
- Einführung in die Transfermatrix-Methode und ihre Anwendung zur Berechnung von Ladungstransport in Heterostrukturen.
- Einführung in die Dichtefunktionaltheorie (DFT) und ihre Anwendung zur Relaxierung molekularer Strukturen.
- Einführung in quantenmechanische Transportmodelle (Greenschen Funktionen).

### **Lernergebnisse:**

Nach der erfolgreichen Teilnahme an diesem Modul sind die Studierenden in der Lage

- moderne, quantenmechanische Methoden zu nutzen um Quantensysteme zu lösen (Transfermatrix-Methode, Dichtefunktionaltheorie, Greensche Funktionen).
- die Theorie und die Näherungsmethoden der quantenmechanischen Methoden zu verstehen.
- zu verstehen, wie quantenmechanische Methoden in numerischen Software-Tools implementiert werden.
- quantenmechanische Methoden zu nutzen, um verschiedene Bauelemente-Architekturen zu analysieren (z.B. Heterostrukturen, molekulare Strukturen).
- quantenmechanische Methoden zu nutzen, um nano-strukturierte Bauelemente zu evaluieren.

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

Das Modul besteht aus wöchentlichen Vorlesungen und Tutorien.

In den Vorlesungen wird der Modulinhalt von einem Dozenten vorgetragen und anschließend mit den Studierenden diskutiert. Die Vorlesungen sind durch elektronische Präsentationen unterstützt. In den Tutorien lernen die Studierenden, das theoretische Wissen auf praktische Probleme anzuwenden. Hierzu dienen wöchentliche Übungsblätter mit analytischen Rechenaufgaben und numerischen Simulationsaufgaben.

### **Medienform:**

Die Vorlesungsunterlagen werden über die Moodle Plattform bereitgestellt:

- Präsentationen
- Vorlesungs-Skript
- Übungsblätter
- Zugang zu numerischen Simulations-Programmen

### **Literatur:**

- A. Szabo, N.S. Ostlund: "Modern Quantum Chemistry - Introduction to Advanced Electronic Structure Theory", Dover Publications, 1996
- S. Datta: "Electronic Transport in Mesoscopic Systems", Cambridge University Press, 1997
- C.J. Cramer: "Essentials of Computational Chemistry - Theories and Models", John Wiley & Sons, 2013 [<https://ebookcentral.proquest.com/lib/munchentech/detail.action?docID=232703>]

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

Gagliardi, Alessio; 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

### IN0008: Grundlagen: Datenbanken | Fundamentals of Databases

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2011/12

<b>Modulniveau:</b> Bachelor	<b>Sprache:</b> Deutsch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester
<b>Credits:*</b> 6	<b>Gesamtstunden:</b> 180	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 105	<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 Prüfungsleistung wird in Form einer Klausur von 90 Minuten erbracht. Wissensfragen überprüfen die Vertrautheit mit den wesentlichen Konzepten von relationalen Datenbanksystemen. Transferaufgaben und kleine Szenarien überprüfen die Fähigkeit, diese Konzepte systematisch und qualifiziert anzuwenden und zu bewerten.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Semesterende

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

IN0015 Diskrete Strukturen, IN0001 Einführung in die Informatik 1

#### Inhalt:

SQL, Datenintegrität, relationale Entwurfstheorie, physische Datenorganisation (Speicherorganisation, Indexstrukturen), Anfragebearbeitung, Transaktionsverwaltung, Grundzüge der Fehlerbehandlung (Recovery, Backup) und der Mehrbenutzersynchronisation, Sicherheitsaspekte (Autorisierung), XML-Datenmodellierung (optional)

#### Lernergebnisse:

Die Studierenden können die wesentlichen Konzepte von relationalen Datenbanksystemen anwenden und können sie systematisch und qualifiziert nutzen und bewerten.

Die Studierenden beherrschen die systematische Nutzung eines Datenbanksystems vom konzeptuellen Entwurf über den Implementationsentwurf zum physischen Entwurf. Sie können auch komplexe Anfragen in SQL formulieren und haben ein Grundverständnis der logischen und physischen Optimierung auf der Grundlage der Relationenalgebra. Weiterhin haben sie den sicheren Betrieb hinsichtlich Recovery, Mehrbenutzersynchronisation und Autorisierung verstanden.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Vorlesung: In der Vorlesung werden die Inhalte anhand von animierten Folien vorgestellt und meist anhand von einfachen Beispielen erläutert

Übung: In der Übung werden die Inhalte anhand von weiteren, komplexeren Beispielen unter Anleitung eines Betreuers eingeübt. Darüber hinaus gibt es Aufgaben zum Selbststudium, sowie eine Webschnittstelle zum Datenbanksystem HyPer zum aktiven Austesten von SQL-Anfragen und Selbststudium von Anfrageplänen.

**Medienform:**

Vorlesung mit animierten Folien, Webschnittstelle für SQL, Database Normalizer (Check von Relationendefinitionen auf Einhaltung der Normalformen), Tool Interaktive Relationale Algebra

**Literatur:**

- Alfons Kemper, André Eickler: Datenbanksysteme. Eine Einführung. 10., aktualisierte und erweiterte Auflage, Oldenbourg Verlag, 2015
- A. Kemper, M. Wimmer: Übungsbuch: Datenbanksysteme. 3. Auflage Oldenbourg Verlag, 2012
- A. Silberschatz, H. F. Korth, S. Sudarshan: Database System Concepts. Sixth Edition, McGraw-Hill, 2010

**Modulverantwortliche(r):**

Neumann, Thomas; Prof. Dr. rer. nat.

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

Grundlagen: Datenbanken (IN0008) (Vorlesung, 3 SWS)

Jungmair M, Lehner S, Neumann T, Rinderer F

Übungen zu Grundlagen: Datenbanken (IN0008) Gruppen 1-25 (Übung, 2 SWS)

Neumann T [L], Jungmair M, Lehner S, Rinderer F

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

## Modulbeschreibung

### IN2001: Algorithms for Scientific Computing | Algorithms for Scientific Computing

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2025/26

<b>Modulniveau:</b> Bachelor/Master	<b>Sprache:</b> Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Sommersemester
<b>Credits:*</b> 8	<b>Gesamtstunden:</b> 240	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 150	<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:

Type of Assessment: The exam takes the form of a 120 minutes written exam.

The examination consists of a written exam of 120 minutes in which students show that they are able to find solutions for algorithmic problems arising in the field of scientific computing in a limited time. Questions and small tasks concerning code are used to test the student's knowledge on known and related hierarchical methods as well as their ability to implement them. Example algorithms and questions are used to examine the capability of analyzing the efficiency of algorithms and the accuracy of a given method.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Semesterende

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Expected are knowledge of fundamental numerical methods (esp. for interpolation, integration and systems of linear equations), in basic calculus (esp. complex numbers, integrals) and linear algebra (matrices, vector spaces, role of basis vectors). In addition, basic knowledge of integration of multivariate functions and of fundamentals of partial differential equations is helpful.

#### Inhalt:

Discrete Fourier transform and related transforms

- FFT: derivation and implementation
- Fast discrete cosine/sine transforms: derivation and implementation via FFT
- Applications: multi-dimensional data (images, video, audio) and FFT-based solvers for linear systems of equations

Space-filling curves

- Peano- and Hilbert curves: representation by algebraic and grammatical means

- Applications: organisation of multi-dimensional data; parallel, adaptive, and cache oblivious algorithms

Hierarchical numerical methods

- Hierarchical bases for one- and multi-dimensional problems
- Computational cost versus accuracy; Sparse Grids
- Adaptive representation of continuous data
- Applications: numerical quadrature, differential equations
- Outlook: multigrid methods, wavelets

**Lernergebnisse:**

At the end of the module, students are able to identify, explain, and implement selected hierarchical methods that are of particular interest to the informatical aspects of scientific computing because of their algorithmic structure and their significance for practical applications.

Participants can analyse and judge the efficiency of such methods by deriving statements about the required computational cost and - where applicable - the achieved accuracy and by comparing them with corresponding results for other methods.

The students are able to transfer the methodology to new methods for related problems.

**Lehr- und Lernmethoden:**

This module comprises lectures and accompanying tutorials. The contents of the lectures will be taught by talks and presentations.

Students will be encouraged to study literature and to get involved with the topics in depth. In the tutorials, concrete problems will be solved - partially in teamwork - and selected examples will be discussed.

**Medienform:**

Slides, whiteboard, exercise sheets

**Literatur:**

- W.L. Briggs, Van Emden Henson, The DFT - An Owner's Manual for the Discrete Fourier Transform, SIAM, 1995
- Charles van Loan, Computational Frameworks for the Fast Fourier Transform, SIAM, 1992
- M. Bader, Space-Filling Curves - An Introduction with Applications to Scientific Computing, Springer-Verlag, 2013
- H. Sagan, Space-Filling Curves, Springer-Verlag, 1994
- H.-J. Bungartz, Skript Rekursive Verfahren und hierarchische Datenstrukturen in der numerischen Analysis, [http://www5.in.tum.de/lehre/vorlesungen/algowiss/Bungartz\\_HierVerf.ps.gz](http://www5.in.tum.de/lehre/vorlesungen/algowiss/Bungartz_HierVerf.ps.gz)
- H.-J. Bungartz, M. Griebel: Sparse Grids, Acta Numerica, Volume 13, p. 147-269. Cambridge University Press, May 2004

**Modulverantwortliche(r):**

Bungartz, Hans-Joachim; Prof. Dr. rer. nat. 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

### IN2023: Bildverstehen I: Methoden der industriellen Bildverarbeitung | Image Understanding I: Machine Vision Algorithms

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2011/12

<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 Prüfungsleistung wird in Form einer Klausur von 60 Minuten erbracht. Anwendungsaufgaben überprüfen die Fähigkeit, realistische Anwendungen der industriellen Bildverarbeitung zu analysieren, zu bewerten und zu entwickeln. Wissensfragen überprüfen die Vertrautheit mit den Hardware-Komponenten und Algorithmen der industriellen Bildverarbeitung sowie die Angemessenheit der Auswahl der Hardware-Komponenten und Algorithmen zur Lösung einer bestimmten Anwendung.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Semesterende

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Das Modul setzt grundlegende Kenntnisse der folgenden Gebiete voraus: Lineare Algebra (lineare Transformationen zwischen Vektorräumen in Matrixalgebra), Analysis (Reihen, Differentiation und Integration ein- und zweidimensionaler Funktionen).

#### Inhalt:

Das Modul gibt eine detaillierte Beschreibung der praxisrelevanten Methoden und Algorithmen, die zur Lösung von Anwendungen in der industriellen Bildverarbeitung verwendet werden. Die Auswahl der Verfahren orientiert sich an den häufigsten Einsatzgebieten der Bildverarbeitung in der Industrie: Lageerkennung, Form- und Maßprüfung und Objekterkennung. Der Schwerpunkt der Vorlesung ist die Beschreibung der Verfahren und ihrer Grundlagen. Beispiele aus der Praxis zeigen die typischen Anwendungen, in denen die vorgestellten Verfahren eingesetzt werden. Im einzelnen werden folgende Themenbereiche behandelt:

- Bildaufnahme
- Bildverbesserung
- Segmentation und Merkmalsextraktion

- Morphologie
- Kantenextraktion
- Segmentierung und Anpassung von geometrischen Primitiven
- Kamerakalibrierung
- Template Matching
- Stereo-Rekonstruktion

**Lernergebnisse:**

Nach Bestehen des Moduls verstehen die Teilnehmer die wesentlichen Hardware-Komponenten eines industriellen Bildverarbeitungssystems, sowie die Theorie, Datenstrukturen und Implementierung der wichtigsten Algorithmen der industriellen Bildverarbeitung. Sie sind in der Lage, Bildverarbeitungsaufgaben zu analysieren und zu bewerten und können diese Kenntnisse und Fähigkeiten nutzen, um industrielle Bildverarbeitungsanwendungen zu entwickeln.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Vorlesung (Präsentation von Folien und Vorstellung interaktiver Beispiele)

**Medienform:**

PowerPoint

**Literatur:**

Carsten Steger, Markus Ulrich, Christian Wiedemann: Machine Vision Algorithms and Applications; Wiley-VCH, Weinheim, 2007

**Modulverantwortliche(r):**

Cremers, 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

### IN2118: Database Systems on Modern CPU Architectures | Database Systems on Modern CPU Architectures

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2024

<b>Modulniveau:</b> Bachelor/Master	<b>Sprache:</b> Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Sommersemester
<b>Credits:*</b> 6	<b>Gesamtstunden:</b> 180	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 105	<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 Prüfungsleistung wird in Form einer Klausur ohne Hilfsmittel erbracht; die Prüfungsdauer beträgt 90 Minuten.

Wissensfragen überprüfen die Vertrautheit mit der Interaktion von Datenbanksystemen/-algorithmen mit modernen Rechnerarchitekturen. Transferaufgaben überprüfen die Vertrautheit mit der Entwicklung von Interna von Datenbanksystemen für moderne Rechnerarchitekturen. Kleine Szenarien überprüfen die Fähigkeit, Interna des Datenbanksystems für den gewinnbringenden Einsatz moderner Rechnerarchitekturen zu modifizieren.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Semesterende

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

IN0004 Einführung in die Rechnerarchitektur, IN0008 Grundlagen: Datenbanken, Bachelor (empfohlen)

#### Inhalt:

- Architektur moderner CPUs und die Speicherhierarchie
- Cache-Speicher, TLB, assoziative Speicher
- Sprungvorhersage in CPUs
- Sequentieller und randomisierter Speicherzugriff
- Speicherzugriffsmuster bei der Anfrageauswertung in RDBMS
- Tupelspeicherung in relationalen DBMS (RDBMS)
- Vertikal fragmentierte RDBMS und Anfrageauswertung
- Cache-bewusste Datenbank-Algorithmen (z.B. Joins, Sortierung)
- Hauptspeicherdatenbanksysteme
- Kompression zur Datendurchsatzsteigerung

**Lernergebnisse:**

Die Studierenden

- verstehen die Interaktion von Datenbanksystemen/-algorithmen und modernen Rechnerarchitekturen (hier: CPU, Cache, Primärspeicher) und
- lernen, wie die Interna von Datenbanksystemen zu entwickeln bzw. zu modifizieren sind, um die Eigenschaften dieser Rechnerarchitekturen mit Gewinn nutzen zu können.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Das Modul wird als Vorlesung mit begleitender Übungsveranstaltung angeboten.

In der Vorlesung werden die Inhalte im Vortrag durch anschauliche Beispiele sowie durch Diskussion mit den Studierenden vermittelt. Die Vorlesung soll den Studierenden dabei auch als Motivation zur eigenständigen inhaltlichen Auseinandersetzung mit den Themen sowie zum Studium der Literatur dienen.

Jeweils passend zu den Vorlesungsinhalten werden in den Übungsveranstaltungen Aufgabenblätter angeboten, die die Studierenden zur selbstständigen Kontrolle sowie zur Vertiefung der gelernten Methoden und Konzepte nutzen sollen. Die Arbeit daran erfolgt selbstständig in Kleingruppen. Diese Kleingruppen bearbeiten auch Programmieraufgaben, später kleine Projekte, die abgegeben, kommentiert und bewertet sowie in der Übungsveranstaltung diskutiert werden.

**Medienform:**

Vorlesung mit animierten Folien

**Literatur:**

- John L. Hennessy & David A. Patterson. Computer Architecture: A Quantitative Approach. 4th Edition, Morgan Kaufmann, 2007
- Theo Härder, Erhard Rahm. Datenbanksysteme: Konzepte und Techniken der Implementierung. Springer, Berlin; 2nd ed.
- Hector Garcia-Molina, Jeff Ullman, Jennifer Widom. Database Systems: The Complete Book
- D. E. Knuth. The Art of Computer Programming Volume III

**Modulverantwortliche(r):**

Neumann, Thomas; 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

### IN2298: Advanced Deep Learning for Physics | Advanced Deep Learning for Physics

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2018

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> 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:

Over the course of the semester, students can voluntarily work on four different exercise assignments. The exercises topics include key steps of neural network modeling for simulations. They include algorithms such as pressure projection, implicit solving of partial differential equations, and representing physics problems with neural networks. These exercises are also the primary means for students to demonstrate that they can implement the algorithms of the lecture with python and the C++ programming languages.

The examination takes the form of a written test with a duration of 90 minutes. General knowledge questions check whether the students are familiar with the deep learning concepts, physicals simulations, and discrete representations. Completion of the voluntary exercises will give a grade bonus upon passing the exam.

Model calculations on paper are used to test whether students have acquired knowledge to perform the central solving steps, such as derivative calculations, material transport, time propagation, and internal force evaluation. Short programming tasks with pseudo-code check their ability to solve simple learning and physics problems with suitable algorithms, and their ability to develop suitable solving methods.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Semesterende

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

MA0902 Analysis für Informatiker

MA0901 Lineare Algebra für Informatiker

IN0037 Physikalische Grundlagen für Computerspiele

## IN2346 Introduction to Deep Learning

### **Inhalt:**

Navier-Stokes equations and physics of fluids, finite difference discretizations, advection schemes and their stability properties, Poisson problems, numerical iterative solvers for systems of linear equations, surface representations, and boundary conditions; Physics of elastic materials, stress-strain relationships, finite-element modeling, types of basis functions, tetrahedral meshing, plasticity and fracture.

### **Lernergebnisse:**

This course targets deep learning techniques and numerical simulation algorithms for materials such as fluids and deformable objects. In particular, this course will focus on advanced deep learning concepts such as generative models and time series prediction, with possible applications in the context of computer graphics or vision. After taking this course the students have gained knowledge about the underlying concepts for deep learning algorithms. They are familiar with topics such as auto-encoders, adversarial training, recurrent neural networks, and specialized loss functions.

In addition they know about the physical principles of elastic and plastic materials, with an emphasis on fluids: conservation of mass and momentum, divergence free motion, and vorticity. Students can explain common discrete and continuous representations of the phenomena, such as phase functions, level-sets and Cartesian or tetrahedral meshes.

The core component of this lecture are numerical algorithms to work with partial differential equations. Students can memorize the steps of the algorithms and are able to apply the learned techniques such as computing loss function derivatives, finite-difference discretizations, explicit and implicit integration, in new contexts. They are able to construct working training algorithms, by choosing suitable activation and loss functions, and can choose the right network architecture for different regression / generation tasks. Additionally, students are able to evaluate learning and simulation algorithms in terms of accuracy and computational complexity. Given a set of specific requirements of a problem they can construct a solver based on the different components discussed in the lecture.

In the homework assignments they have acquired practical experience implementing central components of these solvers in a high-level programming language, and they have gained experience working with software APIs implementing higher level functionality.

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

This course is presented with lectures consisting of digital slides, supported by blackboard materials for mathematical topics. These materials are combined with demo applications, videos of real phenomena and digital simulations, and experiments. The experiments and bi-weekly "physics fact" challenges

encourage students to actively participate during the lectures. The exercise assignments are non-mandatory, and are worked on in groups of two to four students.

**Medienform:**

Powerpoint course slides, white board, experiments, online tutorials, source code

**Literatur:**

- I. Goodfellow, Deep Learning, MIT Press, 2017
- Robert Bridson, Fluid Simulation for Computer Graphics, AK Peters, 2007
- D. Baraff, A. Witkin: Physically Based Modeling, SIGGRAPH course notes, 1997

**Modulverantwortliche(r):**

Thürey, Nils; 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

### IN2346: Introduction to Deep Learning | Introduction to Deep Learning

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2018

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> 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:

- Written test of 90 minutes at the end of the course.
- After each practical session, the students will have to provide the written working code to the teaching assistant for evaluation. The students will be awarded a bonus in case they successfully complete all practical assignments.

The exam takes the form of a written test. Questions allow to assess acquaintance with the basic concepts and algorithms of deep learning concepts, in particular how to train neural networks. Students demonstrate the ability to design, train, and optimize neural network architectures, and how to apply the learning frameworks to real-world problems (e.g., in computer vision). An important aspect for the student is to understand the basic theory behind the training process, which is mainly coupled with optimization strategies involving backprop and SGD. Students can use networks in order to solve classification and regression tasks (partly motivated by visual data).

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Programming knowledge is expected. At least one programming language should be known, preferably Python.

MA0902 Analysis for Informatics

MA0901 Linear Algebra for Informatics

#### Inhalt:

- Introduction to the history of Deep Learning and its applications.
- Machine learning basics 1: linear classification, maximum likelihood
- Machine learning basics 2: logistic regression, perceptron

- Introduction to neural networks and their optimization
- Stochastic Gradient Descent (SGD) and Back-propagation
- Training Neural Networks Part 1:  
regularization, activation functions, weight initialization, gradient flow, batch normalization, hyperparameter optimization
- Training Neural Networks Part 2: parameter updates, ensembles, dropout
- Convolutional Neural Networks, ConvLayers, Pooling, etc.
- Applications of CNNs: e.g., object detection (from MNIST to ImageNet), visualizing CNN (DeepDream)
- Overview and introduction to Recurrent networks and LSTMs
- Recent developments in deep learning in the community
- Overview of research and introduction to advanced deep learning lectures.

**Lernergebnisse:**

Upon completion of this module, students will have acquired theoretical concepts behind neural networks, and in particular Convolutional Neural Networks, as well as experience on solving practical real-world problems with deep learning. They will be able to solve tasks such as digit recognition or image classification.

**Lehr- und Lernmethoden:**

The lectures will provide extensive theoretical aspects of neural networks and in particular deep learning architectures; e.g., used in the field of Computer Vision.

The practical sessions will be key, students shall get familiar with Deep Learning through hours of training and testing. They will get familiar with frameworks like PyTorch, so that by the end of the course they are capable of solving practical real-world problems with Deep Learning.

**Medienform:**

Projector, blackboard, PC

**Literatur:**

- Slides given during the course
- [www.deeplearningbook.org](http://www.deeplearningbook.org)

**Modulverantwortliche(r):**

Nießner, Matthias; Prof. Dr.-Ing.

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

Introduction to Deep Learning (IN2346) (Vorlesung mit integrierten Übungen, 4 SWS)  
Nießner M [L], Chen Y, Höllein L, Lange U, Li H, Nießner M, Schmidt J, Weitz S, Yeshwanth C  
Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](http://campus.tum.de) oder [hier](#).

## Modulbeschreibung

### MA5610: Statistical Inference for Stochastic Biochemical Processes | Statistical Inference for Stochastic Biochemical Processes [PE 2]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2016

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> 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:

The exam will be in written form (90 min) if more than 15 students participate, otherwise the exam will be in oral form (20 min). The students will be asked to model simple stochastic biochemical processes, to describe simulation algorithms / approaches and to apply parameter optimisation and uncertainty analysis techniques discussed in the course. In addition, the students will be expected to be able 1) to assess the appropriateness of a simulation / estimation algorithm for a given problem, 2) to analyse estimation results and 3) to transfer the acquired knowledge to similar problems. To evaluate the programming skills, the students will be asked to write pseudo code for the implementation of an algorithm / a method. The students will be allowed to use any printed material (lecture notes, books, etc.).

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Semesterende

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Bachelor in mathematics, bioinformatics, statistics or related fields. Basic MATLAB programming skills.

The course Parameter Inference for Stochastic and Deterministic Dynamic Biological Processes (WS2012/13) is recommended.

#### Inhalt:

- 1) Reaction rate equation models (ODEs) -> 3 lectures
  - 1.1) Review of fundamentals
    - Local and global optimization
    - Identifiability and uncertainty analysis
    - Asymptotic confidence intervals
    - Bayesian parameter estimation

- 1.2) Introduction to model discrimination
  - Likelihood ratio test
  - Akaike information criterion (AIC)
  - Bayesian information criterion (BIC)
  - Bayes factors
- 2) Structured population models (PDEs) -> 4 lectures
  - 2.1) Introduction of different modeling approaches
    - division-structured population models
    - age-structured population models
    - label-structured population models
  - 2.2) Bayesian parameter estimation for proliferating cell population
  - 2.3) Model selection
- 3) Stochastic chemical kinetics (MJP, CME) -> 6 lectures
  - 3.1) Stochastic modeling using the Chemical Master Equation
  - 3.2) Bayesian parameter estimation and uncertainty analysis
    - Likelihood-based methods
    - Likelihood-free methods
  - 3.3) Parameter estimation using the moment equation
    - Introduction of the moment equation
    - Likelihood function and estimation
  - 3.4) Model selection
- 4) Summary and Outlook -> 1 lectures

### **Lernergebnisse:**

After the course, the participants can:

1. model deterministic and stochastic biological processes.
2. simulate deterministic and stochastic biological processes MATLAB.
3. solve parameter estimation problems and model selection problems.
4. analyze the uncertainty of parameter estimates.
5. critically evaluate parameter estimation and model selection procedures.

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

The module consists of a series of lectures and exercises. In the lectures, theoretical principles and examples are presented. In the exercise sessions, problems which illustrate the topics of the lectures are discussed and applied. To establish the link to praxis, the students will implement in the exercise sessions their algorithms, run the analysis and analyse the results.

### **Medienform:**

blackboard and slides

### **Literatur:**

announced during course

**Modulverantwortliche(r):**

Theis, Fabian; 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

### MW0040: Fertigungstechnologien | Production Engineering

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2023

<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> 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 ist erfolgt als schriftliche Klausur (Bearbeitungsdauer 90 Minuten). Als Hilfsmittel kann ein nicht programmierbarer Taschenrechner verwendet werden.

Anhand von Verständnisfragen und Rechenaufgaben demonstrieren die Studierenden, dass sie ausgewählte Fertigungsverfahren in die 6 Hauptgruppen nach DIN 8580 einordnen können und die zugrundeliegenden Funktionsprinzipien mit deren Möglichkeiten und Limitierungen erläutern können. Weiterhin wird überprüft, ob sie die benötigten Anlagen, übliche Werkstoffe und Werkzeuge interpretieren sowie typische Schadensbilder klassifizieren können. Die Studierenden berechnen verschiedene technisch und wirtschaftlich relevante Größen und Parameter anhand von gegebenen Praxisbeispielen. Darüber hinaus sollen einzelne Prozessschritte einer Fertigungskette hinsichtlich der Kriterien Wirtschaftlichkeit, technische Umsetzbarkeit und geforderten Bauteileigenschaften definiert werden.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

ab dem 5. Semester

#### Inhalt:

Die Vorlesung Fertigungstechnologien findet in Zusammenarbeit der Institute iwb (Prof. Zäh) und utg (Prof. Volk) statt. Die Lehrveranstaltung beschäftigt sich mit Verfahren zur Herstellung von fertigen Werkstücken aus dem Maschinenbau. Die erste Vorlesungshälfte gibt einen Überblick über die unterschiedlichen Möglichkeiten, feste Körper zu erzeugen (Urformen). Die Weiterverarbeitung dieser Werkstücke durch verschiedenste Umform- und spanlose Trennverfahren wird behandelt. Es werden Verfahren vorgestellt, mit denen Werkstücke durch Aufbringen von Beschichtungen und die gezielte Beeinflussung der Werkstoffeigenschaften an konkrete Anwendungsfälle angepasst werden können. Bei den folgenden Terminen werden

zunächst die Grundlagen der spanenden Fertigungsverfahren und die Grundlagen der Zerspanung behandelt. Im Anschluss daran werden Fertigungsverfahren, welche zur Gruppe "Trennen" zählen, vorgestellt. Danach wird das Rapid Manufacturing erläutert, d. h. schicht-weise aufbauende (additive) Verfahren. Des Weiteren beschäftigt sich die Vorlesung mit dem Wandel der Produktion durch den Einfluss der Informationstechnologie und mit einem Überblick über verschiedene Fügeverfahren (Kraftschluss, Formschluss, Stoffschluss). Die Vorlesung schließt mit den Kapiteln Prozessüberwachung und Qualitätsmanagement, welche anhand der erläuterten Verfahren Anwendungsbeispiele aus der Industrie und der aktuellen Forschung aufzeigen.

### **Lernergebnisse:**

Nach Teilnahme am Modul sind die Studierenden in der Lage,

- die 6 Hauptgruppen nach DIN 8580 zu nennen und diesen die einzelnen Fertigungsverfahren zuzuordnen.
- die den Fertigungsverfahren zugrundeliegenden Funktionsprinzipien zu erklären, deren Möglichkeiten und Limitierungen zu erläutern, die verwendeten Anlagen, Werkstoffe und Werkzeuge zu beschreiben, typische Schadensbilder zu klassifizieren und Zusammenhänge herauszuarbeiten.
- technische und wirtschaftliche Berechnungs- und Bewertungsmethoden anzuwenden, um die Grundlage für den Vergleich einzelner Fertigungsverfahren zu bilden und eine fertigungsgerechte Bauteilauslegung abzuleiten.
- einzelne Prozessschritte einer Fertigungskette hinsichtlich der Kriterien Wirtschaftlichkeit, technische Umsetzbarkeit und geforderte Bauteileigenschaften zu bewerten und den Anforderungen entsprechend auszuwählen.
- aktuelle Trends in Forschung und Entwicklung zu nennen und den Unterschied zum industriellen Stand der Technik darzulegen.

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

Das Modul besteht aus einer Vorlesung und einer Übung. In der Vorlesung werden die theoretischen Grundlagen der Fertigungstechnologien anhand eines Vortrages (Power Point Präsentation) vermittelt. Den Studierenden wird ein Vorlesungsskriptum zur Verfügung gestellt, das sie mit eigenen Notizen ergänzen können.

In der Übung werden anhand von Rechenbeispielen, Präsentationen und Gruppenarbeit praxisnah und anwendungsorientiert die Grundlagen und das Wissen angewendet. Durch Filme und Anschauungsobjekte wird der Lerneffekt gezielt verstärkt.

So sollen die Studierenden beispielsweise lernen, technische und wirtschaftliche Berechnungs- und Bewertungsmethoden anzuwenden, um die Grundlage für den Vergleich einzelner Fertigungsverfahren zu bilden und eine fertigungsgerechte Bauteilauslegung abzuleiten sowie einzelne Prozessschritte einer Fertigungskette hinsichtlich der Kriterien Wirtschaftlichkeit, technische Umsetzbarkeit und geforderte Bauteileigenschaften zu bewerten und den Anforderungen entsprechend auszuwählen.

**Medienform:**

Eingesetzte Medien: Vorlesungsskript, PowerPoint-Präsentation, Übungsaufgaben, praxisnahe und anwendungsorientierte Vermittlung der Vorlesungsinhalte durch Filme und Anschauungsobjekte.

**Literatur:**

1. König, Klocke: Fertigungsverfahren, Springer-Verlag;
2. Westkämper, Warnecke: Einführung in die Fertigungstechnik, Teubner-Verlag;
3. Spur, Stöferle: Handbuch der Fertigungstechnik, Carl Hanser Verlag;
4. Schuler: Handbuch der Umformtechnik, Springer-Verlag Berlin Heidelberg;
5. Vorlesungsskript;
6. DIN 8580: Fertigungsverfahren;
7. Zäh, Wirtschaftliche Fertigung mit Rapid-Technologien, Carl Hanser Verlag

**Modulverantwortliche(r):**

Zäh, Michael; Prof. Dr.-Ing.

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

Fertigungstechnologien Übung (Übung, 1 SWS)

Zäh M, Volk W, Siebert L, Geng P

Fertigungstechnologien (Vorlesung, 2 SWS)

Zäh M, Volk W, Tesch M, Geng P

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

## Modulbeschreibung

### **MW0254: Werkstoffe für Motoren und Antriebssysteme: Luftstrahlantriebe, extreme Anforderungen an besondere Materialien | Materials for Engines and Propulsion Systems: Jet Engines, Extreme Requirements on Special Materials [WfMuA - L]**

*Extreme Anforderungen an besondere Materialien*

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2011/12

<b>Modulniveau:</b> Bachelor/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 Fragen orientieren sich an der Foliensammlung zur Vorlesung. Es wird darauf geachtet, dass die Teilnehmer insbesondere die aus dem Skript in der Vorlesung herausgearbeiteten Schwerpunkte und Grundprinzipien verstanden haben und reproduzieren können. Darüberhinaus wird die Fähigkeit zum Transfer des Wissens geprüft.

#### **Wiederholungsmöglichkeit:**

Semesterende

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

- Absolviertes Bachelorstudium (Maschinenwesen, Chemieingenieurwesen, Physik, Materialkunde, Ingenieurwissenschaften)
- Grundlagenkenntnisse / -ausbildung in den Gebieten Mathematik, Physik, Technische Mechanik, Werkstoffkunde
- Dazu ist insbesondere eine erfolgreiche Absolvierung der Module Werkstoffkunde I und II erforderlich
- Fähigkeit zur Erkennung von grundlegenden Zusammenhängen und zum Transfer des Wissens

#### **Inhalt:**

Fliegende Triebwerke nehmen hinsichtlich der Anforderungen an die verwendeten Werkstoffe eine Sonderrolle ein. Diese begründet sich u.a. in der Kombination extremer Belastungen verschiedener Art mit sehr hohen Sicherheitsvorschriften. Es wird dargestellt, zur Wahl welcher besonderen Werkstoffe diese Umstände führen, welche Charakteristika die Materialien in

Eigenschaft und Herstellung kennzeichnen und welche spezifischen Kenntnisse mit welchen Mitteln bereitzustellen sind. Basierend auf aktuellen Trends der Triebwerksbranche werden laufende und zukünftige Neuentwicklungen im Werkstoffbereich abgeleitet und demonstriert. Mit Beispielen und Hardware aus Entwicklung und Anwendung sollen die Inhalte illustriert und vertieft werden. Dazu ist auch eine Exkursion zur MTU Aero Engines vorgesehen. Begleitend zur Darstellung der technischen Inhalte wird auf die Rolle der Werkstofftechnik und notwendige Verhaltensmuster der Ingenieure in Maschinenbauunternehmen eingegangen.

### **Lernergebnisse:**

Nach Teilnahme an den Lehrveranstaltungen des Moduls sind die Studierenden in der Lage:

- die Grundprinzipien verschiedener Luftstrahltriebwerkssysteme zu verstehen
- die Spezifika der Triebwerksindustrie und der Werkstofftechnik in dieser Industrie zu verstehen
- die Anforderungen an Werkstoffe in Luftstrahltriebwerken zu verstehen
- sich an die in Flugtriebwerken verwendeten Werkstoffklassen zu erinnern und deren Auswahl zu verstehen
- die werkstofftechnischen Besonderheiten dieser Werkstoffklassen verstehen
- das Erlernte zur Auswahl für den Betrieb geeigneter Materialien anzuwenden
- die technischen Betriebsbelastungen im Flugtriebwerk zu verstehen und im Prinzip zu analysieren
- Zielsetzungen für Materialentwicklungen zu schaffen

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

- Siehe auch: "Medienformen" (Vortrag an Hand einer Power-Point-Präsentation mit ergänzenden Erläuterungen an der Tafel sowie Gruppenübung und Werksführung bei MTU)
- Eigenstudium (Lernen) der Fachbegriffe und grundlegenden Zusammenhänge
- Nachvollziehen der Schlüsse und Rechnungen aus der Lehrveranstaltung
- Ergänzen des Lehrstoffes durch Studium der empfohlenen Literatur
- Diskussion des Erlernten mit Kommilitonen

### **Medienform:**

- Powerpointpräsentation von Folien (Inhalt: Text, Bilder, Diagramme), verfügbar als Skriptum im Univis-System
- Ergänzende Erläuterungen an der Tafel
- Videos von Tests und zur Produktion von Triebwerken und Bauteilen
- Gruppenübung zur Identifikation von als Hardware vorliegenden Bauteile aus verschiedene Positionen im Triebwerk und aus verschiedenen Werkstoffen
- Werksführung bei MTU (Vortrag zu MTU, MTU-Museum mit Triebwerken, Fertigungshallen)

### **Literatur:**

- Foliensammlung zu der Lehrveranstaltung
- Schwerpunkt Werkstoffe und Werkstoffmechanik allgemein: M.F. Ashby, D.R.H. Jones, Ingenieurwerkstoffe , R. Bürgel, Festigkeitslehre und Werkstoffmechanik , Tabellenbuch Metall
- Schwerpunkt Titan: G. Lütjering, J.C. Williams, Titanium

- Schwerpunkt Werkstoffe für hohe Temperaturen (inkl. Schichten): G.W. Meetham, M.H. Van der Voorde, Materials for High Temperature Applications , M.J. Donachie, S.J. Donachie, "Superalloys", C.T. Sims, N.S. Stoloff, W.C. Hagel, "Superalloys II"
- Schwerpunkt Verfahren: P. Adam, Fertigungsverfahren von Turbotriebwerken
- Schwerpunkt technische Mechanik: I. Szabo, Einführung in die Technische Mechanik , K. Magnus, H.H. Müller, Grundlagen der Technischen Mechanik , E. Becker, W. Bürger, Kontinuumsmechanik
- Schwerpunkt Materialsymmetrien und Tensordarstellung: S. Haussühl, Kristallgeometrie , Kristallstrukturbestimmung und Kristallphysik , W. Kleber, Einführung in die Kristallographie
- Schwerpunkt Triebwerkstechnik: K. Hünecke, Flugtriebwerke

**Modulverantwortliche(r):**

Torgersen, Jan; Prof. Dr. techn.

**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

### **MW0254: Werkstoffe für Motoren und Antriebssysteme: Luftstrahlantriebe, extreme Anforderungen an besondere Materialien | Materials for Engines and Propulsion Systems: Jet Engines, Extreme Requirements on Special Materials [WfMuA - L]**

*Extreme Anforderungen an besondere Materialien*

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2011/12

<b>Modulniveau:</b> Bachelor/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 Fragen orientieren sich an der Foliensammlung zur Vorlesung. Es wird darauf geachtet, dass die Teilnehmer insbesondere die aus dem Skript in der Vorlesung herausgearbeiteten Schwerpunkte und Grundprinzipien verstanden haben und reproduzieren können. Darüberhinaus wird die Fähigkeit zum Transfer des Wissens geprüft.

#### **Wiederholungsmöglichkeit:**

Semesterende

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

- Absolviertes Bachelorstudium (Maschinenwesen, Chemieingenieurwesen, Physik, Materialkunde, Ingenieurwissenschaften)
- Grundlagenkenntnisse / -ausbildung in den Gebieten Mathematik, Physik, Technische Mechanik, Werkstoffkunde
- Dazu ist insbesondere eine erfolgreiche Absolvierung der Module Werkstoffkunde I und II erforderlich
- Fähigkeit zur Erkennung von grundlegenden Zusammenhängen und zum Transfer des Wissens

#### **Inhalt:**

Fliegende Triebwerke nehmen hinsichtlich der Anforderungen an die verwendeten Werkstoffe eine Sonderrolle ein. Diese begründet sich u.a. in der Kombination extremer Belastungen verschiedener Art mit sehr hohen Sicherheitsvorschriften. Es wird dargestellt, zur Wahl welcher besonderen Werkstoffe diese Umstände führen, welche Charakteristika die Materialien in

Eigenschaft und Herstellung kennzeichnen und welche spezifischen Kenntnisse mit welchen Mitteln bereitzustellen sind. Basierend auf aktuellen Trends der Triebwerksbranche werden laufende und zukünftige Neuentwicklungen im Werkstoffbereich abgeleitet und demonstriert. Mit Beispielen und Hardware aus Entwicklung und Anwendung sollen die Inhalte illustriert und vertieft werden. Dazu ist auch eine Exkursion zur MTU Aero Engines vorgesehen. Begleitend zur Darstellung der technischen Inhalte wird auf die Rolle der Werkstofftechnik und notwendige Verhaltensmuster der Ingenieure in Maschinenbauunternehmen eingegangen.

### **Lernergebnisse:**

Nach Teilnahme an den Lehrveranstaltungen des Moduls sind die Studierenden in der Lage:

- die Grundprinzipien verschiedener Luftstrahltriebwerkssysteme zu verstehen
- die Spezifika der Triebwerksindustrie und der Werkstofftechnik in dieser Industrie zu verstehen
- die Anforderungen an Werkstoffe in Luftstrahltriebwerken zu verstehen
- sich an die in Flugtriebwerken verwendeten Werkstoffklassen zu erinnern und deren Auswahl zu verstehen
- die werkstofftechnischen Besonderheiten dieser Werkstoffklassen verstehen
- das Erlernte zur Auswahl für den Betrieb geeigneter Materialien anzuwenden
- die technischen Betriebsbelastungen im Flugtriebwerk zu verstehen und im Prinzip zu analysieren
- Zielsetzungen für Materialentwicklungen zu schaffen

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

- Siehe auch: "Medienformen" (Vortrag an Hand einer Power-Point-Präsentation mit ergänzenden Erläuterungen an der Tafel sowie Gruppenübung und Werksführung bei MTU)
- Eigenstudium (Lernen) der Fachbegriffe und grundlegenden Zusammenhänge
- Nachvollziehen der Schlüsse und Rechnungen aus der Lehrveranstaltung
- Ergänzen des Lehrstoffes durch Studium der empfohlenen Literatur
- Diskussion des Erlernten mit Kommilitonen

### **Medienform:**

- Powerpointpräsentation von Folien (Inhalt: Text, Bilder, Diagramme), verfügbar als Skriptum im Univis-System
- Ergänzende Erläuterungen an der Tafel
- Videos von Tests und zur Produktion von Triebwerken und Bauteilen
- Gruppenübung zur Identifikation von als Hardware vorliegenden Bauteile aus verschiedene Positionen im Triebwerk und aus verschiedenen Werkstoffen
- Werksführung bei MTU (Vortrag zu MTU, MTU-Museum mit Triebwerken, Fertigungshallen)

### **Literatur:**

- Foliensammlung zu der Lehrveranstaltung
- Schwerpunkt Werkstoffe und Werkstoffmechanik allgemein: M.F. Ashby, D.R.H. Jones, Ingenieurwerkstoffe , R. Bürgel, Festigkeitslehre und Werkstoffmechanik , Tabellenbuch Metall
- Schwerpunkt Titan: G. Lütjering, J.C. Williams, Titanium

- Schwerpunkt Werkstoffe für hohe Temperaturen (inkl. Schichten): G.W. Meetham, M.H. Van der Voorde, Materials for High Temperature Applications , M.J. Donachie, S.J. Donachie, "Superalloys", C.T. Sims, N.S. Stoloff, W.C. Hagel, "Superalloys II"
- Schwerpunkt Verfahren: P. Adam, Fertigungsverfahren von Turbotriebwerken
- Schwerpunkt technische Mechanik: I. Szabo, Einführung in die Technische Mechanik , K. Magnus, H.H. Müller, Grundlagen der Technischen Mechanik , E. Becker, W. Bürger, Kontinuumsmechanik
- Schwerpunkt Materialsymmetrien und Tensordarstellung: S. Haussühl, Kristallgeometrie , Kristallstrukturbestimmung und Kristallphysik , W. Kleber, Einführung in die Kristallographie
- Schwerpunkt Triebwerkstechnik: K. Hünecke, Flugtriebwerke

**Modulverantwortliche(r):**

Torgersen, Jan; Prof. Dr. techn.

**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

### MW0416: Strömungsphysik und Modellgesetze | Flow Physics and Similarity Laws [Strö. Physik]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2012

<b>Modulniveau:</b> Bachelor/Master	<b>Sprache:</b> Deutsch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Sommersemester
<b>Credits:*</b> 3	<b>Gesamtstunden:</b> 100	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 70	<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 Prüfungsleistungen werden je nach Anzahl der Teilnehmer in Form einer mündlichen oder schriftlichen Prüfung erbracht. Damit soll nachgewiesen werden, dass in begrenzter Zeit und ohne Hilfsmittel über Problemstellungen aus dem Inhalt der Veranstaltung diskutiert werden kann. Der Prüfungsinhalt erstreckt sich über den gesamten Vorlesungsinhalt.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Fluidmechanik I, Fluidmechanik II

#### Inhalt:

Das Modul Strömungs- und Flugphysik vermittelt grundlegende strömungsphysikalische Zusammenhänge mit Bezug auf Fragestellungen aus der Flugzeugaerodynamik, wobei der Schwerpunkt auf phänomenologischen Betrachtungen und die Bedeutung der fluidmechanischer Kennzahlen liegt.

Inhalte:

- Grundgleichungen der Fluidmechanik
- Kennzahlen der Fluidmechanik, Ähnlichkeitsgesetze und Strömungsphänomenologie
- Entstehung von Widerstand und Auftrieb
- Einfluss der Geometrie bzw. Formgebung des umströmten Körpers auf Widerstand und Auftrieb
- Koordinatensysteme und aerodynamische Beiwerte
- Konfigurationsoptimierung
- Anwendung: Charakterisierung der aerodynamischen Größen der Flugzeuglängsbewegung

**Lernergebnisse:**

Nach erfolgreicher Teilnahme am Modul sind die Studierenden in der Lage:

- Die Grundgleichungen der Fluidmechanik zu erläutern
- die für die Aerodynamik besonders relevanten dimensionslosen Kennzahlen zu charakterisieren und zugehörige Strömungsphänomene zu beschreiben
- aus den dimensionslosen Kennzahlen Ähnlichkeitsgesetze abzuleiten
- die physikalischen Ursachen für aerodynamische Kräfte, insbesondere Widerstand und Auftrieb, zu erklären
- den Einfluss von Geometrieparametern auf aerodynamische Größen zu diskutieren
- wirbelbehaftete Strömungen zu charakterisieren
- die aerodynamischen Beiwerte der Längsbewegung zu klassifizieren
- statische und dynamische Stabilität zu charakterisieren

**Lehr- und Lernmethoden:**

Vorlesung: Darbietendes Lehrverfahren.

**Medienform:**

Multimedial gestützter Frontalunterricht

**Literatur:**

Vorlesungsmanuskript

**Modulverantwortliche(r):**

Breitsamter, Christian; Prof. Dr.-Ing. habil.

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

Lecture Flow Physics and Similarity Laws

Christian Breitsamter, PD Dr. (Christian.Breitsamter@aer.mw.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

### MW0642: An Introduction to Microfluidic Simulations | An Introduction to Microfluidic Simulations

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2013

<b>Modulniveau:</b> Bachelor/Master	<b>Sprache:</b> 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 Prüfung findet in Form einer Präsentation über ein bestimmtes Thema der mikrofluidischen Simulation statt.

Jede(r) Studierende soll ein Thema wählen, das eng mit dem Inhalt der Vorlesung zusammenhängt. In einer mehrwöchigen Vorbereitungsphase werden Informationen aus dem Skript, der Referenzliteratur und zusätzlichen Quellen aus dem Internet gesammelt und aufbereitet, um sie in einer zwanzigminütigen Präsentation darstellen zu können. Ziel der Prüfung ist es, den Kenntn

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Thermodynamik, Fluidmechanik I und II

#### Inhalt:

Inhalt des Moduls ist zu Beginn ein Überblick über Mikrofluidik-Systeme mit Diskussion der spezifischen

Eigenschaften und grundlegenden Unterschiede zu klassischen strömungsmechanischen Systemen. Anschließend werden verschiedene geeignete numerische Modelle vorgestellt und diskutiert. Unter Berücksichtigung der Schwerpunktinteressen der Studenten werden einige ausgewählte Methoden detailliert behandelt.

Inhalt:

(1) Eigenschaften von mikrofluidischen Systemen,

(2) Makroskopische Ansätze: Finite Volumen / Finite Elemente Methode (FVM/FEM), Thin-film Methode,

(3) Mikroskopische Ansätze: Molekular Dynamik (MD), Direct Simulation Monte Carlo (DSMC),

(3) Mesoskopische Ansätze: Lattice-Boltzmann Methode (LBM), Dissipative Particle Dynamics (DPD)

**Lernergebnisse:**

Folgende Kenntnisse der Studenten werden nach der erfolgreichen Absolvierung des Moduls erwartet:

(1) Eigenschaften von Mikrofluidik-Systemen und Unterscheidung von klassischen fluidmechanischen Systemen,

(2) dominierende physikalische Phänomene und deren Charakterisierung anhand dimensionsloser Kennzahlen,

(3) Grundlagen der makroskopischen, mesoskopischen und mikroskopischen Modellierung.

Außerdem sollten die Studenten Details und

Anwendungsbeispiele einiger repräsentativer numerischer Methoden aus den drei Skalenbereichen kennen.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Vorlesung: Darbietendes und erarbeitendes Lehrverfahren.

**Medienform:**

Multimedial gestützter Frontalunterricht

**Literatur:**

Skripten, P. Tabeling: Introduction to microfluidics und Material zusätzlicher Quellen aus dem Internet.

**Modulverantwortliche(r):**

Adams, Nikolaus; Prof. Dr.-Ing.

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

Vorlesung "An introduction to Microfluidic Simulations", LV-Nr.- 820626156

Übung zu "An introduction to Microfluidic Simulations", LV-Nr. 820626157

Dr.-Ing. habil. Xiangyu Hu

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

## Modulbeschreibung

### MW0696: Particle-Simulation Methods for Fluid Dynamics | Particle-Simulation Methods for Fluid Dynamics [PSM]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2025/26

<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:

There are two optional forms of exam, which will be determined according to the number of exam registrations.

If only a few students register for the written examination (60 min, no calculator is required), the examiner may hold an oral examination (20 minutes for each student) instead of a written examination. In the exam, facts and context knowledge are examined in 6 short questions. More comprehensive knowledges in two chosen particles methods will be examined in another two long questions.

The students should demonstrate, that they know the basic procedures in the formulation of microscopic / mesoscopic / macroscopic equations in the fluid dynamics and able to go deeper into a specific relevant topic.

Students can also work on specific tasks (pass/fail credit requirement) during the lectures that are taken into account in the module grade according to APSO §6, 5. With these tasks, students demonstrate their understanding in the details of particle methods.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Fluidmechanics 1 and 2, Thermodynamics, possibly Statistic Mechanic but not obligatory.

#### Inhalt:

Microscopic description: Molecular Dynamics (MD), Monte-Carlo Methods (MC)

Mesoscopic description: kinetic theories, BBGKY Hierarchy, Boltzmann Equation, Coarse-graining procedure, Chapman-Enskog Theory, Lattice Gas Automata (LGA), Lattice Boltzmann Methods (LBM), validity of the continuum description (Navier-Stokes Equations), Knudsen number,

weakened gasdynamics, Direct Simulation Monte-Carlo (DSMC), fluctuating Hydrodynamics, Dissipative Particle-Dynamics Methods (DPD).

Macroscopic description: Direct NS-Particle solvers: Particle-in-Cells (PIC), Smoothed Particle Hydrodynamics (SPH)

### **Lernergebnisse:**

After participation in the module Particle-Simulation Methods for Fluid Dynamics the students are able to

- 1) understand the fundamentals of particle simulation methods and their main differences with traditional methods for flow simulation,
- 2) master the basic discrete algorithms, which formulates the microscopic / mesoscopic / macroscopic fluid mechanics equations
- 3) evaluate these particle methods in terms of applicability according their specific characteristics
- 4) be aware of the possible application of a specific particle method for a problem on flow simulation

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

In the lecture, the theoretical basics of Particle-Simulation Methods for Fluid Dynamics are explained by means of presentations. Tablet PCs are used to derive and illustrate complex issues. The students are provided with the documents in an appropriate way.

Additionally, lectures will present simple code examples which can be actively programmed by the attending students. These code examples are primarily taken from classical particle methods so that students are familiarized with the use of particles for modeling the flow problems.

There are three practice classes during the lecture period. Three educational codes on three typical particle methods, namely, Molecular Dynamics, Lattice Boltzmann and Smoothed Particle Hydrodynamics, will be given to the students. After some demonstration given by the lecture, the students will be asked to test, and modify the code according assigned tasks.

The lecture will also give volunteering tasks, which require deep understanding of the details of particle methods, for highly self-motivated students.

### **Medienform:**

Multimedia based frontal teaching, presentations

### **Literatur:**

Lecture script, lecture slides, additional material on the Web-Platform. - "Computer Simulation of Liquids", M. P. Allen, D. J. Tildesley, Oxford Science Publications (1990).

- "The Boltzmann Equation and its applications", C. Cercignani, Springer Verlag (1989).

- "Lattice-Gas Cellular Automata", D. Rothman, S. Zaleski, Cambridge University Press (1997).

- "Molecular Gas Dynamics", G. A. Bird, Clarendon Press, Oxford (1976).

- "Smoothed Particle Hydrodynamics: A Meshfree Particle Method", G. R. Liu, M. B. Liu, World Scientific Pub. (2003)

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

Adams, Nikolaus; Prof. Dr.-Ing.

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

Particle-Simulation Methods for Fluid Dynamics (MW0696) (Vorlesung, 2 SWS)

Hu X

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

## Modulbeschreibung

### MW1393: Auslegung und Bauweisen von Composite Strukturen | Analysis and Design of Composite Structures [ADCS]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2020

<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:

In einer schriftlichen Prüfung (2 Teile á 45 min = 90 min) sind die vermittelten Inhalte auf verschiedene Aufgabenstellungen anzuwenden. Im Theorieteil (Teil 1) wird das Verständnis der theoretischen Grundlagen abgeprüft. Dies geschieht anhand von frei zu beantwortenden Fragestellungen, anzufertigenden Zeichnungen oder Skizzen sowie Multiple-Choice-Aufgaben. Im Berechnungsteil (Teil 2) wird die Kompetenz zur Anwendung der theoretischen Grundlagen sowie deren Übertrag auf konkrete Problemstellungen aus dem Bereich der Auslegung von Composite-Strukturen abgeprüft. Die Studierenden müssen erkennen, welche der erlernten Prinzipien angewendet werden müssen und selbständig die notwendigen analytische Berechnungen durchführen sowie die Tragfähigkeit der Strukturen anhand von Versagenskriterien bewerten.

Zugelassene Hilfsmittel: Teil 1: nicht-programmierbarer Taschenrechner, Teil 2.: Formelsammlung (wird zur Verfügung gestellt).

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Faser-, Matrix-, und Verbundwerkstoffe mit ihren Eigenschaften

Fertigungsverfahren für Composite-Bauteile

#### Inhalt:

Einführung/ Motivation (Überblick über den Bauteilentwurf und -entwicklung anhand von einem Demonstrator -Bauteil); Klassische Laminattheorie und Versagenskriterien für First Ply Failure; Auslegungsphilosophie (Sicherheitskonzept, Lastfälle, Lastfaktoren, Steifigkeit, Festigkeit); Composite-Bauweisen (Grundregeln, Materialauswahl, Anwendungsbereiche und Anforderungen, Fertigungsanforderungen); Vorauslegung (analytische und FE Rechnungen);

Konstruktionssystematik (Methodik, Schnittstellen zur Simulation, Ply-Book); Verbindungstechnik: Kleben, mechanisch; Effects of Defects - Beurteilung von Fertigungsdefekten und In-Service Defekten und Reparatur (Schadensbilder, Beurteilung, Repair-Technologien, Simulation, Instandhaltung); Testing (Testpyramide, Coupon-, Sub-Komponenten, Full-Scale-Tests); Lebensdauerbetrachtung; Optimierung der Faserverbundstruktur; Entwicklung einer Composite Struktur beispielhaft anhand von Demonstrator -Bauteil

### **Lernergebnisse:**

Nach der Teilnahme an der Modulveranstaltung "Auslegung und Bauweisen von Composite Strukturen" sind die Studierenden in der Lage, eine Composite Struktur zu entwerfen und zu entwickeln. Sie verstehen die unterschiedlichen Anforderungen an eine Composite Struktur und die zugehörigen Auslegungskonzepte. Besonderes Augenmerk legen sie dabei auf die integrale Berücksichtigung aller fertigungstechnischen, konstruktiven und belastungsrelevanten Anforderungen. Sie wenden dementsprechend auch unterschiedliche Bauweisen (integral, differential; Volllaminat, Sandwich) an. Sie können eine Vorauslegung und eine detaillierte FE Analyse auf Basis der Klassischen Laminattheorie durchführen. Die Studenten sind in der Lage Fertigungsdefekte und In-Service Defekte zu bewerten und Reparaturen dafür zu erarbeiten. Ebenso können sie eine Optimierung der Faserverbundstruktur durchführen.

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

In der Vorlesung werden die Lehrinhalte anhand von Vortrag, Präsentation mit Powerpoint Folien, Tafelbild, Beamer und fachspezifischer Software (Konstruktion, Berechnung) vermittelt. Anhand von Beispielen aus der Praxis wird zuerst der "rote Faden" erklärt und ein grundlegendes Verständnis für die Aufgabenstellungen geschaffen. Die theoretischen und praktischen Grundlagen werden im Anschluß über Folienpräsentation und Tafelbild und über Rückfragen vermittelt und gemeinsam erarbeitet. Das erlernte Wissen wird in den Übungen an praxisnahen Beispielen angewandt (z.B. Vorauslegung und Detailberechnung einer Faserverbundstruktur). Den Studierenden wird eine Foliensammlung zugänglich gemacht. Alle Lehrmaterialien werden online zur Verfügung gestellt. In den Assistentensprechstunden wird individuelle Hilfe gegeben.

### **Medienform:**

Vortrag, Präsentation mit Powerpoint Folien, Tafelbild, Beamer, Online-Lehrmaterialien, Fachspezifische Software (Konstruktion, Berechnung)

### **Literatur:**

Schürmann, H. Konstruieren mit Faser-Kunststoff-Verbunden Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2007, 978-3540721895  
Flemming, Manfred ;Ziegmann, Gerhard; Roth, Siegfried; Faserverbundbauweisen Fasern Matrices (3-540-58645-8); Faserverbundbauweisen Halbzeuge und Bauweisen (3-540-60616-5); Faserverbundbauweisen Eigenschaften - Mechanische. konstruktive. thermische. elektrische. ökologische. wirtschaftliche Aspekte (3-540-00636-2)

R. M. Jones, Mechanics of Composite Materials, Second Edition, Materials Science & Engineering Series, 1998, ISBN-10: 156032712X

M.C. Niu, Composite Airframe Structures, Hong Kong Conmilit Press limited, 2006, ISBN-10: 9627128066

Armstrong, Keith B.; Bevan, L. Graham; Cole, William F., Care and Repair of Advanced Composites, 2nd Edition, Society of Automotive Engineers, 2005, ISBN: 978-0-7680-1062-6

**Modulverantwortliche(r):**

Drechsler, Klaus; Prof. Dr.-Ing.

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

Auslegung und Bauweisen von Composite-Strukturen (Übung, 1 SWS)

Drechsler K [L], Al-Qadhi Z, Banea K, Dörr P, Faron D, Jäger C, Steinhardt M, Tönjes M, Wettemann T

Auslegung und Bauweisen von Composite-Strukturen (Vorlesung, 2 SWS)

Drechsler K [L], Banea K, Steinhardt M, Tönjes M, Wettemann T

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

## Modulbeschreibung

### MW1817: Biomechanik - Grundlagen und Modellbildung | Biomechanics - Fundamentals and Modeling

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2022/23

<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 Prüfungsleistung wird in Form einer schriftlichen Klausur (90 min) erbracht.

Die Kombination aus einem Teil mit Wissensfragen (Kurzfragenteil) und einem Teil mit Rechenaufgaben soll das Verständnis spezieller Phänomene der Biomechanik sowie die Fähigkeit, geeignete biomechanische Modelle zu formulieren, überprüfen. Beispielsweise sollen die Studierenden zeigen, dass sie die maßgeblichen physikalischen Effekte identifizieren und daraus eine möglichst einfache mathematische Beschreibung der Biologie ableiten können und dass sie im Bereich der Strukturmechanik das Konzept der Homogenisierung von Gewebeeigenschaften sowie, in der Fluidmechanik, die wesentlichen Schritte zur Dimensionsreduktion der Strömungen im Blutkreislauf und in der Lunge beherrschen.

Zugelassene Hilfsmittel:

Kurzfragenteil: keine

Rechenaufgabenteil: sämtliche schriftliche Unterlagen (Skript, Übungsunterlagen, Hausübungen, Bücher, Notizen, etc.) sowie ein nichtprogrammierbarer Taschenrechner.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Kenntnisse im Bereich der nichtlinearen Kontinuumsmechanik und der Physiologie sind von Vorteil, jedoch keine Voraussetzung. Wesentliche Grundlagen werden zu Beginn der Vorlesung wiederholt.

#### Inhalt:

Unter Biomechanik versteht man die Anwendung mechanischer Prinzipien auf biologische Systeme mit dem Ziel, Einblicke in deren Funktionsweise zu gewinnen, krankhafte Änderungen vorherzusagen und gegebenenfalls Therapieansätze vorzuschlagen. Damit ist die Biomechanik

die Grundlage der modernen Medizintechnik bzw. des Bioengineerings. In diesem Modul werden anhand einiger Beispiele die einzelnen Schritte der Modellbildung erarbeitet. Ausgehend von einer kurzen Einführung in die Anatomie und Physiologie des betrachteten Systems (u.a. Lunge, Knochen, kardiovaskuläres System) werden die für ein mechanisches Modell wesentlichen Aspekte definiert und geeignete Ansätze zur Modellierung formuliert. Schwerpunkte sind die Mechanik von biologischen Geweben (u.a. passives und aktives Verhalten, Wachstum, "Remodelling") sowie die Modellierung von Strömungs- und Transportphänomenen in Blutgefäßen und Atemwegen (u.a. Vergleich von 3D, 1D und 0D Modellen).

**Lernergebnisse:**

Nach der erfolgreichen Teilnahme am Modul Biomechanik Grundlagen und Modellbildung sind die Studierenden in der Lage, selbstständig zu erkennen, welche grundlegenden mechanischen Prinzipien berücksichtigt werden müssen, um das Verhalten eines vorliegenden biologischen Systems abzubilden. Demzufolge können sie die maßgeblichen physikalischen Effekte identifizieren und daraus eine möglichst einfache mathematische Beschreibung der Biologie ableiten. Konkret beherrschen sie im Bereich der Strukturmechanik das Konzept der Homogenisierung von Gewebeeigenschaften sowie, in der Fluidmechanik, die wesentlichen Schritte zur Dimensionsreduktion der Strömungen im Blutkreislauf und in der Lunge. Weiterhin haben die Studierenden nach Abschluss dieses Moduls einen Überblick über die gängigen Modellierungsansätze der wichtigsten Vorgänge im menschlichen Körper und deren Anwendungsbereiche.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Das Modul besteht aus einer Vorlesung und einer Übung. Die Vorlesung findet als Vortrag statt. Innerhalb der Vorlesung werden die theoretischen Grundlagen der Biomechanik und der Modellbildung am Tablet-PC angeschrieben, die die Studierenden in ihr Handout übertragen können. In den Übungen werden Beispielaufgaben gemeinsam erarbeitet und gelöst. Damit sollen die Studierenden z. B. lernen, die maßgeblichen physikalischen Effekte zu identifizieren und daraus eine möglichst einfache mathematische Beschreibung der Biologie abzuleiten und im Bereich der Strukturmechanik das Konzept der Homogenisierung von Gewebeeigenschaften sowie, in der Fluidmechanik, die wesentlichen Schritte zur Dimensionsreduktion der Strömungen im Blutkreislauf und in der Lunge zu beherrschen.

**Medienform:**

Vortrag, Präsentation mit Tablet-PC, Lernmaterialien auf Lernplattform

**Literatur:**

Mitschrieb der Vorlesung, Handout Vortragsfolien, Weiterführende Literatur:

- Bates, Jason. Lung Mechanics : An Inverse Modeling Approach, Cambridge University Press, 2009.
- Ethier, C. Ross, Simmons, Craig A. Introductory Biomechanics: From Cells to Organisms, Cambridge University Press, 2007.

**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

### MW2089: Seminar Kerntechnische Sicherheitsprinzipien | Seminar Nuclear Safety Principles [Seminar ]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2013

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Englisch	<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:

Präsentation von gesammelten Inhalten und Ergebnissen in einem 25-minütigen Vortrag und anschließender Diskussion (25%). Vorbereitung eines schriftlichen Reports, welcher die Arbeitsergebnisse enthält (50%). Regelmäßige Diskussionen während der periodischen Treffen (25%).

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Studierende mit dem technischen Wissen des vierten Semesters sind bereit, die Konzepte, die in diesem Seminar diskutiert werden, zu verstehen. Erfahrungen mit Computer-Software.

#### Inhalt:

Das Seminar präsentiert grundlegende Konzepte der kerntechnischen Sicherheit. Die Studierenden erhalten Material, welches sie in der darauffolgenden Woche vor dem Auditorium vorlesen.

Während des Seminars werden die Studierenden das vorgetragene Material diskutieren und die kennengelernten Konzepte erklären.

- Prinzipien der kerntechnischen Sicherheit:  
gestaffelte Sicherheitsbarrieren, Qualitätssicherung.
- Klassifizierung und Beschreibung kerntechnischer Störfälle:  
Auslegungsstörfälle, schwere Störfälle.
- Konsequenzen kerntechnischer Störfälle:
- Analyse und Kriterien der kerntechnischen Sicherheit.
- Forschung in der kerntechnischen Sicherheit.

- Überblick über Sicherheitsanalysen.
- Zusätzliche Themen mit Bezug auf Fragen der kerntechnische Sicherheit und dem Schutz kerntechnischer Anlagen.

**Lernergebnisse:**

Die Studentinnen und Studenten erhalten einen technischen Einblick in die kerntechnische Sicherheit. Sie erlangen das Wissen, Informationen über die Sicherheit kerntechnischer Anlagen besser zu bewerten, und sie werden die Grundlagen kennenlernen, um fortgeschrittene Studien über Themen dieses Seminars zu verfolgen.

Praktische Anwendungen beziehen Coputerprogramme mit ein, die bei Analysen der kerntechnischen Sicherheit verwendet werden.

Studenten werden fähig sein:

- die Philosophie hinter der kerntechnischen Sicherheit zu verstehen.
- kritisch den Schweregrad einen gegebenen Vorfalls in einer kerntechnischen Anlage zu bewerten.
- qualitativ die Konsequenzen eines kerntechnischen Störfalls abzuschätzen.
- Konzepte von kerntechnischen Sicherheitsanalysen und den Prozess der kerntechnischen Sicherheitsbewertung und -überwachung zu verstehen und über sie technisch zu diskutieren.
- die Wichtigkeit und das Interesse der kerntechnischen Sicherheitforschung auszuwerten.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Projiziertes Multimedia-Material (Diagramme, Filme, Interviews, usw.) können benutzt werden, um sich Konzepte klar zumachen.

Gebrauch des Whiteboards, um Konzepte zu erklären.

Interactive Klasse:

Studentinnen und Studenten werden ermutigt, Fragen zu stellen, und sie werden aufgefordert zu erklären, was sie während der Seminarstunden gelesen haben.

**Medienform:**

Die Studierenden arbeiten zu Hause und an gestellten Computern, die mit den nötigen Programmen ausgestattet sind. Computer-gestützte Präsentationen.

**Literatur:**

Nuclear Safety,  
G. Petrangeli.

Nuclear Energy,  
D. Bodanski

Fundamentals of Nuclear Science and Energy,

J.K. Shultis, R.E. Faw

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

**Modulverantwortliche(r):**

Macián-Juan, Rafael; Prof. Dr.

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

Seminar "Kerntechnische Sicherheitsprinzipien" (Seminar, 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

### MW2228: Aeroelastik | Aeroelasticity

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2014/15

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Englisch	<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:

Students will be evaluated based on the final examination.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Mechanics and aerodynamics.

#### Inhalt:

The course describes basic aeroelastic phenomena arising from the mutual interaction of elastic, aerodynamic and inertial forces on a structure, with special emphasis on problems related to fixed wing vehicles. Aeroelasticity plays a major role in the design, qualification and certification of flying vehicles, as it contributes to the definition of the flight envelope and affects various performance indicators. The course is organized according to the following plan:

- Introduction: why aeroelasticity matters, basic concepts in aeroelasticity, examples (including the role of aeroelasticity beyond aeronautical engineering).
- Static aeroelasticity: divergence speed; lift distribution over straight and swept flexible wings; aileron effectiveness and reversal.
- Dynamic aeroelasticity: vibrations of beams and mode coalescence; flutter; transient response, including gust response.

#### Lernergebnisse:

After successfully completing the course, the student will be able to:

- Comprehend typical aeroelastic problems, understanding the physical principles at play;
- Appreciate the role of aeroelasticity in the design of flying vehicles;
- Derive simple models for the description of basic static and dynamic aeroelastic problems, accounting for all relevant forces;

- Use the models for making quantitative predictions on the insurgence of important aeroelastic phenomena, such as divergence and flutter;
- Understand the limits of the simple methods used in the course, and appreciate how more sophisticated approaches for practical engineering applications are developed.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Learning method: In addition to the individual methods of the students, consolidated knowledge is aspired by repeated lessons in exercises and tutorials. Teaching method: During the lectures students are instructed in a teacher-centered style. The exercises are held in a student-centered way

**Medienform:**

The following kinds of media are used:

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

**Literatur:**

Course material will be provided by the instructor.

Additional recommended book:

- R.L. Bisplinghoff, H. Ashley, Principles of Aeroelasticity, Courier Dover Publications, 2002.

**Modulverantwortliche(r):**

Bottasso, Carlo; Prof. Dr.

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

Aeroelasticity (Vorlesung, 2 SWS)

Bottasso C [L], Bottasso C, Shah A, Vad A

Aeroelasticity (Übung, 1,5 SWS)

Bottasso C [L], Shah A, Vad A

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

## Modulbeschreibung

### MW2461: Machine Learning and Uncertainty Quantification for Physics-Based Models | Machine Learning and Uncertainty Quantification for Physics-Based Models [MLUQPBM]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab 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 Koller, Julija; Prof. Dr.

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

Machine Learning and Uncertainty Quantification for Physics-Based Models (Seminar, 2 SWS)  
Zavadlav Koller 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

### PH2047: Polymerphysik 2 | Polymer Physics 2

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2025

<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 und Beispiele überprüft.

Prüfungsaufgabe könnte beispielsweise sein:

Erläutern Sie, welche Mechanismen zur Entnetzung von Polymerfilmen führen und wie die entsprechenden Potentiale aussehen

Welche Methoden können angewendet werden, um die Interdiffusion von Polymeren zu charakterisieren

Erklären Sie das Phasendiagramm von Diblock-Copolymeren

Wie unterscheiden sich die mechanischen Eigenschaften chemisch und physikalisch vernetzter Polymergele?

Beschreiben Sie die Kettenkonformation starker und schwacher Polyelektrolyte abhängig von der Salzkonzentration

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.

Während der Prüfung sind keine Hilfsmittel erlaubt.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Semesterende

**(Empfohlene) Voraussetzungen:**

Polymerphysik 1 (PH2046)

**Inhalt:**

Polymere Materialien (Kunststoffe) finden vielfältige Anwendungen, sowohl im Alltag als auch in High-Tech-Produkten. In diesem Modul werden folgende weiterführende Themen besprochen: 1. Polymeroberflächen und -grenzflächen zu festen Wänden, Grenzflächen zwischen Polymeren  
2. Dynamik in Polymerschmelzen, Einfluss von Verschlaufungen, Interdiffusion  
3. Dünne Polymerfilme: thermodynamische Betrachtung und Methoden zur Präparation und Charakterisierung  
4. Blockcopolymer: Phasenverhalten und Strukturen in der Schmelze, im dünnen Film und in Lösung, Anwendungen  
5. Polymergele: mechanische Eigenschaften, chemisch und physikalisch vernetzte Gele, thermodynamische Beschreibung und Anwendungen  
6. Elektrische Eigenschaften: Polyelektrolyte, leitfähige Polymere, Anwendungen

**Lernergebnisse:**

Nach erfolgreicher Teilnahme an Polymerphysik 2 ist der/die Studierende in der Lage

1. Physik der Polymeroberflächen zu verstehen
2. Erscheinungsformen dünner Polymerfilme zu bewerten
3. Phasenverhalten von Blockcopolymermelzen zu analysieren
4. mechanische Eigenschaften von chemisch und physikalisch vernetzten Polymergelen zu bewerten
5. Kettenkonformationen von Polyelektrolyten in wässriger Lösung zu analysieren

**Lehr- und Lernmethoden:**

Das Modul besteht aus einer Vorlesung und einer Übung.

In der thematisch strukturierten Vorlesung werden die Themen durch Vortrag der theoretischen Grundlagen und deren experimentellen Umsetzungen erläutert und durch anschauliche Beispiele verständlich gemacht. Dabei werden makroskopische Anschauungsmaterialien (Elastomere, Superabsorber) zur Erläuterung der beschriebenen Effekte benutzt. Hoher Wert wird auf die Anregung interaktiver Diskussion mit den Studierenden und unter den Studierenden über das Erlernte gelegt. Hierfür werden in jeder Vorlesung Kontrollfragen zum Inhalt der Vorlesung ausgeteilt und zu Beginn der nächsten Vorlesung besprochen. In der Übung werden anhand von Problembeispielen, state-of-the-art Analyseprogrammen sowie aktuellen Publikationen die Lerninhalte vertieft und eingeübt, sodass die Studierenden das Gelernte selbständig erklären und anwenden können.

Die Dozentensprechstunde ist ein freiwilliges Zusatzangebot zur Klärung weiterführender Fragen zu Vorlesungsinhalten in Einzelgesprächen mit der Dozentin

**Medienform:**

Vortrag, Beamerpräsentation, Übungsblätter

**Literatur:**

- G. Strobl: The Physics of Polymers. Concepts for Understanding their Structures and Behavior: Concepts for Understanding Their Structures and Behavior; Springer, Berlin; Auflage: 3rd rev. and exp. ed. (Februar 2007)
- U. W. Gedde: Polymer Physics; Springer-Verlag GmbH; Auflage: 1 (September 2007)
- J.M.G. Cowie: Polymers: Chemistry & Physics of Modern Materials, CRC 1991.

**Modulverantwortliche(r):**

Müller-Buschbaum, Peter; 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](#).

## Materials in Engineering Applications (Electives II) | Materials in Engineering Applications (Electives II)

### Modulbeschreibung

#### ED010002: Recognized Modules | Recognized Modules

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2024

<b>Modulniveau:</b>	<b>Sprache:</b>	<b>Semesterdauer:</b>	<b>Häufigkeit:</b>
<b>Credits:*</b> 5	<b>Gesamtstunden:</b>	<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:

#### Wiederholungsmöglichkeit:

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

#### Inhalt:

#### Lernergebnisse:

#### Lehr- und Lernmethoden:

#### Medienform:

#### Literatur:

**Modulverantwortliche(r):**

**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

### **BGU35013: Grundlagen der Lebensdauerbemessung und Instandhaltung von Massivbauwerken | Basics of Service Life Design, Protection and Rehabilitation of Reinforced Concrete Structures [Grundlagen der Lebensdauerbemessung und Instandhaltung von Massivbauwerken]**

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2013/14

<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:**

In der 60-minütigen Klausur wird nachgewiesen, inwieweit die Studierenden die Grundlagen der Lebensdauerbemessung und die Instandhaltung von Massivbauwerken verstehen und in begrenzter Zeit komprimiert wiedergeben sowie konkrete Lebensdauerberechnungen durchführen und Inspektions- und Instandhaltungsplanungen entwerfen können. Die Prüfung ist unterteilt in Fragen, die eigenständig formulierte Antworten erfordern und Rechenaufgaben. Es sind – außer einem numerischen Taschenrechner – keine Hilfsmittel zugelassen.

#### **Wiederholungsmöglichkeit:**

Folgesemester

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

Modul "Werkstoffe im Bauwesen" oder ein vergleichbares grundständiges Modul

#### **Inhalt:**

Lebensdauerbemessung:

- Beschreibung des Bemessungskonzeptes (probabilistisches Sicherheitskonzept)
- Sicherheitsanforderungen (Grenzzustand der Gebrauchs- und der Tragfähigkeit)
- Carbonatisierungsmodell
- Modell zur Beschreibung des Chlorideindringvorganges
- Bemessungsbeispiele

Instandhaltung von Massivbauwerken:

- Schutz und Instandsetzung von Stahlbetonbauteilen

- Normen und Richtlinien
- Bauwerkszustandserfassung und Beurteilungsverfahren
- Schutzprinzipien
- Vorbereitung des Betonuntergrundes und Ersatz von geschädigtem Beton
- Oberflächenschutzsysteme und Abdichtungen
- Elektrochemische Verfahren
- Behandlung von Rissen und Hohlstellen
- Bauwerksunterhalt und Monitoring
- Erfahrungen aus der Instandsetzung (Fallbeispiele)

### **Lernergebnisse:**

Die Studierenden weisen nach erfolgreicher Teilnahme grundlegende Kenntnisse zur Lebensdauerbemessung auf. Nach dem Besuch der Vorlesung "Lebensdauerbemessung" sind sie in der Lage, Neubauten mit Blick auf ausgewählte, dauerhaftigkeitseinschränkende Umwelteinwirkungen zu erfassen sowie für Bauten im Bestand die jeweilig zu erwartende Gebrauchstauglichkeit vorauszusagen.

Bei "Instandhaltung von Massivbauwerken" lernen die Studierenden Verfahren zur Schadensanalyse von Stahl- und Spannbetontragwerken kennen. Nach der Vorlesung sind sie in der Lage, Strategien zur Vermeidung von Schäden zu kreieren, Verfahren zur dauerhaften Behebung von Bauschäden zu beurteilen sowie geeignete Instandsetzungskonzepte auszuführen.

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

Die Veranstaltung ist zunächst eine klassische Vorlesung mit ständiger Unterstützung durch eine PowerPoint-Präsentation, wodurch die Studierenden von der Erfahrung des Dozenten direkt profitieren können. Teilweise werden Anschauungsmaterialien zur besseren Darstellung der Sachverhalte verwendet und herumgegeben. Zum besseren Verständnis werden Filme zu Versuchen und Verfahren integriert. Berechnungsbeispiele werden auf Overheadfolien oder an der Tafel unter Einbeziehung der Studierenden durchgeführt.

### **Medienform:**

Skript, Powerpointpräsentationen, Tafel, Overhead, Video

### **Literatur:**

Literaturliste wird zu Vorlesungsbeginn ausgegeben, Literatur mit aktuellem Bezug wird als Kopie zur Verfügung gestellt.

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

Gehlen, Christoph; Prof. Dr.-Ing.

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

Prof. Christoph Gehlen: gehlen@tum.de

Dr.-Ing. Sylvia Keßler: sylvia.kessler@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

### BGU37016: Anwendungsgerechte Optimierung mineralischer Baustoffe | Optimization of building materials for practical applications

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2018

<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:

Der Leistungsnachweis erfolgt in Form einer 60-minütigen, schriftlichen Klausur. Die Studierenden weisen in dieser Klausur nach, dass sie über ein grundlegendes Verständnis mineralischer Baustoffe verfügen und vielfältige Möglichkeiten zu deren Optimierung bezogen auf anwendungsgerechte Fälle und Beispiele komprimiert wiedergeben können.

Die Prüfung besteht aus Fragen, die die Studierenden erörtern, diskutieren, stichpunktartig beschreiben, Zusammenhänge skizzieren oder aus vorgegebenen Mehrfachantworten die richtige Antwort ankreuzen müssen.

Die Form der schriftlichen Prüfung ermöglicht somit eine realistische Einschätzung bezüglich der im Rahmen des Moduls erlangten unterschiedlichen Erkenntnisstufen.

Während der Prüfung sind außer einem Taschenrechner keine weiteren Hilfsmittel erlaubt.

Tabellarische Werte, wie beispielsweise Molmassen, werden als Teil der Prüfungsunterlagen zur Verfügung gestellt

#### Wiederholungsmöglichkeit:

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Abgeschlossenes Bachelorstudium des Bauwesens (Architektur, Bauingenieurwesen o.ä.) oder der Ingenieur- oder Naturwissenschaften. Grundkenntnisse in den Gebieten Mathematik, Physik, Chemie, Werkstoffkunde – idealerweise der mineralischen Werkstoffe.

#### Inhalt:

- Einführung in die Grundlagen

- o Zementhydratation, -chemie und –eigenschaften
- o Latent-hydraulische und puzzolanische Zusatzstoffe
- Einfluss auf die Betoneigenschaften
- o Polymere in Beton
- o Vorbeugung von chemischen Schadreaktionen (AKR, Sulfatangriff)
- Einfluss auf die Nachhaltigkeit von Betonen
- o Mehrkomponentige Bindemittel/Sonderzemente: low energy binder
- o Betone aus nachwachsenden Rohstoffen
- o Multifunktionale Baustoffe
- ggf. Ausblick: Bionik im Bauwesen

### **Lernergebnisse:**

Nach der erfolgreichen Teilnahme am Modul sind die Studierenden in der Lage:

- die chemischen, mineralogischen und physikalischen Grundlagen von mineralischen Baustoffen zu erläutern und sicher anzuwenden
- basierend auf den besprochenen Grundlagen die für technische Anwendungen relevanten Eigenschaften von neu entwickelten mineralischen Baustoffen zu erfassen und die Werkstoffe anwendungsgerecht zu optimieren
- zu beurteilen, in wie weit Baustoffeigenschaften durch die Rohstoffauswahl und die eingesetzte Prozesstechnik verändert werden können und welche erforderlichen Anpassungen im Herstellprozess für eine Modifizierung der Baustoffeigenschaften notwendig sind
- Schadensreaktionen zu analysieren und vorbeugende Maßnahmen im Hinblick auf die verwendeten Baustoffe zu ermitteln und deren Wirkungsweise zu erläutern
- die Quellen von CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Zementherstellung zu identifizieren und Einsparpotentiale durch eine Bindemitteloptimierung oder den Einsatz alternativer Bindemittel abzuleiten.

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

In der Veranstaltung werden die Lehrinhalte in Form eines „blended“ Vorlesungsformates vermittelt. Die theoretischen Inhalte werden in asynchroner Form als illustrierter Blog mit begleitenden Literatur- und Videoverknüpfungen vermittelt. Besondere Detailspekte oder für das Gesamtverständnis bedeutende Gesichtspunkte sowie komplexere Zusammenhänge werden über kurze Videos bestehend aus vertonten PowerPoint-Präsentationen schrittweise hergeleitet. Dieses Vorgehen ermöglicht den Studierenden eine übersichtliche, strukturierte und klar lesbare Darstellung der Inhalte und fördert das konzentrierte Erarbeiten des Fachwissens und somit auch das Verständnis der Studierenden, da diese nicht durch ein permanentes Mitschreiben abgelenkt werden. Zusätzlich befähigt das asynchrone Vorlesungsformat die Studierenden ihren eigenen Lernprozess selbständig zu gestalten, zu reflektieren und zu erweitern.

Um den Studierenden die Möglichkeit zu geben ihr erlangtes Wissen zu überprüfen und zu vertiefen, werden, innerhalb des Blogs freiwillige Test- und Übungsaufgaben angeboten. Die eingereichten Antworten werden im Detail korrigiert und kommentiert und die Ergebnisse an die Studierenden kommuniziert.

Ergänzend zu den asynchronen Vorlesungsinhalten finden zum Abschluss verschiedener thematischer Einheiten synchrone Präsenztermine statt. Bei den Präsenzterminen werden Verständnisfragen geklärt und das in den vorherigen Wochen vermittelte Wissen in Fragerunden vertieft und anhand von Übungsaufgaben und Praxisbeispielen angewendet.

Literatur (mit Bezug auf spezielle Kapitel), Links und Videos zur Vertiefung und als Vor- und Nachbereitung der Inhalte werden über den Moodle-Kurs zur Verfügung gestellt. Auf das eigenverantwortliche Studium der Fachbegriffe und der grundlegenden Zusammenhänge an Hand der Vorlesungsunterlagen, der Mitschriften und der empfohlenen Literatur wird großer Wert gelegt.

**Medienform:**

- illustrierter Blog mit freiwillige Test- und Übungsaufgaben im Moodle-Kurs
- Tafelanschriften sowie Einzel- und Gruppenarbeit während der Präsenztermine
- Links zu Literatur und externen Videos und Beiträgen der Fachcommunity

**Literatur:**

Jochen Stark, Bernd Wicht: Zement und Kalk – Der Baustoff als Werkstoff, Birkenhäuser, 2000, ISBN 3-7643-6216-2

Friedrich W. Locher: Zement – Grundlagen der Herstellung und Verwendung, Bau und Technik, 2000, ISBN 3-7640-0400-2

Peter C. Hewlett: Lea's Chemistry of Cement and Concrete (4th edition), Butterworth-Heinemann, 1998, ISBN 0-340-56589-6

**Modulverantwortliche(r):**

Machner, Alisa; 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

### BGU43012T2: Technische Akustik | Technical Acoustics

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2022/23

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Zweimestrig	<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:

Die Lernergebnisse des Moduls Technische Akustik werden über zwei thematisch abgegrenzte Teilprüfungen abgeprüft, welche jeweils am Semesterende stattfinden. Die erste Teilprüfung ist eine schriftliche Prüfung von 60 Minuten Dauer, die zweite Teilprüfung ist eine mündliche Prüfung von 20 Minuten Dauer. Beide Teilprüfungen gehen zu gleichen Teilen in die Gesamtnote ein. Das Ziel der ersten Teilprüfung des Moduls ist der Nachweis, dass die für die Akustik wesentlichen Konzepte der Arbeit mit komplexen Größen sowie der Fourier Transformation verstanden wurden, komprimiert wiedergegeben und angewendet werden können. Ebenfalls sollen die Studierenden beispielsweise die Grundlagen der Entstehung, Wahrnehmung und Wichtung von Schall sowie die Prognose von Schallfeldern in Folge verschiedener Schallquellen verstehen, wiedergeben und anwenden können. Dazu müssen in begrenzter Zeit Problemstellungen analysiert werden und basierend auf den im Rahmen des Moduls erworbenen Lernergebnissen, Lösungswege gefunden und auch umgesetzt werden.

Das Ziel der zweiten Teilprüfung des Moduls ist der Nachweis, dass die Grundlagen der Statistischen Energie Analyse verstanden wurden und deren wesentliche Inhalte wiedergegeben werden können. Die Studierenden müssen nachweisen, dass sie die Prinzipien der Raumakustik, der Schallausbreitung und –modifikation im Freien sowie der Entstehung von strömungsinduzierten Geräuschen verstanden haben und auf kleine Problemformulierungen anwenden können. Dazu müssen in begrenzter Zeit Problemstellungen analysiert werden und basierend auf den im Rahmen des Moduls erworbenen Lernergebnissen, Lösungswege gefunden und auch umgesetzt werden.

In der Klausur ist ein nicht-programmierbarer Taschenrechner als Hilfsmittel zugelassen.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Grundlagen in der Strukturodynamik

Mathematische Grundlagen wie Rechnen mit Logarithmen sowie komplexen Zahlen

**Inhalt:**

In diesem Modul werden die wesentlichen Inhalte der Technischen Akustik behandelt.

Die thematische Gliederung ist dabei folgende:

- Transformationen Zeit-Frequenzbereich
- Rechnen mit komplexen Variablen
- Wahrnehmung von Schall (Gesetz von Weber-Fechner, Rechnen mit Pegeln und Effektivwerten, Frequenzabhängige Schallwahrnehmung und deren Bewertung, Zeitabhängige Schalldruckpegel)
- Prognose von Schallfeldern (Superposition kohärenter/inkohärenter Schallquellen, Wellenausbreitung im Zwei- und Dreidimensionalen, Schallgeschwindigkeit, -intensität und –leistung)
- Schallabstrahlung (Schallquellentypen, Abstrahlung von Platten, Körperschall, Koinzidenzgrenzfrequenz)
- Absorption (Arten von Absorbern, Impedanz)
- Statistische Energieanalyse (Verfahren, Einschränkungen des Verfahrens, Bewertung)
- Schallausbreitung im Freien (Beugung, Auslegung von Lärmschutzwänden)
- Strömungsinduzierte Geräusche (Lighthill Analogie, Arten von Geräuschquellen)
- Raumakustik (Physikalische Grundlagen, Impulsantwort, Raumakustische Bewertungskriterien, Auslegung von Musikräumen)

**Lernergebnisse:**

Nach der erfolgreichen Teilnahme an dem Modul sind die Studierenden in der Lage, die grundlegenden theoretischen Zusammenhänge der Technischen Akustik zu verstehen und auf Aufgabenstellungen anzuwenden. Die Studierenden verstehen die wesentlichen Grundlagen der Statistischen Energieanalyse sowie die Mechanismen der Entstehung und Charakterisierung von strömungsinduzierten Geräuschen. Basierend auf ihrem Grundwissen zu komplexen Zahlen und dem Rechnen mit Logarithmen, sind sie in der Lage, Schalldruckpegel zu berechnen und Schallfelder im Freien sowie innerhalb geschlossener Räume vorausszusagen. Weiterhin können sie, basierend auf den physikalischen Gesetzmäßigkeiten, die Mechanismen der Schallabstrahlung und –absorption charakterisieren und Maßnahmen zu deren Beeinflussung bewerten. Die Studierenden kennen die wesentlichen raumakustischen Kenngrößen geschlossener Räume sowie die mit Hilfe dieser Kenngrößen beschriebenen Anforderungen an unterschiedliche Räume. Sie können somit die akustische Qualität eines Raumes analysieren und durch das erlangte Verständnis der physikalischen Grundlagen unterschiedlicher Absorber ggf. Maßnahmen zur Steigerung der akustischen Qualität entwerfen.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Das Modul besteht aus Vorlesungen, die mit Hilfe eines Tablet-PCs sowie eines Beamer abgehalten werden. Dadurch können die Dozierenden die wesentlichen Aspekte der Technischen Akustik deutlich vermitteln, die Relevanz der Themen an Hand von Anwendungen aufzeigen und sowohl forschungs- als auch praxisnahe Beispiele aus dem eigenen Bereich präsentieren und

so die Studierenden motivieren, sich mit den Themen zu beschäftigen. Die Dozierenden arbeiten mit Vorlesungsskripten, die am Tablet-PC bearbeitet werden können, um aktuelle Diskussionen während der Vorlesung in die Unterlagen mit einfließen zu lassen.

Die Voresungen werden durch integrierte Übungen ergänzt, die die Studierenden unterstützen sollen, die in der Vorlesung vermittelten Grundlagen und Konzepte auf reale Problemstellungen anzuwenden. Den Studierenden werden Rechenaufgaben in Form von Arbeitsblättern zur Verfügung gestellt, um die erlernten Inhalte weiter zu vertiefen und zu trainieren.

**Medienform:**

Als Medien werden neben dem Vorlesungsskript auf Tablet-PC und Beamer bei Bedarf auch Folien oder die Tafel des Hörsaals verwendet. Arbeitsblätter werden den Studierenden online zur Verfügung gestellt. Hörbeispiele werden gezielt eingesetzt, um die Inhalte zu verdeutlichen. Im Rahmen einer Messübung wird praktisch die Ermittlung wesentlicher akustischer Kenngrößen in geschlossenen Räumen vermittelt. In Abhängigkeit der zeitlichen Randbedingungen wird eine Exkursion zu einem schalltechnischen Beratungsbüro angeboten.

**Literatur:**

Müller, Gerhard ; Möser, Michael: Taschenbuch der Technischen Akustik, Springer, 2004  
Müller, Gerhard ; Möser, Michael: Handbook of Engineering Acoustics, Springer, 2013  
Möser, Michael: Technische Akustik, Springer, 2005

**Modulverantwortliche(r):**

Prof. Dr.-Ing. Gerhard Müller

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

Technical Acoustics II (Vorlesung mit integrierten Übungen, 2 SWS)

Müller G, Hicks T

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

## Modulbeschreibung

### BGU51024: Holz im Bauwesen | Timber in Construction

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2019

<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> 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 angestrebten Lernergebnisse werden in Form einer schriftlichen Modulprüfung von 60 Minuten überprüft. Die ungeteilte Prüfung deckt den gesamten Lehrinhalt des Moduls ab, es sind keine Hilfsmittel erlaubt. Anhand ausgewählter Fragestellungen wird überprüft, ob die Studierenden in der Lage sind, in begrenzter Zeit Problemstellungen, z.B. im Rahmen der Eigenschaften und daraus ableitbaren Anwendungsbereichen von Holz zu analysieren und basierend auf den im Rahmen des Moduls erworbenen Lernergebnissen, Lösungswege aufzuzeigen.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Holzbau Grundmodul - BGU51014

Holzbau Ergänzungsmodul - BGU51026

#### Inhalt:

Das Modul Holz im Bauwesen soll den Studenten einige Besonderheiten zum Thema Holz als Baustoff sowie seiner Anwendung in Bauwerken näher bringen. Die im Modul gelehrt Inhalte lassen sich in zwei Blöcke einteilen. Der erste Block bietet eine umfassende Betrachtung der Eigenschaften von Holz als Baustoff. Der zweite Block behandelt theoretische Hintergründe sowie praktische Fragestellungen im Rahmen ausgewählter Anwendungsbereiche von Holz im Bauwesen. Im Einzelnen lässt sich die Veranstaltung in die folgenden Themen gliedern:

- Holz und Holzarten, Mechanische Eigenschaften und Prüfmethode
- Holzartenbestimmung
- Physikalische Eigenschaften von Holz
- Rheologie und zeitabhängige Eigenschaften, incl. Verbundbauteile
- Verklebung und Holzwerkstoffe
- Zuverlässigkeit, Teilsicherheitsbeiwerte und Systemfestigkeit

- Analyse und FEM-Modellierung von Holz und Verbindungen
- Bauwerke mit tropischen Hölzern
- Dauerhaftigkeit und Lebensdauerverhalten
- Erdbeben und Duktilität

**Lernergebnisse:**

Nach der Teilnahme am Modul Holz im Bauwesen sind die Studierenden in der Lage, die Eigenschaften des Werkstoffes Holz im Hinblick auf dessen Einsatz als Werkstoff im Bauwesen zu verstehen und zu analysieren. Für ausgewählte Anwendungsbereiche (wie Verbindungen, Bauwerke mit tropischen Hölzern, Dauerhaftigkeit und Lebensdauerverhalten sowie Erdbeben und Duktilität) können die Studierenden Lösungsmöglichkeiten bewerten.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Bei dem Modul handelt es sich um eine Vorlesung mit integrierter Übung, welche im WS auf Deutsch und im SS auf Englisch mit jeweils den selben Inhalten stattfinden. Dieses Lehrformat, unterstützt durch Lehrmethoden wie Tafelarbeit und Powerpointpräsentationen, eignet sich am Besten um die theoretischen Grundlagen und Hintergründe der vorgestellten Inhalte zu vermitteln. Anschauungsmaterialien sind zur verdeutlichenden Darstellung der Sachverhalte vorgesehen. Des Weiteren werden wichtige Versuche vorgeführt und Filme zu Versuchen und Verfahren gezeigt. Die Bestimmung von Holzarten wird im Rahmen einer Übungsveranstaltung individuell geübt.

**Medienform:**

Powerpoint-Präsentationen, Videos, Tafelarbeit, Skript (Vorlesungsfolien) von ca. 200 Seiten sowie ein möglicher download (Moodle). Mitschrift der Studierenden.

**Literatur:**

Skript (Vorlesungsfolien) der Lehrveranstaltung. Eine Mitschrift durch die Studierenden ist erforderlich.

**Modulverantwortliche(r):**

Jan-Willem van de Kuilen

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

Holz im Bauwesen (Vorlesung mit integrierten Übungen, 2 SWS)

van de Kuilen J

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

## Modulbeschreibung

### BGU53045: Geodätische Sensorik und Methodik 1 | Geodetic Sensors and Methods 1

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2023

<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:

Die Modulprüfung erfolgt in Form einer 20-minütigen mündlichen Prüfung. Darin wird überprüft, inwieweit die Studierenden die grundlegenden Konzepte und Messverfahren gängiger geodätischer Sensoren wie z. B. Präzisionsnivellier, Lasertracker, Vermessungskreisel und Neigungssensoren verstehen und wiedergeben sowie deren Nutzung in der Ingenieurgeodäsie problemlösungsorientiert darstellen können. Auf die präzise Nutzung von Fachbegriffen wird Wert gelegt.

Zusätzlich gibt es die Möglichkeit zu freiwilligen semesterbegleitenden Mid-Term-Leistungen als Prüfungsleistung. Diese Mid-Term-Leistungen bestehen aus 6 semesterbegleitenden praktischen/rechentechnischen Übungen. Praktische Aufgabenstellungen werden in betreuten Übungsstunden besprochen bzw. durchgeführt. Die Auswertung bzw. vervollständigende Bearbeitung der Übungen erfolgt üblicherweise im Eigenstudium. Für jede Übung ist eine schriftliche Ausarbeitung einzureichen, die benotet wird. Die Modulnote kann durch die Note der Mid-Term-Leistungen verbessert werden im Verhältnis 30 % Mid-Term-Leistung zu 70 % mündliche Prüfung, wobei alle Übungen gleichgewichtet sind.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

- Vermessungskunde 1
- Vermessungskunde 2

#### Inhalt:

1. Trigonometrische Höhenbestimmung
2. Präzisionsnivellement
3. Elektronische Tachymeter

4. Präzise Streckenmessung
5. Lasertracker
6. Messarm
7. Theodolitmesssystem
8. Neigungssensoren
9. Vermessungskreisel
10. 3D-Erfassung im Nahbereich
11. Kalibrierung und Prüfung geodätischer Sensorik
12. Koordinatentransformationen in 2D und 3D

### **Lernergebnisse:**

Nach der Teilnahme am Modul sind die Studierenden in der Lage,

- das Grundprinzip der Trigonometrischen Höhenbestimmung und des Präzisionsnivelements zu verstehen, wiederzugeben und anzuwenden
- verschiedene Verfahren der Koordinatentransformation in geeignetem Kontext zu beurteilen und zu implementieren
- Verfahren zur hochgenauen Bestimmung von 3D-Koordinaten im Nahbereich zu verstehen, wiederzugeben und in der Praxis anzuwenden
- das Grundprinzip industrieller Sensoren wie Neigungssensoren und Vermessungskreisel zu verstehen, wiederzugeben und in der Praxis anzuwenden
- Zusammenhänge und Querbeziehungen zwischen den genannten Inhalten zu erkennen
- die genannten Konzepte kombiniert zur Lösung grundlegender geodätischer Aufgabenstellungen einzusetzen

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

Das Modul besteht aus einer Vorlesung (2 SWS) und einer Übung (2 SWS). In der Vorlesung wird mittels Präsentationen und Beispielen das Verständnis für weiterführende geodätische Konzepte in den Bereichen Instrumentenkunde (Sensorik) sowie Rechen- und Auswerteverfahren (Methodik) vermittelt. Die Anwendung wird in betreuten Übungen in Kleingruppen erprobt. Bestandteil ist dabei auch der praktische Umgang mit verschiedenen Sensoren, das Erstellen von Computerprogrammen sowie das Aufbereiten von Ergebnissen in technischen Berichten. Damit lernen die Studierenden beispielsweise das Grundprinzip der Trigonometrischen Höhenbestimmung und des Präzisionsnivelements zu verstehen, wiederzugeben und anzuwenden, verschiedene Verfahren der Koordinatentransformation in geeignetem Kontext zu beurteilen und zu implementieren und Verfahren zur Bestimmung von hochgenauen 3D-Koordinaten im Nahbereich zu verstehen, wiederzugeben und in der Praxis anzuwenden.

### **Medienform:**

Folienskript, Übungsaufgaben

### **Literatur:**

- Deumlich, F., und Staiger, R., (2001): Instrumentenkunde der Vermessungstechnik, 9. Auflage, Wichmann Verlag

- Weckenmann, A. (2012): Koordinatenmesstechnik, Flexible Strategien für funktions- und fertigungsgerechtes Prüfen, 2. Auflage, Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG
- Joeckel, R., Stober, M., Hüp, W. (2008): Elektronische Entfernung- und Richtungsmessung und ihre Integration in aktuelle Positionierungsverfahren, 5. Auflage, Wichmann Verlag

**Modulverantwortliche(r):**

Prof. Dr.-Ing. Christoph Holst

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

Geodätische Sensorik und Methodik 1 (Vorlesung, 2 SWS)

Raffl L

Übungen zu Geodätische Sensorik und Methodik 1 (Übung, 2 SWS)

Seufert P, Raffl L

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

## Modulbeschreibung

### BGU53046: Geodätische Sensorik und Methodik 2 | Geodetic Sensors and Methods 2

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2024

<b>Modulniveau:</b> Bachelor	<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 Modulprüfung erfolgt in Form einer 20-minütigen mündlichen Prüfung. Darin wird überprüft, inwieweit die Studierenden das grundlegenden Konzept und Messverfahren des Laserscannings verstehen und wiedergeben können, z. B. die Bestandteile von Laserscannern, Vor- und Nachteile von terrestrischen Laserscannern oder verschiedene Mess- und Auswertemethoden sowie deren Nutzung in der Ingenieurgeodäsie problemlösungsorientiert darstellen können. Auf die präzise Nutzung von Fachbegriffen wird Wert gelegt.

Zusätzlich gibt es die Möglichkeit zu freiwilligen semesterbegleitenden Mid-Term-Leistungen als Prüfungsleistung. Diese Mid-Term-Leistungen bestehen aus 6 semesterbegleitenden praktischen/rechentechnischen Übungen. Praktische Aufgabenstellungen werden in betreuten Übungsstunden besprochen bzw. durchgeführt. Die Auswertung bzw. vervollständigende Bearbeitung der Übungen erfolgt üblicherweise im Eigenstudium. Für jede Übung ist eine schriftliche Ausarbeitung einzureichen, die benotet wird. Die Modulnote kann durch die Note der Mid-Term-Leistungen verbessert werden im Verhältnis 30 % Mid-Term-Leistung zu 70 % mündliche Prüfung, wobei alle Übungen gleichgewichtet sind.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Geodätische Sensorik & Methodik 1

#### Inhalt:

- Einführung zum terrestrischen Laserscanning
- Bestandteile von Laserscannern
- Reflektorlose Distanzmessung
- Registrierung und Georeferenzierung

- Messabweichungen
- Prüfung terrestrischer Laserscanner
- Kalibrierung terrestrischer Laserscanner
- Auflösungsvermögen und Kovarianzmatrix
- Auswertung der Punktwolke
- Parameterschätzung
- Messstrategien
- Punktwolkenvergleiche
- Anwendungen

**Lernergebnisse:**

Nach der Teilnahme an den Modulveranstaltungen sind die Studierenden in der Lage

- die Bestandteile von Laserscannern zu nennen und hinsichtlich ihrer Wichtigkeit für bestimmte Aufgaben zu evaluieren
- die Vorteile und Nachteile von terrestrischen Laserscannern gegenüber Tachymetern zu nennen und hinsichtlich des Einsatzes für definierte Aufgaben zu beurteilen
- Messaufgaben mit Laserscanning zu definieren, zu lösen und zu evaluieren
- Punktwolkencharakteristika wie Auflösung und Genauigkeit zu nennen, zu quantifizieren und aufgabenbezogen zu evaluieren
- verschiedene Mess- und Auswertemethoden im Bereich des Laserscannings zu nennen (z.B. Registrierung), durchzuführen und zu bewerten

**Lehr- und Lernmethoden:**

Das Modul besteht aus einer Vorlesung (2 SWS) und einer Übung (2 SWS). In der Vorlesung wird mittels Präsentationen und Beispielen das Verständnis für weiterführende geodätische Konzepte in den Bereichen Instrumentenkunde (Sensorik) sowie Rechen- und Auswerteverfahren (Methodik) vermittelt. Die Anwendung wird in betreuten Übungen in Kleingruppen erprobt. Bestandteil ist dabei auch der praktische Umgang mit verschiedenen Sensoren, das Erstellen von Computerprogrammen sowie das Aufbereiten von Ergebnissen in technischen Berichten. Damit lernen die Studierenden beispielsweise Messaufgaben mit Laserscanning zu definieren, zu lösen und zu evaluieren, Bestandteile von Laserscannern zu nennen und hinsichtlich ihrer Wichtigkeit für bestimmte Aufgaben zu evaluieren und verschiedene Mess- und Auswertemethoden im Bereich des Laserscannings zu nennen (z.B. Registrierung), durchzuführen und zu bewerten.

**Medienform:**

Vorlesungsfolien, Videos, Übungsaufgaben

**Literatur:**

- Deumlich, F., und Staiger, R., (2001): Instrumentenkunde der Vermessungstechnik, 9. Auflage, Wichmann Verlag

**Modulverantwortliche(r):**

Prof. Dr.-Ing. Christoph Holst

**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

### **BGU60017: Probabilistische Lebenszyklusanalyse und Unterhaltsmanagement von Infrastrukturbauten | Probabilistic Life Cycle Analysis and Integrity Management of Infrastructures**

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2018

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Englisch	<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:**

The course assessment takes place as a project work. The students will solve a practical problem that requires implementation of the methods discussed in class in a computer code. The students will be evaluated based on a written project report that documents the implemented approach and obtained results. The students will present their project in a 15-minute presentation followed by a discussion of the presented solution approach. The aim of the project is that students become familiar with the concepts discussed in class through hands-on experience. The project report will assess the students' understanding of the implemented methods and their applicability to specific problems. The purpose of the presentation is to assess the students' ability to describe theoretical concepts and communicate the adopted approach to solve a practical problem in a clear fashion.

#### **Wiederholungsmöglichkeit:**

Semesterende

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

The course will assume a basic knowledge of probability concepts such as random variables and their

description (e.g., through completion of the MSc course "Risk Analysis" or "Stochastic Finite Element

Methods"). Basic knowledge of Matlab or Python is required for the exercises.

#### **Inhalt:**

After a short introduction in probability theory, different approaches to monitor a structure are introduced:

1. General introduction
2. Basics of reliability analysis
3. Reliability of maintained systems
4. Time value of money
5. Decision theory and cost-benefit analysis
6. Models of deterioration mechanisms
7. Repair and rehabilitation
8. Inspection and monitoring strategies
9. Life-cycle cost analysis (LCCA)
10. Optimization of inspection and monitoring strategies

### **Lernergebnisse:**

This course enables the student to understand, analyze and communicate the elements of life-cycle reliability and asset integrity management subject to uncertainty and randomness. Upon completion of the module, students will be able to:

- Understand the fundamental concepts and challenges in infrastructure asset integrity management
- Understand and evaluate life-time reliability, availability and risk
- Perform probabilistic evaluations of the life-time performance of aging infrastructures by Monte Carlo simulation
- Assess the reliability of maintained structures
- Perform cost-benefit-analyses of asset integrity management strategies
- Understand the time-value of money and its relevance in infrastructure management
- Understand probabilistic models of inspection and monitoring
- Understand the effect of repair and rehabilitation
- Perform a life-cycle cost analysis
- Optimize inspection strategies and monitoring
- Implement analysis methods in computational tools such as Python or Matlab

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

The course is a 1-week (5 days) block course. It consists of lectures (50%) and exercises (50%), which implement the theory to 1-2 example structures and infrastructures.

Lectures will be given partly on the black/whiteboard and partly by presentations on slides. The whiteboard allows to develop key concepts and mathematical formulations at a pace that is conducive to a deeper understanding. The presentations on slides facilitates presentation of how these concepts apply to real systems and present case-studies.

In the exercise part, the students will be asked to solve selected exercises that are drawn from one or two case studies. These case studies will be introduced at the beginning of the course and utilized throughout. Some of the exercises will require the use of suitable software tools, such as Matlab or Python. Students will be required to develop and present the solution of selected exercises in class.

### **Medienform:**

- Lectures with blackboard supported by slides

- Exercise sheets
- Matlab code examples

**Literatur:**

Bismut, E., Straub, D. 2022. A unifying review of NDE models towards optimal decision support. Structural Safety

Bismut, E., Straub, D. 2021. Optimal adaptive inspection and maintenance planning for deteriorating structural systems

more references and selected materials will be provided

**Modulverantwortliche(r):**

Max Teichgräber

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

Probabilistic life cycle analysis and integrity management of infrastructures (Vorlesung mit integrierten Übungen, 3 SWS)

Bismut E, Koutas D

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

## Modulbeschreibung

### BGU60021: Risikobewertung und Systemzuverlässigkeit | Risk Assessment and Reliability of Engineering Systems [RA&SR]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2020

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> 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:

There will be a oral exam of 40 minutes duration at the end of the semester. It will be an open book exam, thus notes and aids are allowed. The student should study the problem and outline a solution during the first 20 minutes. In the subsequent 20 minutes he/she will present his/her solution and answer follow-up questions. Solutions will be discussed and examined during iterative rounds of questions. The oral examination enables the examiners to be responsive to the individual student and to evaluate the student's competences realistically.

The problems to be solved in the exam are based on the lecture contents and the exercises of the semester. The students need to be able 1) to explain main concepts in their own words and 2) to solve arithmetical problems. The students are supposed to show if and up to what extent they have understood the principles and concepts of the theory of probability and if they are able to apply these concepts to problems in the field of engineering.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Risk Analysis

#### Inhalt:

Part Risk Assessment:

1. General introduction
2. Bayesian networks
3. Utility theory
4. Decision analysis
5. Life-cycle analysis and cost-benefit analysis

6. Risk acceptance
7. Risk management

Part System Reliability:

1. General introduction
2. Time-dependent reliability
3. Binary system models
4. Fault tree and event tree analysis
5. Dependent failures
6. Physically-based system models
7. Sampling-based system reliability
8. Performance and sensitivity measures

**Lernergebnisse:**

This course enables the student to analyze, manage and communicate the reliability of and risks in civil systems and environment. Upon completion of the module, students will be able to:

- Understand reliability, risk, utility, and, decisions.
- Understand traditional tools for system reliability and risk analysis, such as fault, event and decision trees.
- Select appropriate system models for reliability assessment.
- Model complex engineering systems and decisions under uncertainty
- Identify important components and failure modes in systems.
- Assess risk acceptance criteria.
- Plan risk management for engineering systems.
- Model complex engineering systems through sampling and simulation based methods.
- Implement the methods in computational tools such as Matlab

**Lehr- und Lernmethoden:**

The course consists of lectures, including application examples, and exercises from the fields of civil, environmental, structural, mechanical and transportation engineering.

Lectures will be given on the black/whiteboard, including selected illustrations. Case studies should help the understanding of the problems. The lecture notes in PDF form will be distributed at the beginning of the semester.

Homework, accompanying the lectures, will be provided.

**Medienform:**

- Lectures with blackboard supported by slides
- Lecture notes including theory and examples
- Optional homework examples

**Literatur:**

Lecture notes and selected papers will be distributed.

**Modulverantwortliche(r):**

Herr Prof. Dr. sc. Tech. Daniel Straub [straub@tum.de](mailto:straub@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

### **BV350003: Lebensdauerbemessung sowie Schutz und Instandsetzung von Stahlbetonbauteilen | Life Cycle Design, Protection and Rehabilitation of Reinforced Concrete**

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2011

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Deutsch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> 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:**

Prüfungsdauer (in min.): 120.

In mehrere Themengebiete aufgeteilte Prüfung (s. Inhalt). Es werden zu jedem Themengebiet allgemeine Verständnisfragen, Rechenaufgaben und Transferfragen gestellt. Die Studierenden sollen ein Referat ausarbeiten. Eine Zulassungsvoraussetzung besteht nicht.

#### **Wiederholungsmöglichkeit:**

Folgesemester

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

Bachelor Bauingenieurwesen oder Bachelor Umweltingenieurwesen, insbesondere die Vorlesung "Baustoffkenngrößen, Bauchemie und Konstruktionswerkstoffe"

#### **Inhalt:**

Lehrinhalt: Lebensdauerbemessung

- Beschreibung des Bemessungskonzeptes (probabilistisches Sicherheitskonzept)
- Sicherheitsanforderungen (Grenzzustand der Gebrauchs- und der Tragfähigkeit)
- Carbonatisierungsmodell
- Modell zur Beschreibung des Chlorideindringvorganges
- Bemessungsbeispiele

Lehrinhalt: Schutz und Instandsetzung von Stahlbetonbauteilen

- Normen und Richtlinien
- Bauwerkszustandserfassung und Beurteilungsverfahren
- Schutzprinzipien, Instandsetzungsplanung zum Korrosionsschutz

- Vorbereitung des Betonuntergrundes und Ersatz von geschädigtem Beton
- Oberflächenschutzsysteme und Abdichtungen
- Elektrochemische Verfahren
- Behandlung von Rissen und Hohlstellen
- Bauwerksunterhalt und Monitoring
- Lager, Fugen und Entwässerung
- Erfahrungen aus der Instandsetzung (Fallbeispiele)

### **Lernergebnisse:**

Die Studierenden weisen nach erfolgreicher Teilnahme grundlegende Kenntnisse zur Lebensdauerbemessung auf. Nach dem Besuch der Vorlesung "Lebensdauerbemessung" sind sie in der Lage, Neubauten mit Blick auf ausgewählte, dauerhaftigkeitseinschränkende Umwelteinwirkungen zu bemessen sowie für Bauten im Bestand die jeweilig zu erwartende Gebrauchstauglichkeit zu prognostizieren.

Basierend auf den Kenntnissen der Vorlesung Dauerhaftigkeit von Baustoffen lernen die Studierenden in der Vorlesung "Schutz und Instandsetzung" Verfahren zur Schadensanalyse von Stahl- und Spannbetontragwerken kennen. Nach der Vorlesung sind sie in der Lage, Strategien zur Vermeidung von Schäden abzuleiten, Verfahren zur dauerhaften Behebung von Bauschäden zu beurteilen sowie geeignete Instandsetzungskonzepte aufzustellen und auszuführen.

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

Die Vorlesung wird durch Powerpointpräsentationen unterstützt. Berechnungsbeispiele werden auf Overheadfolien oder an der Tafel unter Einbeziehung der Studierenden durchgeführt.

### **Medienform:**

Skript, Powerpointpräsentationen, Tafel, Overhead, Video

### **Literatur:**

Literaturliste wird zu Vorlesungsbeginn ausgegeben, Literatur mit aktuellem Bezug wird als Kopie zur Verfügung gestellt.

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

Gehlen, Christoph; 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

### CH0300: Angewandte Biopolymere und Biomaterialien | Applied Biopolymers and Biomaterials

*Nachhaltige Polymere und Polymere in der Biomedizin & Biotechnologie*

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2022/23

<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 (90 min). Dabei soll nachgewiesen werden, dass die Studierenden in den Themen Struktur und Anwendungen von Biopolymeren und Biomaterialien eine Reihe an Grundlagen und ausgewähltes Spezialwissen erworben haben und fähig sind, zu bestimmten Fragestellungen hierzu Lösungen auszuarbeiten. In der Klausur sind keine Hilfsmittel erlaubt. Es werden Aufgaben gestellt, die mittels eines selbst formulierten Textes beantwortet werden müssen.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Vorlesung Nr.:220081443 "Makromolekulare Chemie I"

#### Inhalt:

1. Wiederholung (kurz) der Grundlagen der Polymerisationsreaktionen (Polyaddition, Polykondensation) mit Fokus Biopolymere
2. Biopolymere: Struktur und Eigenschaften
3. Nachhaltige Polymere (biobasiert, bioabbaubar, ...)
4. Polymer-Biokonjugation (synthetische Polymere und Biomoleküle)
5. Stimuli-responsive Polymere (Temperatur, pH, ...)
6. Polymere für drug delivery
7. Therapeutische Proteine und Nukleinsäuren
8. Polymere und Materialien für (orthopädische) Implantate und für Anwendungen im Mund- und Zahnbereich
9. Polymere und Materialien für die Regulierung von Zellen und für tissue engineering

10. Weitere Aspekte organischer Polymere für medizinische Anwendungen (responsive Hydrogele, Foldamere, ...)
11. Nanomedizin, Nanorobotics und Grüne Nanotechnologie (mikrodimensionale Anwendungen, in-vivo assembly, ...)
12. Pharmazeutische Anwendungen - Biokompatibilität und Toxizität (großtechnische Herstellung - Fermentation, regulatorische Anforderungen für Anwendungen in-vivo, Toxizitätstests, ...)

### **Lernergebnisse:**

Nach der erfolgreichen Teilnahme an diesem Modul sind die Studierenden in der Lage, verschiedene organische Polymere zu benennen und chemisch zu beschreiben, auf die die Eigenschaften biobasiert, biokompatibel und/oder bioabbaubar zutreffen. Verschiedene Einsatzgebiete und Anwendungen von diesen können beschrieben und differenziert werden. Außerdem lernen die Studierenden viele Anwendungen von organischen Polymeren in der Medizin (sowie vereinzelt auch in der grünen Biotechnologie) kennen, insbesondere in den Bereichen Tissue Engineering, Organersatz und drug delivery. Der Zusammenhang zwischen chemischer Struktur und Reaktivität und den Eigenschaften bzw. den Wirkungen im biomedizinischen Milieu auch im Sinne sogenannter "composite grafts" spielt dabei eine große Rolle. Zum Abschluss erfolgen noch tiefere Einblicke in die momentan industriell stark akzentuierten Themen wie die Nanotechnologie und die Betrachtungen der regulatorischen und gesetzlichen Vorgaben und Voraussetzungen für einen Einsatz am und im Menschen.

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

Das Modul besteht aus einer Vorlesung (2SWS) mit begleitender Übung (1SWS). Nach dem Vermitteln der Grundlagen von Biopolymeren und Biomaterialien werden einzelne Themen basierend auf Anwendungen in (bio)medizinischen Bereichen vertieft. Der stufenweise Stoffaufbau soll das Gelernte schneller festigen. Die Inhalte der Vorlesung werden durch Präsentationen und Tafelanschrieb vermittelt. Parallel dazu sollen die Studierenden einschlägige Lehrbuchkapitel durcharbeiten, welche zur Vertiefung auch durch weitere Literatur, z.B. ausgewählte aktuelle Journal-Artikel, ergänzt werden. Begleitend zur Vorlesung vertiefen die Studierenden das gelernte Wissen in den Übungsstunden. Hierbei werden durch spezielle Aufgabenstellungen das analytische Denken und die Literaturrecherche angeregt.

### **Medienform:**

Tafel, PowerPoint

### **Literatur:**

K. Yao, C. Tang, *Macromolecules* 2013, 46, 1689-1712: Controlled Polymerization of Next-Generation Monomers and Beyond

N. Larson, H. Ghandehari, *Chem. Mater.* 2012, 24, 840-853: Polymeric Conjugates for Drug Delivery

M. Winnacker, *Biomater. Sci.* 2017, 5, 1230-1235: Polyamides and their functionalization: recent concepts for their applications as biomaterials

B. Rieger, A. Künkel, G. W. Coates, R. Reichardt, E. Dinjus, Th.A. Zevaco (Eds.), Synthetic Biodegradable Polymers (Springer, 2012)

H. Schlaad (Ed.), Bio-synthetic Polymer Conjugates (Springer, 2013)

**Modulverantwortliche(r):**

Winnacker, Malte; 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

### CH3008: Hybridmaterialien - Struktur-Funktionsbeziehungen | Hybrid Materials - Structure-Function-Relationships

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2025/26

<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> 120	<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 dem Modul erfolgt die Überprüfung der Lernergebnisse anhand der Prüfungsform Präsentation. Die Prüfungsleistung beinhaltet eine PowerPoint-Präsentation (Dauer ca. 15 Minuten) mit Diskussion (Dauer ca. 15 Minuten), in der die Studierenden eine selbst gewählte wissenschaftliche Publikation aus dem Themengebiet "Hybrid-Materialien" vorstellen, mit Fokus auf die Themenbereiche der Anorganischen und Metall-Organischen Synthesechemie und angrenzender Bereiche (z.B. Polymerchemie, niedrigdimensionale Materialien), Materialwissenschaften bzw. Material-Analytik. Prüfungsgegenstand sind z.B. die allgemeine Thematik, Problemstellung der Publikation, Kernideen, methodische Ansätze und die Relevanz der Ergebnisse im breiten Forschungsfeld. Die Bewertung der Prüfungsleistung beruht auf der Qualität der Präsentation und der Diskussion in Bezug auf die vom Studierenden gewählten Themen vor dem Hintergrund des Gesamtzusammenhanges des Moduls.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Semesterende

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Belegung des Hauptfaches Anorganische oder Physikalische Chemie.

#### Inhalt:

Zu den Inhalten zählen Themen aus der aktuellen Forschung auf dem Gebiet der Anorganisch-/ Organischen-Hybridmaterialien unter besonderer Berücksichtigung von Koordinationspolymeren und Metall-Organischen Netzwerken, sowie verwandter Materialien; Synthese, Charakterisierung und Eigenschaften der Hybrid-Materialien in Bezug auf, beispielsweise, nachhaltige Kühlmaterialien, Gasspeicher- sowie Trennmateriale, (Chemo-)Sensoren, elektronische und photonische Bauteile, (Photo-)Elektrokatalysatoren, neuartige Batteriematerialien.

**Lernergebnisse:**

Nach Bestehen dieses Moduls sind die Studierenden in der Lage, die Materialklasse der hybridischen, funktionellen Materialien, z.B. Koordinationspolymere im Allgemeinen, metall-organische Gerüstverbindungen und Koordinationsnetzwerke mit Perowskitstruktur im Besonderen sowie funktionelle Kompositmaterialien in einem weiteren Gesamtzusammenhang - zu überblicken und die wichtigsten Struktur-Eigenschaftsbeziehungen zu verstehen. Die Studenten sind in der Lage, sich in ein Gebiet der funktionellen Hybridmaterialien einzuarbeiten und über dieses Themenfeld vorzutragen, sowie Diskussionen zu führen und zu leiten.

**Lehr- und Lernmethoden:**

In der Lehrveranstaltung (Vorlesung mit integriertem Diskussionsseminar) werden Herausforderungen der angewandten anorganischen Chemie im Bezug auf die Chemie von Anorganisch/Organischen-Hybridmaterialien herausgearbeitet. Die Dozenten führen in den Stoff ein und für die Vorbereitung der Präsentationen werden die Studierenden dazu angeleitet, Forschungspublikationen zu recherchieren, sie zu analysieren und zu bewerten. Diese Anleitung ergibt sich aus der aktiven Teilnahme an der Lehrveranstaltung sowie durch Beratung mit einem erfahrenen Betreuer/in.

**Medienform:**

PowerPoint, e-learning (moodle)

**Literatur:**

Die Studierenden werden mit Lernmaterialien arbeiten, die von den Dozenten zur Verfügung gestellt werden, z.B. Übersichtsartikel und Powerpointfolien. Für die Präsentation stehen Originalpublikationen aus Fachzeitschriften zur Verfügung.

**Modulverantwortliche(r):**

Fischer, Roland; 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

### CH3009: Festkörpermateriale: Vom Design über die Chemie bis zu funktionalen Bauelementen | Solid State Materials: From Design, Chemistry to Functional Devices

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2022/23

<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 wird in Form einer 90-minütigen Klausur erbracht. In der Klausur werden die Studierenden auf Basis ihrer erworbenen Fachkompetenzen komplexe Problemstellungen im Bereich Festkörpermateriale und Synthese, Struktur-Eigenschaften Design, und deren Anwendungen im Bereich Energie (Batterien, Brennstoffzellen) und Informationstransfer (Sensoren, Memristoren für neuronale Netzwerke) geprüft.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Das Modul richtet sich an Master-Studierende der Chemie, Physik, Materialwissenschaft, Elektrotechnik oder des Maschinenbauwesens. Ein naturwissenschaftlicher oder ingenieurwissenschaftlicher Bachelorabschluss ist von Vorteil.

#### Inhalt:

Das Modul richtet sich an interessierte Studierende der Festkörpermateriale für Anwendungen im Bereich Energie, Computing oder der Katalyse. Ebenfalls im Fokus stehen die Anwendungen der Kolloidchemie, Herstellung kristalliner und glasartiger Feststoffe und das Design von Struktur-Eigenschaften.

Dieses Modul behandelt die Exploration und Herstellung der keramischen Synthese bzw. Festkörper-Synthese, für große und kleine Bauteile, 3D Druck, nanoscale Dünnschichtherstellung welche für Mikroelektronikbauteile, Energiespeicherung und Konversion eingesetzt werden können.

**Lernergebnisse:**

Nach Bestehen des Moduls sind die Studierenden in der Lage, ihr Wissen im Bereich der Festkörpermateriale selbstständig zu vertiefen. Weiterhin sind die Studierenden in der Lage, Problemstellungen zu deren Synthese, Struktur-Eigenschaft Design, und Engineering von Festkörpermateriale für Batterien, Brennstoffzellen, neuronale Netzwerke oder Sensoren selbstständig zu lösen.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Das Modul besteht aus einer Vorlesung (2 SWS) und einer Übung (1 SWS). In der Vorlesung werden, aufbauend auf den Grundlagen eines naturwissenschaftlichen Bachelorstudiengangs, die Inhalte von Festkörperdesign, Synthese und deren Technik für Energie und Informationsanwendungen vermittelt. Die Übung ergänzt diesen Lernstoff und dient der Wiederholung und Festigung des Modulstoffs.

**Medienform:**

Tafel und Powerpoint-Folien

**Literatur:**

Geeignete Literatur wird zu Beginn der Vorlesung vom Dozierenden bekannt gegeben.

**Modulverantwortliche(r):**

Rupp, Jennifer; 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

### CH3154: Nanomaterialien | Nano Materials

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2021

<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 Prüfungsleistung wird in Form einer Klausur (90 Minuten) erbracht. Dabei zeigen die Studierenden, dass sie die unterschiedlichen Domänen der Nanomaterialien kennen und die physikalisch-chemischen Grundlagen dazu beherrschen. Die unterschiedlichen Techniken zur Herstellung von Nanomaterialien werden schriftlich wiedergegeben. Des Weiteren sollen die Studierenden mögliche Potentiale von Nanomaterialien analysieren und die Grundlagen dazu aufgreifen. Die Prüfungsfragen umfassen den gesamten Modulstoff.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Fortgeschrittene Kenntnisse und Interesse an Nanomaterialien, der anorganischen Chemie, Polymerchemie und Kolloidchemie.

#### Inhalt:

Nanomaterialien kommen in allen Domänen des Alltags vor: In biologischen und geologischen Systemen, als gezielt hergestellte Komponente moderner Materialien, sowie als Nebenprodukt menschlicher und natürlicher Prozesse. Das Modul bietet eine Einführung in folgende Themen:

- Die verschiedenen Klassen von Nanomaterialien
- Physiko-chemische Eigenschaften von Nanomaterialien
- Die Herstellung von anorganischen und organischen Nanomaterialien (verschiedene Top-Down Verfahren wie Lithographie und Bottom-Up Verfahren wie Selbstorganisation)
- Industrielle Anwendungen von chemisch hergestellten Nanomaterialien (u.a. Pigmente, Emulsionspolymere, CaCO<sub>3</sub>, Silica, Baumaterialien)
- Aktuelle Forschungstrends im Feld der Nanomaterialien

Der Schwerpunkt des Moduls liegt dabei auf chemisch-synthetischen Nanomaterialien (in der Regel Bottom-Up Verfahren), deren Herstellung, Eigenschaften und Anwendungen.

**Lernergebnisse:**

Nach erfolgreicher Teilnahme am Modul sind die Studierenden in der Lage, die verschiedenen Klassen von Nanomaterialien zu erkennen. Die Studierenden haben einen Überblick über Methoden zur Herstellung von Nanomaterialien und sind in der Lage, die Vor- und Nachteile der Herstellungsprozesse einzuordnen.

Des Weiteren sind die Studierenden in der Lage, die unterschiedlichen Eigenschaften der Nanomaterialien (wie z.B. mechanische, elektronische, thermische, optische Eigenschaften) zu erkennen und mit der Struktur zu verknüpfen. Die gängigen Techniken zur Charakterisierung von Nanomaterialien sind bekannt und können kompetent von den Studierenden auf die unterschiedlichen Klassen angewendet werden.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Das Modul besteht aus einer Vorlesung (2 SWS) und einer Übung/Praktikum (1 SWS). Innerhalb der Vorlesung werden z.B. die Inhalte durch Vortrag des Dozierenden thematisiert. Dabei unterstützen Tafelanschriften und Folien-Präsentationen die Darstellung des Lehrstoffs und tragen somit zum Verständnis der Vorlesungsinhalte bei. Durch den Vortrag des Dozierenden ist ein stufenweiser Aufbau der Modulinhalte (Grundlagen zu weiterführenden Inhalten) möglich. Die parallel zur Vorlesung stattfindende Übung soll das Verständnis der Modulinhalte ergänzen und zusätzlich fördern. In der Lernplattform Moodle werden die Unterlagen und die Übungen zur Verfügung gestellt.

**Medienform:**

PowerPoint, Tafelarbeit, Moodle

**Literatur:**

- Nanophysik und Nanotechnologie - eine Einführung in die Konzepte der Nanowissenschaft, E.L. Wolf, Wiley-VCH, 2015
- Concepts of Nanochemistry, L. Cademartiri, Wiley-VCH, 2009
- Nanochemistry - A chemical approach to nanomaterials, G. A. Ozin, RSC Publishing 2009

**Modulverantwortliche(r):**

Gädt, Torben; 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

### ED120122: Architektonische Oberflächenmaterialien wissenschaftlich erforschen | Unveiling architectural surface materials through science

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2024/25

<b>Modulniveau:</b> Bachelor/Master	<b>Sprache:</b> Englisch	<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:

Modulprüfungen finden in Form einer schriftlichen Prüfung (Klausur, Dauer 60 Minuten) statt, bei der die Studierenden Multiple-Choice-Fragen zu den in den Vorlesungen behandelten Inhalten sowie Verständnisfragen zu Fallstudien beantworten müssen. Die Prüfungen sollen sowohl die wesentlichen Erkenntnisse aus den Vorlesungen und Übungen als auch die Fähigkeit der Studierenden, relevante Fragen zu beantworten, identifizieren. Anhand von Kurzfragen können die Prüfer überprüfen, inwieweit die Studierenden in der Lage sind, schriftliche Quellen/Literatur kritisch zu nutzen und die Methodik hinter interdisziplinären Studien zu verstehen. Während der Prüfungen erlaubte Gegenstände: Schreibutensilien, Lineal, (Online-) Englischwörterbuch.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Kenntnisse in Materialwissenschaften, Chemie und Physik.

Es wird dringend empfohlen, auch den Vortrag "Untangling architectural surface conservation" und das Seminar "Science in Cultural Heritage (Interdisciplinary thinking)" zu besuchen.

#### Inhalt:

Die Materialität architektonischer Oberflächen und die möglichen Abbauphänomene, die bei der Exposition gegenüber Schadstoffen oder Licht auftreten können, werden durch wissenschaftliche Analysen und Fallstudien erklärt. Die Studierenden machen sich mit der Chemie historischer Materialien vertraut, von Bindemitteln (anorganisch und organisch) über Füllstoffe/Zusatzstoffe bis hin zu Farbstoffen, ihren Abbaupfaden und den neuesten Technologien, die derzeit zur Dokumentation, Überwachung und Charakterisierung eingesetzt werden.

Nachhaltige technische und kulturelle Strategien zur Erhaltung komplexer historischer Objekte erfordern einen integrativen Ansatz, der wissenschaftlich fundierte Untersuchungen (Forschung, Analyse und Bewertung) und (digitale) Dokumentation kombiniert. Um interdisziplinär zusammenzuarbeiten, sollte man sich bemühen, andere ergänzende Disziplinen zu verstehen und mit ihnen vertraut zu sein. Daher werden die Studierenden in die Methoden und Strategien hinter der wissenschaftlichen Untersuchung historischer Materialien eingeführt. Die Disziplin der Konservierungswissenschaft und die Rolle der verschiedenen Berufsgruppen, die an Studien zum kulturellen Erbe beteiligt sind, werden definiert.

### **Lernergebnisse:**

Nach dem Kurs werden die Teilnehmer in der Lage sein,

- zu verstehen, warum es so wichtig ist, unser kulturelles Erbe zu bewahren.
- die Bedeutung und Wichtigkeit eines interdisziplinären Ansatzes in der Erforschung des Kulturerbes zu verstehen.
- Materialien von historischem und künstlerischem Interesse zu benennen.
- das physikochemische Verhalten historischer Materialien zu benennen und deren Abbauewege zu beschreiben.
- den Einfluss von Mikroklimabedingungen auf historische Materialien zu verstehen und das Konzept der präventiven Konservierung zu definieren.
- die derzeit angewandte und entwickelte Spitzentechnologie für Kulturerbestudien zu benennen.
- die analytischen Herausforderungen und Rahmenbedingungen bei der Untersuchung wertvoller und hochgradig heterogener Objekte/Oberflächen zu verstehen.

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

Vorlesung mit Übungen

Während der Vorlesungen wechseln wir zwischen Präsentationen (PowerPoint), Rundtischgesprächen und Gruppenarbeit.

Die Studierenden lernen die wissenschaftliche Methode anhand zweier exemplarischer Oberflächenarten kennen, nämlich Wandmalereien und Putze. Das Lesen ausgewählter wissenschaftlicher Artikel im Unterricht hilft den Studierenden, sich mit der wissenschaftlichen Methode vertraut zu machen und einen kritischen Analyseansatz zu entwickeln.

Ein Einblick in die Praxis wird durch praktische Analysedemonstrationen in den Laboren des Lehrstuhls unter Nutzung der Spitzentechnologie des insiTUMlab, der analytischen Infrastruktur für zerstörungsfreie In-situ-Studien des kulturellen Erbes, vermittelt. Diese Erfahrung gibt einen ersten Eindruck von den analytischen Herausforderungen und Rahmenbedingungen bei der Untersuchung wertvoller und stark heterogener Objekte/Oberflächen.

Damit lernen die Studierenden beispielsweise zu verstehen, warum es so wichtig ist, unser kulturelles Erbe zu bewahren und die Bedeutung und Wichtigkeit eines interdisziplinären Ansatzes in der Erforschung des Kulturerbes zu verstehen.

### **Medienform:**

PowerPoint-Präsentationen, gedruckte Materialien und Übungsblätter.

**Literatur:**

Chemistry for Restoration. Painting and Restoration Materials. Mauro Matteini, Rocco Mazzeo and Arcangelo Moles. Ed. Nardini (2016) ISBN 9788840444505

Analytical Archaeometry: Selected Topics 1. Ed. Howell Edwards (Editor), Peter Vandenabeele (Editor). RSC Publishing (2012) ISBN 978-1-84973-162-1

**Modulverantwortliche(r):**

Dr. Clarimma Sessa Prof. Dr. Thomas Danzl

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

Architektonische Oberflächenmaterialien wissenschaftlich erforschen (Seminar, 2 SWS)

Danzl T, Sessa C

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

## Modulbeschreibung

### ED140016: Computational Flow Stability and Transition | Computational Flow Stability and Transition

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2025

<b>Modulniveau:</b> Bachelor/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> 105	<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:

The examination in this module consists in (25%) the completion of weekly exercises. Students have to prove their knowledge of linear stability tools, the relevant cases of application to derive physical understanding from them and their ability to use state-of-the-art libraries

The examination in this module consists in (50%) the oral presentation of a research article.

Students have to prove their understanding of the application of the linear stability methods in research publication.

The examination in this module consists in (25%) the completion of a final project. The students have to show their ability to apply linear stability tools implemented in state-of-the-art libraries to a model problem.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester / Semesterende

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Python programmation ; Stabilit theory ; Fluid dynamics ; Hydrodynamics

#### Inhalt:

The course offers core knowledge on computational methods to solve large linear systems stemming from global operator-based analysis (stability, transient growth, sensitivity, resolvent) of physical problems, such as fluid dynamics. The course systematically progresses from the foundational derivation of the basic iterative algorithms to the use of state-of-the-art, high performance, Python libraries implementing these methods. Throughout the course, special emphasis is placed on identifying the physical knowledge that can be drawn from each the operator-based tool and the relevant cases of application.

The following content will be addressed:

1. General principles of linear stability analysis and example cases in fluid dynamics

2. Introduction to non-normality, its measure, and transient temporal growth
3. Introduction to the pseudo-spectrum of an operator and the methods to compute it. Link to the transient growth and pseudo-resonance.
4. Sensitivity of the spectrum of an operator and the methods for eigenvalues tracking
5. Introduction to sparse matrices and sparse operations
6. Iterative methods for solving large linear systems and eigenvalue problems (Richardson, Arnoldi, Lanczos, conjugate gradient) and spectral transformations
7. Use of PETSc/SLEPc libraries
8. Introduction to resolvent analysis and the action of an operator

By the course's completion, students are expected to have a comprehensive understanding of iterative computational methods applicable to global operator-based analysis and the capability to apply it to a variety of problems.

More info on the course's webpage: <https://www.epc.ed.tum.de/tfd/lehre/computational-methods-for-operator-based-analysis/>

### **Lernergebnisse:**

After successful participation in the module, students are able to

- know the linear stability tools
- recognize the relevant cases of application of linear stability tools to derive physical understanding from them
- use dedicated iterative methods for large linear systems
- provide a critical analysis on the use of iterative methods for large linear systems in research publications
- use state-of-the-art libraries implementing iterative methods for large linear systems
- apply iterative methods for large linear systems on a model problem.

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

The learning is weekly organized around a lecture and a lab session. The theoretical knowledge is delivered during the lecture, where active learning is fostered with Kahoot-type questions and small coding tasks. The theoretical knowledge is applied during the lab session to implement the methods and solve a model problem in Python. The coding tasks addressed during the lecture serve as a basis for the lab session.

The students are confronted with the application of computational methods for operator-based analysis to research problems by presenting a research article selected from a pool of pre-selected articles.

During the last third of the semester, the students will carry out a project in groups of two. The project assesses the student's capability to apply the methods learned to model problems.

### **Medienform:**

Slides and interactive exercises. Programming with Python.

### **Literatur:**

P. J. Schmid. Nonmodal Stability Theory. *Annu. Rev. Fluid Mech.*, 39:129–62, 2007.

Peter J. Schmid and Dan S. Henningson. Stability and Transition in Shear Flows. Number 142 in Applied Mathematical Sciences. Springer, New York Berlin Heidelberg, 2001. ISBN 978-1-4612-6564-1 978-0-387-98985-3. doi: 10.1007/978-1-4613-0185-1.

L.N. Trefethen and M. Embree. Spectra and Pseudospectra: The Behavior of Nonnormal Matrices and Operators. Princeton University Press, 2005.

**Modulverantwortliche(r):**

Polifke, Wolfgang; Prof. Dr.

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

Computational Flow Stability and Transition (Vorlesung, 2 SWS)

Polifke W [L], Brokof P, Varillon G

Exercises on Computational Flow Stability and Transition (Übung, 2 SWS)

Polifke W [L], Brokof P, Varillon G

Seminar on Computational Flow Stability and Transition (Seminar, 2 SWS)

Polifke W [L], Brokof P, Varillon G

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

## Modulbeschreibung

### ED170002: Microstructural Modifications through Additive Manufacturing | Microstructural Modifications through Additive Manufacturing

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2024

<b>Modulniveau:</b> Bachelor/Master	<b>Sprache:</b> Englisch	<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:

The module examination is undertaken via a 60-minute-long written exam comprised of short questions and comprehension questions. Through these, students can show their understanding on the process strategy, the correlating microstructural features and their implications on the material properties on various length scales. As such answers demand composing of self-written text to explain the facts and circumstances. Short questions may ask for concrete technical terms and their explanation.

In cases with low number of examinees, the examiner may opt for an oral examination instead. In this case, the examinees will be notified at least four weeks prior to the exam date (APSO §12 Abs. 8). The oral exam is comprised of a 30-minute-long question and answer session.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

- Knowledge in material science, technical mechanics and finite element analysis. Required basic knowledge is briefly revisited and applied to the context of additive manufacturing.
- Ability to find scientific and technical solutions to interdisciplinary problems

#### Inhalt:

- Introduction into additive manufacturing and the correlation of the process systematic with the obtained material properties
- Freedom in design, applied to geometrical and material design
- Direction dependent properties in single and poly crystals
- Basic design rules for additive manufacturing

- Material laws in FEA and their application to approximate material behaviour

Please note: The focus of this course resides within metals and metal alloys. Correlations and analogies to polymers, ceramics and composites are shown.

**Lernergebnisse:**

After successful completion of this module students are able to:

- categorise advantages and disadvantages of additive manufacturing,
- understand the origins of macroscopic anisotropy in metals,
- understand the origins of inhomogeneity in metals,
- have the knowledge on how to deliberately alter material properties through additive manufacturing,
- understand complex material laws and comprehend why these are required and when they can be applied.

**Lehr- und Lernmethoden:**

The module consists of a lecture and a laboratory exercise. The lecture is a classroom event in which the theoretical knowledge is taught. The main media for this is are lecture slides. Additionally, examples and additional explanations are developed on the blackboard. In the laboratory exercise practical examples are discussed, in which the theoretical knowledge is applied to real-world cases. The main media for the laboratory are slides, the blackboard to sketch and explain the examples, as well as live demos showing the data processing for AM fabrication and FEA approached for part design and strength verification.

**Medienform:**

- PowerPoint presentation of slides (content: pictures, diagrams)
- Further illustrations and explanations on the blackboard

**Literatur:**

- 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):**

Torgersen, Jan; Prof. Dr. techn.

**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

### EI70760: Simulation of Quantum Devices | Simulation of Quantum Devices [SQD]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2021/22

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> 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:

Oral exam 25 minutes (100%)

By answering questions and discussing given examples, the students show that they understand the quantum mechanical and numerical concepts introduced in this course, and can apply them to quantum nanoelectronic devices and structures. In this context, the numerical code developed as a take-home project will also be discussed.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Basic physical concepts; a knowledge of semiconductor device fundamentals is helpful, but not required

#### Inhalt:

The module introduces quantum mechanical concepts as required for describing quantum effects in nanoscale devices, and provides suitable numerical methods for the simulation of such devices. Topics covered range from the Schrödinger equation and its numerical treatment to quantum transport simulations.

#### Lernergebnisse:

After the successful completion of this module, the students are able to

- apply physical models to the description of quantum nanoelectronic devices and structures
- apply numerical methods to the solution of the physical model equations
- develop basic numerical codes for modeling quantum nanoelectronic devices and structures

**Lehr- und Lernmethoden:**

Lecture with exercises and take-home project

In addition to the lectures and the individual learning methods of the student, an improved understanding is targeted by performing computer exercises in individual and group work.

The theoretical background will be provided in the lectures based on direct instruction/lecturing and interactive discussions with the students. The exercises involve working on the problem sets and programming tasks individually at home, as well as developing the solutions interactively in class.

The take-home project involves independent numerical code development.

Workload: 150 hours (60 contact hours, 90 self-study hours)

**Medienform:**

The following media forms are used:

- Computer-based presentations which also constitute the lecture notes
- Blackboard notes
- Computer demonstrations
- Computer-based exercises, additional blackboard notes and presentation slides for solving problem sets (additionally, sample solutions will be provided)

**Literatur:**

The lecture is self-contained. The following textbook is recommended as supplementary resource:

- J. H. Davies: The Physics of Low-Dimensional Semiconductors

**Modulverantwortliche(r):**

Jirauschek, Christian; Prof. Dr.-Ing.

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

Simulation of Quantum Devices (Vorlesung mit integrierten Übungen, 4 SWS)

Jirauschek C [L], Jirauschek C ( Haider M ), Schreiber M

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

## Modulbeschreibung

### EI71055: Computational Materials Design | Computational Materials Design [CMD]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2022/23

<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> 75	<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 Modulprüfung besteht aus zwei Teilen:

- Projekte [Gewichtung 50%].
- Hausaufgaben [Gewichtung 50%].

Die praktische Anwendung von Machine Learning (ML) in den Materialwissenschaften wird mittels zweier vorlesungsbegleitender Projekte geprüft. In den Projekten werden die Studierenden verschiedene ML-Anwendungen in Python implementieren und die Qualität verschiedener ML-Modelle vergleichen. Die Implementierung und die Simulationsergebnisse werden in je einer Präsentation pro Projekt (~15 Minuten) präsentiert und mit den Kommilitonen:innen diskutiert. Zusätzlich wird es zwei Hausaufgaben geben. Hierbei werden die Studierenden verschiedene theoretische Konzepte des Machine Learning und der Datenwissenschaften erarbeiten und in einem ca. Zweiseitigen Aufsatz zusammenfassen.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Grundlagen der Programmierung, sowie grundlegende Kenntnisse der Festkörperphysik, Mathematik, Material- und Ingenieurwissenschaften.

- EI04024: Python for Engineering Data Analysis
- EI71066: Simulation of Semiconductor properties

#### Inhalt:

Es handelt sich um ein projektorientiertes Modul für Studierende eines Masterstudiengangs, die Schlüsselfertigkeiten im interdisziplinären Feld der Materialwissenschaften erwerben wollen. Der Kursschwerpunkte liegen auf (1) der Anwendung von Hochdurchsatzverfahren zur

Modellierung von Materialien und (2) datengestützten Methoden zur akkuraten Vorhersage von unterschiedlichen Materialeigenschaften mittels maschinellen Lernens.

Der Inhalt wird in vier Teile gegliedert:

- Einführung in Hochdurchsatzsimulationen und maschinelles Lernen (ML)
- Einführung in ML für Materialwissenschaften und zugehörige Datensätze sowie Featurisierung und Regressionsmethoden für Anwendungen aus den Materialwissenschaften.
- Implementierung und Optimierung von neuronalen Netzwerke (NN) sowie fortgeschrittene ML Methoden wie z.B. Graphnetzwerke (GNN) im Kontext der Materialwissenschaften.
- Einführung und Implementierung von Bayesschen neuronalen Netzwerken, physikalisch-informierten neuronalen Netzwerken und Kompositionstechniken.

### **Lernergebnisse:**

Nach der erfolgreichen Teilnahme an diesem Modul sind die Studierenden in der Lage

- Programme mittels Python zu entwickeln.
- grundlegende Analysen auf vorhandene Datensätzen anzuwenden.
- verschiedene Typen von Datensätzen in den Materialwissenschaften für maschinelles Lernen zu verstehen.
- wissenschaftliche Fragestellungen der Materialwissenschaften zu identifizieren, die mittels maschinellen Lernens gelöst werden können.
- die Güte eines Machine-Learning-Modelles zu beurteilen.
- unterschiedliche Methoden des maschinellen Lernens zu vergleichen.
- die Bedeutung und Notwendigkeit datengestützter Methoden und maschinellen Lernens zur Bestimmung von Materialeigenschaften zu verstehen.

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

Das Modul besteht aus wöchentlichen Vorlesungen und Übungen.

In den Vorlesungen werden die Modulhalte von einem Dozenten vorgetragen und anschließend mit den Studierenden diskutiert. Zur Visualisierung der Inhalte werden teilweise elektronische Präsentationen verwendet.

In den Übungen sammeln die Studierenden praktische Erfahrungen in der Anwendung von Python im Kontext des maschinellen Lernens. Des Weiteren lernen die Studierenden wie maschinelles Lernen zur Lösung von Problemstellungen in den Materialwissenschaften angewendet werden kann. Hierzu werden die allgemein anerkannten open-source Python Bibliotheken scikit-learn und PyTorch verwendet. Diese Softwarewerkzeuge werden von den Studierenden sowohl in den Übungen als auch zur Bearbeitung der Projektarbeiten verwendet.

### **Medienform:**

Die folgenden Unterlagen werden über die Moodle Plattform bereitgestellt:

- Präsentationen
- Python Codes und Beispiel-Datensätze

### **Literatur:**

- Y. Cheng, T. Wang, G. Zhang: "Artificial Intelligence for Materials Science", Springer, 2021

- A. Géron: "Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow", O'Reilly Media, Inc., 2019

**Modulverantwortliche(r):**

Gagliardi, Alessio; Prof. Dr. rer. nat.

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

Computational Materials Design (Vorlesung mit integrierten Übungen, 5 SWS)

Gagliardi A [L], Kouroudis I

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

## Modulbeschreibung

### IN2124: Basic Mathematical Methods for Imaging and Visualization | Basic Mathematical Methods for Imaging and Visualization

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab 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> 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:

Prüfungsart: schriftliche Klausur

Die Prüfungsleistung wird in Form einer 75-minütigen schriftlichen Klausur erbracht, in der die Studierenden anhand der gestellten Aufgaben nachweisen, dass sie über Kenntnisse der grundlegenden mathematischen Methoden verfügen, und diese erfolgreich bei der Lösung von einfachen, abstrakten mathematischen Problemstellungen anwenden können. Ferner demonstrieren die Studierenden beim Lösen von Aufgaben mit Bezug zu konkreten Anwendungen in Image Processing und Computer Vision, dass sie Anwendungsprobleme mathematisch formulieren können, ihre mathematischen Eigenschaften analysieren können, und mit geeigneten Methoden lösen können.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Semesterende

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

IN0015 Diskrete Strukturen, IN0018 Diskrete Wahrscheinlichkeitstheorie, IN0019 Numerisches Programmieren, MA0901 Lineare Algebra für Informatik, MA0902 Analysis für Informatik

#### Inhalt:

Grundlegende, oft angewandte Techniken werden in der Vorlesung präsentiert und anhand von Anwendungen aus Image Processing und Computer Vision demonstriert. Dieselben mathematischen Methoden kommen aber auch in anderen Ingenieurs-Disziplinen wie Künstliche Intelligenz, Machine Learning, Computergrafik, Robotik etc. zum Einsatz.

Folgende Inhalte werden beispielhaft behandelt:

- Lineare Algebra

- ++ Vektorräume und Basen
- ++ Lineare Abbildungen und Matrizen
- ++ Lineare Gleichungssysteme, Lösen von linearen Gleichungssystemen
- ++ Methode der kleinsten Quadrate
- ++ Eigenwertprobleme und Singulärwertzerlegung
- Analysis
- ++ Metrische Räume und Topologie
- ++ Konvergenz, Kompaktheit
- ++ Stetigkeit und Differenzierbarkeit im Mehrdimensionalen, Taylor-Entwicklung
- Optimierung
- ++ Existenz und Eindeutigkeit von Minimierern, Identifikation von Minimierern
- ++ Gradientenabstieg, Conjugate Gradient
- ++ Newton-Verfahren, Fixpunktiterationen
- Wahrscheinlichkeitstheorie
- ++ Wahrscheinlichkeitsräume, Zufallsvariablen
- ++ Erwartungswert und bedingte Erwartung
- ++ Schätzer, Expectation Maximization Methode

In den Übungen gibt es die Möglichkeit für die Teilnehmer bei der Implementation oder Anwendung der Methoden zur Lösung von realen Problemstellungen ein tieferes Verständnis zu erlangen und praktische Erfahrung zu sammeln.

### **Lernergebnisse:**

Nach der erfolgreichen Teilnahme an diesem Modul verstehen die Teilnehmer die grundlegenden mathematischen Techniken und Methoden. Sie sind dann in der Lage, reale Aufgabenstellungen im Gebiet Imaging und Visualisierung zu formulieren sowie Methoden für die Problemlösung auszuwählen, zu optimieren und zu bewerten. Sie können diese Techniken und Methoden auch auf andere Ingenieurs-Disziplinen wie Künstliche Intelligenz, Machine Learning, Computergrafik, Robotik, etc. anwenden.

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

Das Modul besteht aus einer Vorlesung und einer begleitenden Übungsveranstaltung. Die Inhalte der Vorlesung werden im Vortrag und durch Präsentation mit Tafelanschrieb vermittelt. Studierende werden insbesondere durch die Lösung von Übungsblättern zur inhaltlichen Auseinandersetzung mit den Themen und ihren Anwendungen angeregt. Die Lösung der Übungsaufgaben wird in der Übungsveranstaltung besprochen.

### **Medienform:**

Folienpräsentation, Tafelanschrieb

### **Literatur:**

MATLAB

- Cleve Moler, first chapter of Numerical Computing with MATLAB, SIAM Linear Algebra
- Yousef Saad, Iterative Methods for Sparse Linear Systems, SIAM

- Lloyd N. Trefethen and David Bau, Numerical Linear Algebra, SIAM
- Gilbert Strang, Introduction to Linear Algebra, Wellesley-Cambridge Press Analysis
- Walter Rudin, Real and Complex Analysis, McGraw-Hill Optimization
- Ake Björck, Numerical Methods for Least Squares Problems, SIAM
- Jonathan Shewchuk, An Introduction to the Conjugate Gradient Method Without the Agonizing Pain
- Uri Ascher, A first course in numerical methods, SIAM Probability Theory
- Heinz Bauer, Measure and Integration Theory, deGruyter
- Sheldon Ross, Introduction to probability and statistics for engineers and scientists, Elsevier PDEs
- Lloyd Nick Trefethen , Finite Difference and Spectral Methods for Ordinary and Partial Differential Equations
- Cleve Moler, chapter 11 of Numerical Computing with MATLAB, SIAM

**Modulverantwortliche(r):**

Navab, Nassir; Prof. 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

### IN2298: Advanced Deep Learning for Physics | Advanced Deep Learning for Physics

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2018

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> 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:

Over the course of the semester, students can voluntarily work on four different exercise assignments. The exercises topics include key steps of neural network modeling for simulations. They include algorithms such as pressure projection, implicit solving of partial differential equations, and representing physics problems with neural networks. These exercises are also the primary means for students to demonstrate that they can implement the algorithms of the lecture with python and the C++ programming languages.

The examination takes the form of a written test with a duration of 90 minutes. General knowledge questions check whether the students are familiar with the deep learning concepts, physicals simulations, and discrete representations. Completion of the voluntary exercises will give a grade bonus upon passing the exam.

Model calculations on paper are used to test whether students have acquired knowledge to perform the central solving steps, such as derivative calculations, material transport, time propagation, and internal force evaluation. Short programming tasks with pseudo-code check their ability to solve simple learning and physics problems with suitable algorithms, and their ability to develop suitable solving methods.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Semesterende

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

MA0902 Analysis für Informatiker

MA0901 Lineare Algebra für Informatiker

IN0037 Physikalische Grundlagen für Computerspiele

## IN2346 Introduction to Deep Learning

### **Inhalt:**

Navier-Stokes equations and physics of fluids, finite difference discretizations, advection schemes and their stability properties, Poisson problems, numerical iterative solvers for systems of linear equations, surface representations, and boundary conditions; Physics of elastic materials, stress-strain relationships, finite-element modeling, types of basis functions, tetrahedral meshing, plasticity and fracture.

### **Lernergebnisse:**

This course targets deep learning techniques and numerical simulation algorithms for materials such as fluids and deformable objects. In particular, this course will focus on advanced deep learning concepts such as generative models and time series prediction, with possible applications in the context of computer graphics or vision. After taking this course the students have gained knowledge about the underlying concepts for deep learning algorithms. They are familiar with topics such as auto-encoders, adversarial training, recurrent neural networks, and specialized loss functions.

In addition they know about the physical principles of elastic and plastic materials, with an emphasis on fluids: conservation of mass and momentum, divergence free motion, and vorticity. Students can explain common discrete and continuous representations of the phenomena, such as phase functions, level-sets and Cartesian or tetrahedral meshes.

The core component of this lecture are numerical algorithms to work with partial differential equations. Students can memorize the steps of the algorithms and are able to apply the learned techniques such as computing loss function derivatives, finite-difference discretizations, explicit and implicit integration, in new contexts. They are able to construct working training algorithms, by choosing suitable activation and loss functions, and can choose the right network architecture for different regression / generation tasks. Additionally, students are able to evaluate learning and simulation algorithms in terms of accuracy and computational complexity. Given a set of specific requirements of a problem they can construct a solver based on the different components discussed in the lecture.

In the homework assignments they have acquired practical experience implementing central components of these solvers in a high-level programming language, and they have gained experience working with software APIs implementing higher level functionality.

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

This course is presented with lectures consisting of digital slides, supported by blackboard materials for mathematical topics. These materials are combined with demo applications, videos of real phenomena and digital simulations, and experiments. The experiments and bi-weekly "physics fact" challenges

encourage students to actively participate during the lectures. The exercise assignments are non-mandatory, and are worked on in groups of two to four students.

**Medienform:**

Powerpoint course slides, white board, experiments, online tutorials, source code

**Literatur:**

- I. Goodfellow, Deep Learning, MIT Press, 2017
- Robert Bridson, Fluid Simulation for Computer Graphics, AK Peters, 2007
- D. Baraff, A. Witkin: Physically Based Modeling, SIGGRAPH course notes, 1997

**Modulverantwortliche(r):**

Thürey, Nils; 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

### ME0012: Auslegung, Herstellung und Prüfung medizinischer Implantate | Design, Production and Testing of Biomedical Implants [AHPmedI]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2002

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Deutsch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester
<b>Credits:*</b> 5	<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:**

Schriftliche Prüfung (50 % Fragen mit offenen Antworten und 50 % Multiple-Choice Aufgaben)

#### **Wiederholungsmöglichkeit:**

Folgesemester

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

Keine Vorkenntnisse nötig.

#### **Inhalt:**

Informationen zum Vorgehen bei der Auslegung, Herstellung und Prüfung von medizinischen Implantaten. Die Auslegung der Implantate berücksichtigt die medizinischen und die technischen Voraussetzungen. Bei der Herstellung von Implantaten wird auf verschiedene Materialien und deren Einsatzgebiete eingegangen, ebenso wie auf die biologische Aktivierung der Implantatoberfläche. Im Bereich Prüfung/Testung von Implantaten werden moderne Prüfverfahren, Prüfstände und deren Aufbau erklärt.

#### **Lernergebnisse:**

Erlangung von Grundlagen der Implantologie am Beispiel der Orthopädie. Gemeinsamer Informationsaustausch zwischen Medizin, Naturwissenschaft und Technik.

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

Vorlesung und interaktive Kommunikation mit den Studierenden.

#### **Medienform:**

Präsentationsfolien, Beispielfideos und zusätzliche Gastvorträge.

**Literatur:**

Gradinger R., Gollwitzer H. (2006) Ossäre Integration, Springer, 1. Auflage, ISBN: 3540227210;  
Mow V.C., Huiskers R. (2005) Basic Orthopaedic Biomechanics and Mechano-Biology, Lippincott Raven, 3. Auflage, ISBN: 0781739330;

**Modulverantwortliche(r):**

Rainer Burgkart / Priv.-Doz. Dr. med (burgkart@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

### MW0007: Aerodynamik des Flugzeugs 1 | Aerodynamics of Aircraft 1 [Aero I]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2023

<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 90-minütigen, schriftlichen Klausur erbracht, in der das Erreichen sämtlicher Lernergebnisse überprüft wird. In einem Kurzfragenteil sollen die Studierenden demonstrieren, dass sie die Grundlagen der Unterschallaerodynamik von Profilen und Tragflügeln sowie theoretische Modelle und experimentelle Methoden der Strömungsmechanik und Aerodynamik verstehen. Durch die Bearbeitung von Rechenaufgaben soll nachgewiesen werden, dass die Studierenden in begrenzter Zeit und mit begrenzten Hilfsmitteln Probleme der Unterschallaerodynamik des Flugzeugs erkennen und Wege zu deren korrekten Lösung finden. Dabei sollen die Studierenden unter Anderem zeigen, dass sie die potentialtheoretischen Berechnungsmethoden beherrschen.

Zugelassene Hilfsmittel für die Prüfung:

Teil 1 - Kurzfragenteil: keine, Ausnahme: nicht-programmierbarer Taschenrechner

Teil 2 - Aufgabenteil: Aufgabensammlung, Skripten, Bücher, etc., nicht programmierbarer Taschenrechner

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Fluidmechanik I

#### Inhalt:

Das Modul Aerodynamik des Flugzeugs I vermittelt die Grundlagen der Berechnung und der Analyse der auf ein Fluggerät wirkenden Luftkräfte und gehört somit zur ingenieurwissenschaftlichen, anwendungsbezogenen Ausbildung. Auf Aerodynamik des Flugzeugs I bauen weiterführende Vorlesungen in den folgenden Semestern auf. Inhalte: (1) Grundbegriffe und Grundlagen, (2) Missions- und flugmechanische Aspekte, (3) Potentialtheorie,

(4) Integralgleichung der ebenen Tragflügeltheorie, (5) Profiltheorie und Profilsystematiken, (6) Tragflügeltheorie, (7) Profilentwurf und Optimierung, (8) Experimentelle Aerodynamik.

### **Lernergebnisse:**

Nach erfolgreicher Teilnahme am Modul sind die Studierenden in der Lage:

- Strömungsphysikalische Phänomene der Unterschallaerodynamik von Profilen und Tragflügeln zu verstehen und zu charakterisieren
- Grundlegende theoretische Modelle der Strömungsmechanik und Aerodynamik zu verstehen
- Die potentialtheoretische Berechnung für Profil- (Tropfen- und Skeletttheorie) und Tragflügel (Traglinientheorie) nachzuvollziehen und anzuwenden
- die Profil- und Tragflügelaerodynamik für Unterschallbedingungen mit dieser Berechnungsmethodik zu ermitteln
- aerodynamische Größen anhand der Anforderungen aus Mission und Flugmechanik zu bestimmen
- mit Profilsystematiken vertraut zu sein
- die beim Profilentwurf relevanten Phänomene zu verstehen
- Anforderungen an die experimentelle Aerodynamik unter Nutzung von Windkanälen einzuordnen

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

In der Vorlesung werden die theoretischen Grundlagen der Aerodynamik des Flugzeugs anhand von Vortrag, Präsentation und Anschrieb mittels Folien, Tablet-PC und Beamer vermittelt. Die Theorie wird mittels Beispielen veranschaulicht. Den Studierenden werden eine Foliensammlung, ein ergänzendes Skript, sowie ein Sammlung von Übungsaufgaben online zugänglich gemacht. Die Übung gliedert sich in zwei Teile. In einem ersten Abschnitt werden mittels Tablet-PC zu den jeweiligen Aufgaben Lösungswege präsentiert und Aufgaben vorgerechnet. Im zweiten Abschnitt wird den Studierenden im Rahmen einer rechnergestützten Zusatzübung der Zusammenhang zwischen Theorie und Praxis verdeutlicht. Die Studierenden lernen damit beispielsweise, die Grundlagen der Unterschallaerodynamik von Profilen und Tragflügeln sowie theoretische Modelle und experimentelle Methoden der Strömungsmechanik und Aerodynamik zu verstehen, Probleme der Unterschallaerodynamik des Flugzeugs zu erkennen sowie die potentialtheoretischen Berechnungsmethoden zu beherrschen.

### **Medienform:**

Multimedial gestützter Frontalunterricht, Übungen am Computer

### **Literatur:**

Vorlesungsmanuskript, Übungsaufgabensammlung.

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

Breitsamter, Christian; Prof. Dr.-Ing. habil.

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

Aerodynamik des Flugzeugs I (MW0007) (Vorlesung, 2 SWS)

Breitsamter C

Übung zu Aerodynamik des Flugzeugs 1 (MW0007) (Übung, 2 SWS)

Breitsamter C [L], Breitsamter C ( Dunkes F, Özdemir Y )

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

## Modulbeschreibung

### MW0017: Medizintechnik 2 - ein organsystembasierter Ansatz | Medical Technology 2 - An Organ System Based Approach

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2023

<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> 75	<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:

In einer schriftlichen Klausur (Dauer: 90 Min.) wird das Verständnis der vermittelten Fachkenntnisse überprüft. Die Studierenden sollen demonstrieren, dass sie die Anatomie, Physiologie und Pathologie der Organsysteme sowie die entsprechenden medizintechnischen Lösungen kennen und somit medizintechnische Fragestellungen kritisch bewerten können. Hierzu gehört auch, die rechtlichen Voraussetzungen bei Herstellung, Zulassung und Inverkehrbringen von Medizinprodukten einschätzen zu können.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

keine

#### Inhalt:

Im Modul " Medizintechnik 2 - ein organsystembasierter Ansatz" werden zentrale Inhalte der therapeutischen und diagnostischen Medizintechnik vermittelt und eine Vertiefung in Richtung medizintechnische Materialien und Implantate vorgenommen. Die Vermittlung des Wissens erfolgt in der Regel orientierend an den Organsystemen des menschlichen Körpers und systematisch in drei Stufen: Zunächst werden die anatomisch-physiologischen Grundlagen unterrichtet. Anschließend wird auf die wesentlichen Krankheitsbilder der Organsysteme eingegangen. Abschließend werden die medizintechnischen Lösungen zur Diagnose und Therapie dieser Krankheitsbilder vorgestellt.

Im Modul „Medizintechnik 2 – ein organsystembasierter Ansatz“ stehen folgende Organsysteme im Mittelpunkt (Änderungen vorbehalten): Respiratorisches System, Nervensystem, Urogenitalsystem, Verdauungssystem, Sensorisches System (insb. Ohr). Das Modul ist

komplementär zu „Medizintechnik I – ein organsystembasierter Ansatz“, in dem andere Organsysteme behandelt werden. Beide Module bauen nicht aufeinander auf.

**Lernergebnisse:**

Nach erfolgreicher Teilnahme am Modul "Medizintechnik 2 - ein organsystembasierter Ansatz " sind die Studierenden wie folgt befähigt:

- Grundkenntnisse in der Anatomie, Physiologie und Pathologie der Organsysteme
- Verständnis für die Funktionsprinzipien der entsprechenden medizintechnischen diagnostischen und therapeutischen Lösungen
- Kenntnisse des Einsatzes medizintechnischer Lösungen im medizinischen Umfeld
- Befähigung zur Anwendung des Wissens für eigenständige medizintechnische Entwicklungen, zum Beispiel in Form von Studienarbeiten
- Bewerten zulassungsrelevanter und rechtlicher Voraussetzungen bei Herstellung, Zulassung und Inverkehrbringen von Medizinprodukten

**Lehr- und Lernmethoden:**

Das Modul besteht aus einer Vorlesung und einer Übung. Im Rahmen der Frontalvorlesung werden die theoretischen Grundlagen (z. B. Anatomie, Physiologie und Pathologie der Organsysteme, Funktionsprinzipien der entsprechenden medizintechnischen diagnostischen und therapeutischen Lösungen) strukturiert und umfassend vermittelt. Neben dem Dozentenvortrag wird die Vermittlung der Grundlagen auch durch Videosequenzen visuell unterstützt. Durch Einschub von Einheiten zum Grundwissen, das einigen Studierenden schon in vorangegangenen Lehrveranstaltungen vermittelt wurde (z. B. zellbiologische Grundlagen), sollen alle Studierenden auf den gleichen Wissensstand gebracht werden. Den Studierenden werden die präsentierten Folien sowie weiterführende Informationen online über das Moodle-E-Learning-Portal zugänglich gemacht, um die Inhalte selbstständig nachbereiten zu können.

Im Rahmen der Übung können die gewonnenen Kenntnisse des Einsatzes medizintechnischer Lösungen durch OP-Hospitationen weiter gefestigt werden, wobei die Krankheitsbilder sowie die therapeutischen Maßnahmen live demonstriert werden und mit klinischen Experten diskutiert werden können. Die Übung festigt also gewonnenes Wissen durch die Schaffung eines Bezugs in das reale klinische Umfeld. Den Studierenden wird im Anschluss an die Vorlesung die Möglichkeit gegeben, einzeln oder in Kleingruppen gezielte Fragen an den Dozenten zu stellen. Durch das Frage-Antwort-Format können somit weitere Wissenslücken geschlossen oder individuelle Interessensgebiete vertieft werden. bei den Erläuterungen über die Inhalte der Vorlesung hinausgehen, um das Wissen in einen größeren medizintechnischen Kontext stellen zu können.

**Medienform:**

PowerPoint Folien, Videos

**Literatur:**

- Anatomy and Physiology by OpenStax
- Medizin für Ingenieure, Gunther O. Hofmann, Hanser, 2021, ISBN 978-3-446-46423-0
- Materials for medical application, Robert B. Heimann, De Gruyter, 2020, ISBN 978-3-11-061924-9

**Modulverantwortliche(r):**

Mela, Petra; 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

### MW0040: Fertigungstechnologien | Production Engineering

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2023

<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> 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 ist erfolgt als schriftliche Klausur (Bearbeitungsdauer 90 Minuten). Als Hilfsmittel kann ein nicht programmierbarer Taschenrechner verwendet werden.

Anhand von Verständnisfragen und Rechenaufgaben demonstrieren die Studierenden, dass sie ausgewählte Fertigungsverfahren in die 6 Hauptgruppen nach DIN 8580 einordnen können und die zugrundeliegenden Funktionsprinzipien mit deren Möglichkeiten und Limitierungen erläutern können. Weiterhin wird überprüft, ob sie die benötigten Anlagen, übliche Werkstoffe und Werkzeuge interpretieren sowie typische Schadensbilder klassifizieren können. Die Studierenden berechnen verschiedene technisch und wirtschaftlich relevante Größen und Parameter anhand von gegebenen Praxisbeispielen. Darüber hinaus sollen einzelne Prozessschritte einer Fertigungskette hinsichtlich der Kriterien Wirtschaftlichkeit, technische Umsetzbarkeit und geforderten Bauteileigenschaften definiert werden.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

ab dem 5. Semester

#### Inhalt:

Die Vorlesung Fertigungstechnologien findet in Zusammenarbeit der Institute iwB (Prof. Zäh) und utg (Prof. Volk) statt. Die Lehrveranstaltung beschäftigt sich mit Verfahren zur Herstellung von fertigen Werkstücken aus dem Maschinenbau. Die erste Vorlesungshälfte gibt einen Überblick über die unterschiedlichen Möglichkeiten, feste Körper zu erzeugen (Urformen). Die Weiterverarbeitung dieser Werkstücke durch verschiedenste Umform- und spanlose Trennverfahren wird behandelt. Es werden Verfahren vorgestellt, mit denen Werkstücke durch Aufbringen von Beschichtungen und die gezielte Beeinflussung der Werkstoffeigenschaften an konkrete Anwendungsfälle angepasst werden können. Bei den folgenden Terminen werden

zunächst die Grundlagen der spanenden Fertigungsverfahren und die Grundlagen der Zerspanung behandelt. Im Anschluss daran werden Fertigungsverfahren, welche zur Gruppe "Trennen" zählen, vorgestellt. Danach wird das Rapid Manufacturing erläutert, d. h. schicht-weise aufbauende (additive) Verfahren. Des Weiteren beschäftigt sich die Vorlesung mit dem Wandel der Produktion durch den Einfluss der Informationstechnologie und mit einem Überblick über verschiedene Fügeverfahren (Kraftschluss, Formschluss, Stoffschluss). Die Vorlesung schließt mit den Kapiteln Prozessüberwachung und Qualitätsmanagement, welche anhand der erläuterten Verfahren Anwendungsbeispiele aus der Industrie und der aktuellen Forschung aufzeigen.

### **Lernergebnisse:**

Nach Teilnahme am Modul sind die Studierenden in der Lage,

- die 6 Hauptgruppen nach DIN 8580 zu nennen und diesen die einzelnen Fertigungsverfahren zuzuordnen.
- die den Fertigungsverfahren zugrundeliegenden Funktionsprinzipien zu erklären, deren Möglichkeiten und Limitierungen zu erläutern, die verwendeten Anlagen, Werkstoffe und Werkzeuge zu beschreiben, typische Schadensbilder zu klassifizieren und Zusammenhänge herauszuarbeiten.
- technische und wirtschaftliche Berechnungs- und Bewertungsmethoden anzuwenden, um die Grundlage für den Vergleich einzelner Fertigungsverfahren zu bilden und eine fertigungsgerechte Bauteilauslegung abzuleiten.
- einzelne Prozessschritte einer Fertigungskette hinsichtlich der Kriterien Wirtschaftlichkeit, technische Umsetzbarkeit und geforderte Bauteileigenschaften zu bewerten und den Anforderungen entsprechend auszuwählen.
- aktuelle Trends in Forschung und Entwicklung zu nennen und den Unterschied zum industriellen Stand der Technik darzulegen.

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

Das Modul besteht aus einer Vorlesung und einer Übung. In der Vorlesung werden die theoretischen Grundlagen der Fertigungstechnologien anhand eines Vortrages (Power Point Präsentation) vermittelt. Den Studierenden wird ein Vorlesungsskriptum zur Verfügung gestellt, das sie mit eigenen Notizen ergänzen können.

In der Übung werden anhand von Rechenbeispielen, Präsentationen und Gruppenarbeit praxisnah und anwendungsorientiert die Grundlagen und das Wissen angewendet. Durch Filme und Anschauungsobjekte wird der Lerneffekt gezielt verstärkt.

So sollen die Studierenden beispielsweise lernen, technische und wirtschaftliche Berechnungs- und Bewertungsmethoden anzuwenden, um die Grundlage für den Vergleich einzelner Fertigungsverfahren zu bilden und eine fertigungsgerechte Bauteilauslegung abzuleiten sowie einzelne Prozessschritte einer Fertigungskette hinsichtlich der Kriterien Wirtschaftlichkeit, technische Umsetzbarkeit und geforderte Bauteileigenschaften zu bewerten und den Anforderungen entsprechend auszuwählen.

**Medienform:**

Eingesetzte Medien: Vorlesungsskript, PowerPoint-Präsentation, Übungsaufgaben, praxisnahe und anwendungsorientierte Vermittlung der Vorlesungsinhalte durch Filme und Anschauungsobjekte.

**Literatur:**

1. König, Klocke: Fertigungsverfahren, Springer-Verlag;
2. Westkämper, Warnecke: Einführung in die Fertigungstechnik, Teubner-Verlag;
3. Spur, Stöferle: Handbuch der Fertigungstechnik, Carl Hanser Verlag;
4. Schuler: Handbuch der Umformtechnik, Springer-Verlag Berlin Heidelberg;
5. Vorlesungsskript;
6. DIN 8580: Fertigungsverfahren;
7. Zäh, Wirtschaftliche Fertigung mit Rapid-Technologien, Carl Hanser Verlag

**Modulverantwortliche(r):**

Zäh, Michael; Prof. Dr.-Ing.

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

Fertigungstechnologien Übung (Übung, 1 SWS)

Zäh M, Volk W, Siebert L, Geng P

Fertigungstechnologien (Vorlesung, 2 SWS)

Zäh M, Volk W, Tesch M, Geng P

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

## Modulbeschreibung

### MW0056: Medizintechnik 1 - ein organsystembasierter Ansatz | Medical Technology 1 - An Organ System Based Approach

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2023

<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> 75	<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:

In einer schriftlichen Klausur (Dauer: 90 Min.) wird das Verständnis der vermittelten Fachkenntnisse überprüft. Die Studierenden sollen demonstrieren, dass sie die Anatomie, Physiologie und Pathologie der Organsysteme sowie die entsprechenden medizintechnischen Lösungen kennen und somit medizintechnische Fragestellungen kritisch bewerten können.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

keine

#### Inhalt:

Im Modul " Medizintechnik 1 - ein organsystembasierter Ansatz" werden die Grundlagen der therapeutischen und diagnostischen Medizintechnik vermittelt und eine Vertiefung in Richtung medizintechnische Anwendungen vorgenommen. Die Vermittlung des Wissens erfolgt in der Regel orientierend an den Organsystemen des menschlichen Körpers und systematisch in drei Stufen: Zunächst werden die anatomisch-physiologischen Grundlagen unterrichtet. Anschließend wird auf die wesentlichen Krankheitsbilder der Organsysteme eingegangen. Abschließend werden die medizintechnischen Lösungen zur Diagnose und Therapie dieser Krankheitsbilder vorgestellt. Im Modul „Medizintechnik 1 – ein organsystembasierter Ansatz“ stehen folgende Organsysteme im Mittelpunkt (Änderungen vorbehalten): Integumentäres System (Haut), Sensorisches System (insb. Auge), Herz-Kreislauf-System, Stütz- und Bewegungssystem. Das Modul ist komplementär zu „Medizintechnik 2 – ein organsystembasierter Ansatz“, in dem andere Organsysteme behandelt werden. Beide Module bauen nicht aufeinander auf.

### **Lernergebnisse:**

Nach erfolgreicher Teilnahme am Modul "Medizintechnik 1 - ein organsystembasierter Ansatz " sind die Studierenden wie folgt befähigt:

- Grundkenntnisse in der Anatomie, Physiologie und Pathologie der Organsysteme
- Verständnis für die Funktionsprinzipien der entsprechenden medizintechnischen diagnostischen und therapeutischen Lösungen
- Kenntnisse des Einsatzes medizintechnischer Lösungen im medizinischen Umfeld
- Befähigung zur Anwendung des Wissens für eigenständige medizintechnische Entwicklungen, zum Beispiel in Form von Studienarbeiten

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

Das Modul besteht aus einer Vorlesung und einer Übung. Im Rahmen der Frontalvorlesung werden die theoretischen Grundlagen (z. B. Anatomie, Physiologie und Pathologie der Organsysteme, Funktionsprinzipien der entsprechenden medizintechnischen diagnostischen und therapeutischen Lösungen) strukturiert und umfassend vermittelt. Neben dem Dozentenvortrag wird die Vermittlung der Grundlagen auch durch Videosequenzen visuell unterstützt. Durch Einschub von Einheiten zum Grundwissen, das einigen Studierenden schon in vorangegangenen Lehrveranstaltungen vermittelt wurde (z. B. zellbiologische Grundlagen), sollen alle Studierenden auf den gleichen Wissensstand gebracht werden. Den Studierenden werden die präsentierten Folien sowie weiterführende Informationen online über das Moodle-E-Learning-Portal zugänglich gemacht, um die Inhalte selbstständig nachbereiten zu können.

Im Rahmen der Übung können die gewonnenen Kenntnisse des Einsatzes medizintechnischer Lösungen durch OP-Hospitationen weiter gefestigt werden, wobei die Krankheitsbilder sowie die therapeutischen Maßnahmen live demonstriert werden und mit klinischen Experten diskutiert werden können. Die Übung festigt also gewonnenes Wissen durch die Schaffung eines Bezugs in das reale klinische Umfeld. Den Studierenden wird im Anschluss an die Vorlesung die Möglichkeit gegeben, einzeln oder in Kleingruppen gezielte Fragen an den Dozenten zu stellen. Durch das Frage-Antwort-Format können somit weitere Wissenslücken geschlossen oder individuelle Interessensgebiete vertieft werden. Die Dozenten werden bei den Erläuterungen über die Inhalte der Vorlesung hinausgehen, um das Wissen in einen größeren medizintechnischen Kontext stellen zu können.

### **Medienform:**

PowerPoint Folien, Videos

### **Literatur:**

- Anatomy and Physiology by OpenStax
- Medizin für Ingenieure, Gunther O. Hofmann, Hanser, 2021, ISBN 978-3-446-46423-0
- Materials for medical application, Robert B. Heimann, De Gruyter, 2020, ISBN 978-3-11-061924-9

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

Mela, Petra; Prof. Dr.

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

Medical Technology 1 - an organ system based approach (Übung, 2 SWS)

Mela P [L], Arcuti D, Mela P, Wilhelm D, Mansi S

Medical Technology 1 - an organ system based approach (Vorlesung, 3 SWS)

Mela P [L], Mela P, Arcuti D, Mansi S

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

## Modulbeschreibung

### **MW0254: Werkstoffe für Motoren und Antriebssysteme: Luftstrahlantriebe, extreme Anforderungen an besondere Materialien | Materials for Engines and Propulsion Systems: Jet Engines, Extreme Requirements on Special Materials [WfMuA - L]**

*Extreme Anforderungen an besondere Materialien*

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2011/12

<b>Modulniveau:</b> Bachelor/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 Fragen orientieren sich an der Foliensammlung zur Vorlesung. Es wird darauf geachtet, dass die Teilnehmer insbesondere die aus dem Skript in der Vorlesung herausgearbeiteten Schwerpunkte und Grundprinzipien verstanden haben und reproduzieren können. Darüberhinaus wird die Fähigkeit zum Transfer des Wissens geprüft.

#### **Wiederholungsmöglichkeit:**

Semesterende

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

- Absolviertes Bachelorstudium (Maschinenwesen, Chemieingenieurwesen, Physik, Materialkunde, Ingenieurwissenschaften)
- Grundlagenkenntnisse / -ausbildung in den Gebieten Mathematik, Physik, Technische Mechanik, Werkstoffkunde
- Dazu ist insbesondere eine erfolgreiche Absolvierung der Module Werkstoffkunde I und II erforderlich
- Fähigkeit zur Erkennung von grundlegenden Zusammenhängen und zum Transfer des Wissens

#### **Inhalt:**

Fliegende Triebwerke nehmen hinsichtlich der Anforderungen an die verwendeten Werkstoffe eine Sonderrolle ein. Diese begründet sich u.a. in der Kombination extremer Belastungen verschiedener Art mit sehr hohen Sicherheitsvorschriften. Es wird dargestellt, zur Wahl welcher besonderen Werkstoffe diese Umstände führen, welche Charakteristika die Materialien in

Eigenschaft und Herstellung kennzeichnen und welche spezifischen Kenntnisse mit welchen Mitteln bereitzustellen sind. Basierend auf aktuellen Trends der Triebwerksbranche werden laufende und zukünftige Neuentwicklungen im Werkstoffbereich abgeleitet und demonstriert. Mit Beispielen und Hardware aus Entwicklung und Anwendung sollen die Inhalte illustriert und vertieft werden. Dazu ist auch eine Exkursion zur MTU Aero Engines vorgesehen. Begleitend zur Darstellung der technischen Inhalte wird auf die Rolle der Werkstofftechnik und notwendige Verhaltensmuster der Ingenieure in Maschinenbauunternehmen eingegangen.

### **Lernergebnisse:**

Nach Teilnahme an den Lehrveranstaltungen des Moduls sind die Studierenden in der Lage:

- die Grundprinzipien verschiedener Luftstrahltriebwerkssysteme zu verstehen
- die Spezifika der Triebwerksindustrie und der Werkstofftechnik in dieser Industrie zu verstehen
- die Anforderungen an Werkstoffe in Luftstrahltriebwerken zu verstehen
- sich an die in Flugtriebwerken verwendeten Werkstoffklassen zu erinnern und deren Auswahl zu verstehen
- die werkstofftechnischen Besonderheiten dieser Werkstoffklassen verstehen
- das Erlernte zur Auswahl für den Betrieb geeigneter Materialien anzuwenden
- die technischen Betriebsbelastungen im Flugtriebwerk zu verstehen und im Prinzip zu analysieren
- Zielsetzungen für Materialentwicklungen zu schaffen

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

- Siehe auch: "Medienformen" (Vortrag an Hand einer Power-Point-Präsentation mit ergänzenden Erläuterungen an der Tafel sowie Gruppenübung und Werksführung bei MTU)
- Eigenstudium (Lernen) der Fachbegriffe und grundlegenden Zusammenhänge
- Nachvollziehen der Schlüsse und Rechnungen aus der Lehrveranstaltung
- Ergänzen des Lehrstoffes durch Studium der empfohlenen Literatur
- Diskussion des Erlernten mit Kommilitonen

### **Medienform:**

- Powerpointpräsentation von Folien (Inhalt: Text, Bilder, Diagramme), verfügbar als Skriptum im Univis-System
- Ergänzende Erläuterungen an der Tafel
- Videos von Tests und zur Produktion von Triebwerken und Bauteilen
- Gruppenübung zur Identifikation von als Hardware vorliegenden Bauteile aus verschiedene Positionen im Triebwerk und aus verschiedenen Werkstoffen
- Werksführung bei MTU (Vortrag zu MTU, MTU-Museum mit Triebwerken, Fertigungshallen)

### **Literatur:**

- Foliensammlung zu der Lehrveranstaltung
- Schwerpunkt Werkstoffe und Werkstoffmechanik allgemein: M.F. Ashby, D.R.H. Jones, Ingenieurwerkstoffe , R. Bürgel, Festigkeitslehre und Werkstoffmechanik , Tabellenbuch Metall
- Schwerpunkt Titan: G. Lütjering, J.C. Williams, Titanium

- Schwerpunkt Werkstoffe für hohe Temperaturen (inkl. Schichten): G.W. Meetham, M.H. Van der Voorde, Materials for High Temperature Applications , M.J. Donachie, S.J. Donachie, "Superalloys", C.T. Sims, N.S. Stoloff, W.C. Hagel, "Superalloys II"
- Schwerpunkt Verfahren: P. Adam, Fertigungsverfahren von Turbotriebwerken
- Schwerpunkt technische Mechanik: I. Szabo, Einführung in die Technische Mechanik , K. Magnus, H.H. Müller, Grundlagen der Technischen Mechanik , E. Becker, W. Bürger, Kontinuumsmechanik
- Schwerpunkt Materialsymmetrien und Tensordarstellung: S. Haussühl, Kristallgeometrie , Kristallstrukturbestimmung und Kristallphysik , W. Kleber, Einführung in die Kristallographie
- Schwerpunkt Triebwerkstechnik: K. Hünecke, Flugtriebwerke

**Modulverantwortliche(r):**

Torgersen, Jan; Prof. Dr. techn.

**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

### MW0416: Strömungsphysik und Modellgesetze | Flow Physics and Similarity Laws [Strö. Physik]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2012

<b>Modulniveau:</b> Bachelor/Master	<b>Sprache:</b> Deutsch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Sommersemester
<b>Credits:*</b> 3	<b>Gesamtstunden:</b> 100	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 70	<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 Prüfungsleistungen werden je nach Anzahl der Teilnehmer in Form einer mündlichen oder schriftlichen Prüfung erbracht. Damit soll nachgewiesen werden, dass in begrenzter Zeit und ohne Hilfsmittel über Problemstellungen aus dem Inhalt der Veranstaltung diskutiert werden kann. Der Prüfungsinhalt erstreckt sich über den gesamten Vorlesungsinhalt.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Fluidmechanik I, Fluidmechanik II

#### Inhalt:

Das Modul Strömungs- und Flugphysik vermittelt grundlegende strömungsphysikalische Zusammenhänge mit Bezug auf Fragestellungen aus der Flugzeugaerodynamik, wobei der Schwerpunkt auf phänomenologischen Betrachtungen und die Bedeutung der fluidmechanischer Kennzahlen liegt.

Inhalte:

- Grundgleichungen der Fluidmechanik
- Kennzahlen der Fluidmechanik, Ähnlichkeitsgesetze und Strömungsphänomenologie
- Entstehung von Widerstand und Auftrieb
- Einfluss der Geometrie bzw. Formgebung des umströmten Körpers auf Widerstand und Auftrieb
- Koordinatensysteme und aerodynamische Beiwerte
- Konfigurationsoptimierung
- Anwendung: Charakterisierung der aerodynamischen Größen der Flugzeuglängsbewegung

**Lernergebnisse:**

Nach erfolgreicher Teilnahme am Modul sind die Studierenden in der Lage:

- Die Grundgleichungen der Fluidmechanik zu erläutern
- die für die Aerodynamik besonders relevanten dimensionslosen Kennzahlen zu charakterisieren und zugehörige Strömungsphänomene zu beschreiben
- aus den dimensionslosen Kennzahlen Ähnlichkeitsgesetze abzuleiten
- die physikalischen Ursachen für aerodynamische Kräfte, insbesondere Widerstand und Auftrieb, zu erklären
- den Einfluss von Geometrieparametern auf aerodynamische Größen zu diskutieren
- wirbelbehaftete Strömungen zu charakterisieren
- die aerodynamischen Beiwerte der Längsbewegung zu klassifizieren
- statische und dynamische Stabilität zu charakterisieren

**Lehr- und Lernmethoden:**

Vorlesung: Darbietendes Lehrverfahren.

**Medienform:**

Multimedial gestützter Frontalunterricht

**Literatur:**

Vorlesungsmanuskript

**Modulverantwortliche(r):**

Breitsamter, Christian; Prof. Dr.-Ing. habil.

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

Lecture Flow Physics and Similarity Laws

Christian Breitsamter, PD Dr. (Christian.Breitsamter@aer.mw.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

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

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab 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> 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 einer Formelsammlung zusammenhängende Probleme erarbeitet werden sollen.

Zugelassenes Hilfsmittel: nicht-programmierbarer Taschenrechner.

Im Wintersemester wird das Modul auf deutsch angeboten.

Die Prüfung wird nach jedem Semester in deutscher und englischer Sprache angeboten.

Im Sommersemester wird das Modul auf englisch angeboten.

#### 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; 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, Bott L

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

## Modulbeschreibung

### MW1384: Kohlenstoff und Graphit - Hochleistungswerkstoffe für Schlüsselindustrien | Carbon and Graphite - High Performance Materials for Key Industries [C&G]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2020

<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:

In einer schriftlichen Prüfung sind die vermittelten Inhalte auf verschiedene Problemstellungen anzuwenden.

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:

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

keine

#### Inhalt:

Es wird ein Gesamtüberblick über die wichtigsten industriellen Kohlenstoff- und Graphitwerkstoffe, wie z. B. Naturgraphit, expandierter Graphit, amorpher Kohlenstoff, synthetischer Graphit, Kohlenstofffaser, kohlenstofffaserverstärkter Kohlenstoff, etc. gegeben. Neben den physikalischen und strukturellen Eigenschaften werden die verschiedenen Rohstoffe und Herstellungstechnologien und die Hauptanwendungsfelder der kohlenstoffbasierenden Hochleistungswerkstoffe dargestellt. Als Beispiel können hier genannt werden:

Kohlenstoffelektroden für die Gewinnung von Silizium, Graphitelektroden für die Stahlerzeugung, Amorpher Kohlenstoff und Graphit für Auskleidung von Hochöfen, Feinkorngraphite und kohlenstofffaserverstärkter Kohlenstoff für die Solar- und Halbleiterindustrie, Nukleargraphit und Graphite für den chemischen Apparatebau Kohlenstoff- und Graphitpulver für die Batterietechnologie, Expandierter Graphit für die Dichtungstechnik, Kohlenstofffaserverstärkte Verbundwerkstoffe für den Leichtbau. Die Vorlesungsreihe wird abgerundet mit einem kurzen Einblick zu den jüngeren Kohlenstoffformen, wie Nanotubes, Fullerene und Graphene.

### **Lernergebnisse:**

Nach der Modulveranstaltung haben die Studierenden einen Überblick über die verschiedenen kohlenstoffbasierenden Werkstoffe, die Herstellungstechnologien in der Kohlenstoffwelt, sowie über die Verwendung von Kohlenstoff in Schlüsseltechnologien erhalten und sind in der Lage Werkstoffe gezielt auszuwählen.

Strukturell erlernen die Studierenden, wie man gezielt die anisotropen Eigenschaften der Graphitstruktur in anwendungsgerechte Produkte umsetzt. Die verschiedenen Kohlenstoff- und Graphitwerkstoffe werden mit anderen Materialien, wie Metalle und Keramiken verglichen, so dass eine gewisse Materiallandkarte entsteht.

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

In der Vorlesung werden die Lehrinhalte anhand von Vortrag, Präsentation und Tafelanschrieb vermittelt. Die Hauptlehrinhalte des Vortermins werden in der darauf folgenden Vorlesungstermin noch wiederholt, um den Lerneffekt zu unterstützen. Zusätzlich wird Raum für Fragen in jeder Vorlesungssession eingeplant. Die Vorlesungsunterlagen werden als Hard-Copy zur Verfügung gestellt.

### **Medienform:**

Vortrag, Präsentation, Tafelanschrieb

### **Literatur:**

Otto Vohler, Gabriele Nutsch, Gerd Collin, Ferdinand von Sturm, Erhard Wege, Wilhelm Frohs, Klaus-Dirk Henning, Hartmut von Kienle, Manfred Voll, Peter Kleinschmit, Otto Vostrowsky, Andreas Hirsch: Carbon, Ullmann`s Encyclopedia of Industrial Chemistry, Wiley-VCH, 7th Edition, Release 2009.

Erich Fitzer, Rudolf Kleinholz, Hartmut Tiesler, Martyn Hugh Stacey, Roger De Bruyne, Ignace Lefever, Andrew Foley, Wilhelm Frohs, Tilo Hauke, Michael Heine, Hubert Jäger, Sandra Sitter: Fibers, 5. Synthetic Iorganic, Ullmann`s Encyclopedia of Industrial Chemistry, Wiley-VCH, 7th Edition, Release 2009.

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

Öttinger, Oswin; 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

### MW1692: Aeroakustik | Aeroacoustics [AA]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab 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 Prüfungsleistung wird in Form einer 90-minütigen, schriftlichen Klausur erbracht, in der das Erreichen sämtlicher Lernergebnisse überprüft wird. In einem Kurzfragenteil sollen die Studierenden demonstrieren, dass sie grundlegende Fakten zur Aeroakustik kennen und die Zusammenhänge verstehen. Durch die Bearbeitung von Rechenaufgaben soll nachgewiesen werden, dass Studierende in begrenzter Zeit und mit begrenzten Hilfsmitteln ein aeroakustisches Problem erkennen und Wege zur korrekten Lösung finden.

Als Hilfsmittel für die Prüfung sind ein nicht-programmierbarer Taschenrechner, ein Wörterbuch (dictionary) und eine ausführliche Formelsammlung, die mit den Prüfungsunterlagen ausgehändigt wird, zugelassen.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Fluidmechanik I, Fluidmechanik II

#### Inhalt:

Eigenschaften und quantitative Beschreibung von Schall;  
Wellengleichung der linearen Akustik, ebene Wellen, komplexe Wandimpedanz, Reflexion, Transmission; Schallausbreitung in Kanälen, Modenstruktur; dreidimensionale Schallfelder, atmende und vibrierende Kugel; Schallquellen: Monopol, Dipol, Quadrupol, Inhomogene Wellengleichung der Akustik, kompakte Quelle und Fernfeldapproximation; Schallerzeugung durch Strömung; akustische Analogie, Lighthill-Gleichung, Freistrahllärm, Erweiterung von Ffowcs Williams Hawkings und Curle, Kirchhoff-Integral, Wirbelschall.

### **Lernergebnisse:**

Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls sollen die Studierenden in der Lage sein, Problemstellungen aus der Aeroakustik als solche zu erkennen und entsprechend der grundsätzlichen physikalischen Entstehungsmechanismen (pulsierender Massenfluss, Wechselkräfte, Turbulenz) einordnen zu können. Auf dieser Grundlage werden sie in der Lage sein, Maßnahmen zur Reduzierung oder Eindämmung von Strömungslärm zu entwerfen. Sie sollen zudem die Fähigkeit erwerben, zu beurteilen, welche Prognosemethoden für die Entstehung und die Ausbreitung von Strömungsschall bei einer konkreten Problemstellung aus Naturwissenschaft und Technik in Frage kommen.

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

In der Vorlesung werden Lehrinhalte anhand von Vortrag, Präsentation und Anschrieb mittels Tablet-PC und Beamer vermittelt. Dabei kommen Ausfüllfolien mit Leerstellen zum Einsatz, bei denen während der Vorlesung Teilschritte bei mathematischen Herleitungen ergänzt werden. Die Theorie wird mittels Beispielen unter Verwendung audiovisueller Medien veranschaulicht. Den Studierenden wird eine Foliensammlung online zugänglich gemacht. In der Übung werden Aufgaben aus den im Voraus bekannt gemachten Übungsblättern vorgerechnet. Kleine Programmieraufgaben auf Basis von MATLAB helfen dabei, den Lernstoff zu verdeutlichen.

### **Medienform:**

Multimedial gestützter Frontalunterricht,  
MATLAB-Codes

### **Literatur:**

Vorlesungsfolien, Übungsaufgaben.

Klaus Ehrenfried. "Strömungsakustik" (2004), ISBN 3-89820-699-8.

A. P. Dowling & J.E. Ffowcs Williams. "Sound and sources of sound",  
John Wiley & Sons, 1983.

M. S. Howe. "Theory of vortex sound". Cambridge University Press, 2003.

S. W. Rienstra & A. Hirschberg, (Eindhoven University of Technology): An introduction to  
Acoustics, 15 January 2012.

M. Goldstein. „Aeroacoustics“, McGraw Hill Internat. Book Company, 1976.

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

Kaltenbach, Hans-Jakob; Prof. Dr.-Ing.

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

Aeroakustik (MW1692) (Vorlesung, 2 SWS)

Kaltenbach H

Übung zu Aeroakustik (MW1692) (Übung, 1 SWS)

Kaltenbach H

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

## Modulbeschreibung

### MW1817: Biomechanik - Grundlagen und Modellbildung | Biomechanics - Fundamentals and Modeling

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2022/23

<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 Prüfungsleistung wird in Form einer schriftlichen Klausur (90 min) erbracht.

Die Kombination aus einem Teil mit Wissensfragen (Kurzfragenteil) und einem Teil mit Rechenaufgaben soll das Verständnis spezieller Phänomene der Biomechanik sowie die Fähigkeit, geeignete biomechanische Modelle zu formulieren, überprüfen. Beispielsweise sollen die Studierenden zeigen, dass sie die maßgeblichen physikalischen Effekte identifizieren und daraus eine möglichst einfache mathematische Beschreibung der Biologie ableiten können und dass sie im Bereich der Strukturmechanik das Konzept der Homogenisierung von Gewebeeigenschaften sowie, in der Fluidmechanik, die wesentlichen Schritte zur Dimensionsreduktion der Strömungen im Blutkreislauf und in der Lunge beherrschen.

Zugelassene Hilfsmittel:

Kurzfragenteil: keine

Rechenaufgabenteil: sämtliche schriftliche Unterlagen (Skript, Übungsunterlagen, Hausübungen, Bücher, Notizen, etc.) sowie ein nichtprogrammierbarer Taschenrechner.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Kenntnisse im Bereich der nichtlinearen Kontinuumsmechanik und der Physiologie sind von Vorteil, jedoch keine Voraussetzung. Wesentliche Grundlagen werden zu Beginn der Vorlesung wiederholt.

#### Inhalt:

Unter Biomechanik versteht man die Anwendung mechanischer Prinzipien auf biologische Systeme mit dem Ziel, Einblicke in deren Funktionsweise zu gewinnen, krankhafte Änderungen vorherzusagen und gegebenenfalls Therapieansätze vorzuschlagen. Damit ist die Biomechanik

die Grundlage der modernen Medizintechnik bzw. des Bioengineerings. In diesem Modul werden anhand einiger Beispiele die einzelnen Schritte der Modellbildung erarbeitet. Ausgehend von einer kurzen Einführung in die Anatomie und Physiologie des betrachteten Systems (u.a. Lunge, Knochen, kardiovaskuläres System) werden die für ein mechanisches Modell wesentlichen Aspekte definiert und geeignete Ansätze zur Modellierung formuliert. Schwerpunkte sind die Mechanik von biologischen Geweben (u.a. passives und aktives Verhalten, Wachstum, "Remodelling") sowie die Modellierung von Strömungs- und Transportphänomenen in Blutgefäßen und Atemwegen (u.a. Vergleich von 3D, 1D und 0D Modellen).

### **Lernergebnisse:**

Nach der erfolgreichen Teilnahme am Modul Biomechanik Grundlagen und Modellbildung sind die Studierenden in der Lage, selbstständig zu erkennen, welche grundlegenden mechanischen Prinzipien berücksichtigt werden müssen, um das Verhalten eines vorliegenden biologischen Systems abzubilden. Demzufolge können sie die maßgeblichen physikalischen Effekte identifizieren und daraus eine möglichst einfache mathematische Beschreibung der Biologie ableiten. Konkret beherrschen sie im Bereich der Strukturmechanik das Konzept der Homogenisierung von Gewebeeigenschaften sowie, in der Fluidmechanik, die wesentlichen Schritte zur Dimensionsreduktion der Strömungen im Blutkreislauf und in der Lunge. Weiterhin haben die Studierenden nach Abschluss dieses Moduls einen Überblick über die gängigen Modellierungsansätze der wichtigsten Vorgänge im menschlichen Körper und deren Anwendungsbereiche.

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

Das Modul besteht aus einer Vorlesung und einer Übung. Die Vorlesung findet als Vortrag statt. Innerhalb der Vorlesung werden die theoretischen Grundlagen der Biomechanik und der Modellbildung am Tablet-PC angeschrieben, die die Studierenden in ihr Handout übertragen können. In den Übungen werden Beispielaufgaben gemeinsam erarbeitet und gelöst. Damit sollen die Studierenden z. B. lernen, die maßgeblichen physikalischen Effekte zu identifizieren und daraus eine möglichst einfache mathematische Beschreibung der Biologie abzuleiten und im Bereich der Strukturmechanik das Konzept der Homogenisierung von Gewebeeigenschaften sowie, in der Fluidmechanik, die wesentlichen Schritte zur Dimensionsreduktion der Strömungen im Blutkreislauf und in der Lunge zu beherrschen.

### **Medienform:**

Vortrag, Präsentation mit Tablet-PC, Lernmaterialien auf Lernplattform

### **Literatur:**

Mitschrieb der Vorlesung, Handout Vortragsfolien, Weiterführende Literatur:

- Bates, Jason. Lung Mechanics : An Inverse Modeling Approach, Cambridge University Press, 2009.
- Ethier, C. Ross, Simmons, Craig A. Introductory Biomechanics: From Cells to Organisms, Cambridge University Press, 2007.

**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

### MW1828: Designprinzipien in Biomaterialien - die Natur als Ingenieur | Design Principles in Biomatter - Nature as an Engineer [DIB]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2025/26

<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:

In einer 50-minütigen schriftlichen Klausur weisen die Studierenden nach, dass sie zugrundeliegende Designprinzipien ausgewählter Biomaterialien analysieren können und die zugrundeliegenden physikalischen Phänomene verstehen. Bei der Klausur sind keine Hilfsmittel zugelassen.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Physikalische Grundlagen ([MW2015] Grundlagen der Thermodynamik) aus dem Bachelorstudium sind Voraussetzung. Biologisches und chemisches Grundwissen (Niveau: gymnasiale Oberstufe) wird ebenfalls erwartet.

#### Inhalt:

In diesem Modul wird zunächst der Aufbau von Biomaterialien besprochen. Die Prinzipien der Selbstassemblierung werden an Beispielen des DNA-Origami, der Proteinbiosynthese und der Replikation von Viren verdeutlicht. Diffusion als zentraler Transportmechanismus in Biomaterie sowie die Regulationsmechanismen dieses Mechanismus werden diskutiert und Ladungsabschirmungseffekte durch Elektrolyte werden besprochen. Designprinzipien zum Aufbau selektiver Strukturen werden diskutiert und deren Einsatz zur Schaffung und Aufrechterhaltung von räumlichen Gradienten werden behandelt. Die Prinzipien der elektrischen Signalübertragung in Neuronen – insbesondere die Gemeinsamkeiten und Unterschiede zum rein passiven Ladungstransport in Koaxialkabeln - werden diskutiert.

**Lernergebnisse:**

Nach erfolgreicher Teilnahme an dem Module verstehen die Studierenden den Aufbau einer Reihe von Biomaterialien, wie z.B. selektiver Hydrogele oder Ionenkanäle. Sie sind in der Lage, die dabei zugrundeliegenden Designprinzipien zu analysieren und die Gemeinsamkeiten und Unterschiede zum Design von technischen Materialien mit ähnlichen Aufgaben zu bewerten.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Das Modul besteht aus einer Vorlesung, in dieser werden die Inhalte mittels Vorträgen, unterstützt durch Präsentationen, vermittelt Die Vorlesungsfolien werden spätestens am Tag vor dem jeweiligen Vorlesungstermin online zum Download zugänglich gemacht, so dass sich die Studierenden während der Vorlesung ergänzende Kommentare in ihre ausgedruckten Folien eintragen können. Ausgewählte Skizzen und Schemata werden als Tafelanschrieb ergänzt.

**Medienform:**

Power Point Vortrag mit Folien zum Download, Kurzfilme

**Literatur:**

Die Vorlesungsfolien werden online zum Download bereitgestellt. Vertiefende Fachliteratur zu den jeweiligen Themen wird in der Vorlesung genannt bzw. ist auf den jeweiligen Folien angegeben.

**Modulverantwortliche(r):**

Lieleg, Oliver; Prof. Dr.

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

Designprinzipien in Biomaterialien - die Natur als Ingenieur (Vorlesung, 2 SWS)

Lieleg O

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

## Modulbeschreibung

### MW2228: Aeroelastik | Aeroelasticity

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2014/15

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Englisch	<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:

Students will be evaluated based on the final examination.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Mechanics and aerodynamics.

#### Inhalt:

The course describes basic aeroelastic phenomena arising from the mutual interaction of elastic, aerodynamic and inertial forces on a structure, with special emphasis on problems related to fixed wing vehicles. Aeroelasticity plays a major role in the design, qualification and certification of flying vehicles, as it contributes to the definition of the flight envelope and affects various performance indicators. The course is organized according to the following plan:

- Introduction: why aeroelasticity matters, basic concepts in aeroelasticity, examples (including the role of aeroelasticity beyond aeronautical engineering).
- Static aeroelasticity: divergence speed; lift distribution over straight and swept flexible wings; aileron effectiveness and reversal.
- Dynamic aeroelasticity: vibrations of beams and mode coalescence; flutter; transient response, including gust response.

#### Lernergebnisse:

After successfully completing the course, the student will be able to:

- Comprehend typical aeroelastic problems, understanding the physical principles at play;
- Appreciate the role of aeroelasticity in the design of flying vehicles;
- Derive simple models for the description of basic static and dynamic aeroelastic problems, accounting for all relevant forces;

- Use the models for making quantitative predictions on the insurgence of important aeroelastic phenomena, such as divergence and flutter;
- Understand the limits of the simple methods used in the course, and appreciate how more sophisticated approaches for practical engineering applications are developed.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Learning method: In addition to the individual methods of the students, consolidated knowledge is aspired by repeated lessons in exercises and tutorials. Teaching method: During the lectures students are instructed in a teacher-centered style. The exercises are held in a student-centered way

**Medienform:**

The following kinds of media are used:

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

**Literatur:**

Course material will be provided by the instructor.

Additional recommended book:

- R.L. Bisplinghoff, H. Ashley, Principles of Aeroelasticity, Courier Dover Publications, 2002.

**Modulverantwortliche(r):**

Bottasso, Carlo; Prof. Dr.

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

Aeroelasticity (Vorlesung, 2 SWS)

Bottasso C [L], Bottasso C, Shah A, Vad A

Aeroelasticity (Übung, 1,5 SWS)

Bottasso C [L], Shah A, Vad A

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

## Modulbeschreibung

### MW2335: Numerische Kontakt- und Interfacemechanik | Computational contact and interface mechanics [CCIM]

#### *Numerische Kontakt- und Interfacemechanik*

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2016/17

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Englisch	<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:**

Das Erreichen der Lernziele wird am Semesterende schriftlich geprüft. Der schriftliche Prüfungsmodus soll sicher stellen, dass die Fähigkeit eigenständig mathematische Modelle zu entwickeln und Abschätzungsrechnungen durchzuführen ausreichend objektiv bewertet werden kann. In der Prüfung sind sowohl mathematische Aufgaben zu lösen als auch allgemeine, an den Inhalten orientierte Wissensfragen zu beantworten (teilweise in freier Formulierung, teilweise im Multiple-Choice-Modus). Die Gesamtnote ergibt sich ausschließlich aus der Prüfung am Ende des Semesters.

#### **Wiederholungsmöglichkeit:**

Folgesemester

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

Die Inhalte der Vorlesungen "Finite Elemente" und "Nichtlineare Finite-Element-Methoden" oder vergleichbarer Lehrveranstaltungen werden vorausgesetzt. Idealerweise sind auch die Inhalte der Vorlesung "Numerische Methoden für Ingenieure" (oder vergleichbar) bekannt, dies ist aber keine Voraussetzung.

#### **Inhalt:**

Im Rahmen dieser Lehrveranstaltung werden computerorientierte Verfahren (schwerpunktmäßig Finite-Elemente-Methoden) für die Lösung von ingenieurwissenschaftlichen Fragestellungen aus der Kontakt- und Interfacemechanik behandelt. Konkret umfassen die Inhalte:

- Kontakt- und Interfacemechanik in der Ingenieurpraxis
- Mathematisch-mechanische Modellbildung in der Kontakt- und Interfacemechanik
- Finite-Element-Methoden (FEM) in der Kontakt- und Interfacemechanik
- Diskretisierungsverfahren (Node-to-Node, Node-to-Segment, Segment-to-Segment, Mortar)

- Formulierung von Nebenbedingungen (Penalty, Lagrange-Multiplikatoren, Augmented Lagrange)
- FEM-Ansätze für Interface-Netzkopplung
- FEM-Ansätze für Kontakt und Reibung
- FEM-Ansätze für Abrieb und Verschleiß
- FEM-Ansätze für thermomechanischen Kontakt
- FEM-Ansätze für elastohydrodynamischen Kontakt
- Kontaktmodelle für Balken und Schalen
- Trends in der numerischen Kontakt- und Interfacemechanik

Die theoretischen Inhalte der Vorlesung werden im Hinblick auf großskalige Ingenieur Anwendungen durch Rechenbeispiele und Aspekte moderner C++ basierter Implementierungen ergänzt.

### **Lernergebnisse:**

Nach der erfolgreichen Teilnahme an diesem Modul sind die Studierenden in der Lage, alle wichtigen Grundbegriffe im Bereich der computerorientierten Kontakt- und Interfacemechanik zu definieren. Insbesondere verstehen sie das Zusammenspiel von mathematisch-mechanischer Modellbildung und numerischen Algorithmen für die Lösung verschiedenster Klassen von Kontakt- und Interfaceproblemen. Des Weiteren erlangen die Studierenden die Fähigkeit, heute verfügbare Lösungsmethoden vergleichend zu analysieren und diese sowohl qualitativ zu bewerten als auch einfach quantitative Auswertungen vorzunehmen. Nach Abschluss der Veranstaltung sind sie somit in der Lage, computerorientierte Verfahren in der Kontakt- und Interfacemechanik zielgerichtet anzuwenden und diese in gewissem Umfang auch eigenständig weiter zu entwickeln beziehungsweise auf eigene Fragestellungen zu transferieren.

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

Die Vorlesung findet als Vortrag statt. Wichtige Inhalte der Vorlesung werden am Tablet-PC angeschrieben, die die Studierenden in ihr Handout übertragen können. In den Übungen werden Beispielaufgaben teilweise von den Studierenden selbstständig, teilweise gemeinsam erarbeitet und gelöst.

### **Medienform:**

Präsentation mit Tablet-PC, Lernmaterialien und Aufgabenstellungen auf Lernplattform, Rechnerübungen (an eigenen Notebooks bzw. an Desktop-Rechnern des Lehrstuhls)

### **Literatur:**

P. Wriggers, Computational contact mechanics, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2006;  
T.A. Laursen, Computational contact and impact mechanics: Fundamentals of modeling interfacial phenomena in nonlinear finite element analysis, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2013;

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

Alexander Popp

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

Vorlesung

Alexander Popp, Wolfgang A. Wall

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

## Modulbeschreibung

### MW2380: Ringvorlesung: Additive Fertigung | Lecture Series: Additive Manufacturing

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2025/26

<b>Modulniveau:</b> Bachelor/Master	<b>Sprache:</b> Deutsch/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 Modulprüfung erfolgt in Form einer schriftlichen Klausur (Bearbeitungsdauer: 60 min). Darin wird anhand von Verständnisfragen überprüft, ob die Studierenden beispielsweise die Unterschiede zwischen traditionellen und additiven Fertigungsverfahren verstehen und nennen können oder Einschränkungen in der industriellen Anwendung erkennen und Gegenmaßnahmen formulieren können. Zugelassene Hilfsmittel sind während der Klausur Schreib- und Zeichengeräte, analoge nicht-fachliche Fremdsprachenwörterbücher ohne Anmerkungen und nichtprogrammierbare Taschenrechner.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Es werden keine speziellen Vorlesungen, Übungen oder Praktika vorausgesetzt.

#### Inhalt:

Derzeit investieren zahlreiche Unternehmen in die additive Fertigungstechnik, um eine Alternative zu bekannten, konventionellen Verfahren aufzubauen und die Vorteile der Schichtbauverfahren, wie beispielsweise eine hohe geometrische Gestaltungsfreiheit, für sich zu erschließen.

Ziel der Veranstaltung ist es, den Studierenden einen Einblick in die Möglichkeiten und die Anwendungsgebiete der Additiven Fertigung zu geben.

In der Vorlesungsreihe werden folgende Inhalte abgedeckt:

- Einführung in die Additive Fertigung und Marktübersicht
- Datenaufbereitung
- Grundlagen der Prozesssimulation
- Werkstoffe der Additiven Fertigung
- Additive Fertigung von Metallen

- Additive Fertigung von Polymeren
- Sonderverfahren zur additiven Verarbeitung von Verbundwerkstoffen
- Sonderverfahren zur additiven Fertigung metallischer Werkstücke
- Special procedures for additive processing of metal workpieces
- Additive Fertigung im Bauwesen
- Additive Fertigung in der Medizintechnik
- anwendungsorientierte Simulation
- Vorträge mehrerer Industriepartner
- Live-Demonstration der Additiven Fertigung an der TUM

Referent:innen unterschiedlicher Lehrstühle der TUM und Industrievertreter:innen werden verschiedene Aspekte und Anwendungsbereiche der Additiven Fertigung vorstellen und auf die technischen Herausforderungen eingehen.

Den Studierenden wird zudem ein Einblick in die Forschung und Aktivitäten im Bereich der Additiven Fertigung an den Lehrstühlen der TUM ermöglicht.

### **Lernergebnisse:**

Nach der Teilnahme am Modul sind die Studierenden in der Lage,

1. die grundlegenden Unterschiede zwischen additiven und traditionellen Fertigungsverfahren zu verstehen und zu nennen,
2. geeignete und ungeeignete Anwendungsbereiche zu erkennen,
3. Anforderungen an die Additive Fertigung in den einzelnen Anwendungsbereichen zu formulieren sowie
4. Einschränkungen in der industriellen Anwendung zu erkennen und Gegenmaßnahmen zu formulieren.

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

Das Modul besteht aus einer Vorlesung, Industriepräsentationen und einer Führung durch die Labore an den Lehrstühlen der TUM. In der Vorlesung werden die theoretischen Grundlagen anhand von PowerPoint-Präsentationen sowie Film- und Bildmaterial vermittelt. Die Vorlesungsfolien werden den Studierenden zum Download zur Verfügung gestellt. Die Beiträge werden durch aktuelle Forschungsprojekte der Lehrstühle und praxisnahe Referent:innen-Beiträge aus der Industrie unterstützt. Durch Diskussion soll eine aktive Klärung der Fragen zu den behandelten Forschungsfeldern im Themengebiet der Additiven Fertigung ermöglicht werden. Zudem werden gezielt Beispiele im Rahmen eines problemorientierten Lernens vorgesehen, um die Vorlesungsinhalte abzurunden. Damit lernen die Studierenden beispielsweise die grundlegenden Unterschiede zwischen additiven und traditionellen Fertigungsverfahren zu verstehen und zu nennen, geeignete und ungeeignete Anwendungsbereiche zu erkennen, Anforderungen an die Additive Fertigung in den einzelnen Anwendungsbereichen zu formulieren, und Einschränkungen in der industriellen Anwendung zu erkennen und Gegenmaßnahmen zu formulieren.

### **Medienform:**

Präsentationen, Film- und Bildmaterial

**Literatur:**

VDI 3405

DIN EN ISO/ASTM 52900

Wohlers Report 2022, ISBN 978-0-9913332-9-5

Gebhardt Additive Fertigungsverfahren, ISBN: 978-3-446-44401-0

**Modulverantwortliche(r):**

Zäh, Michael; Prof. Dr.-Ing.

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

Ringvorlesung: Additive Fertigung (Vorlesung, 2 SWS)

Zäh M [L], Zäh M ( Tapia Cabrera J, Tanz L ), Mela P ( Biebl D ), Mayr P ( Geitner C ), Lüth T ( Rehekampff C ), Wudy K ( Hofmann J ), Drechsler K ( Seiffert J ), Meier C, Dörfler K ( Dielemans G ), Volk W ( Hartmann C, Kirchebner B )

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

## Modulbeschreibung

### PH2038: Flüssigkeiten ohne Stöße: Einführung in die kinetische Plasmaphysik | Fluids without Collisions: Introduction to Kinetic Plasma Physics

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2011

<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> 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:

In einer mündlichen Prüfung wird das Erreichen der Lernergebnisse durch Verständnisfragen und Beispielaufgaben bewertet.

Die Prüfung kann in Übereinstimmung mit §12 (8) APSO auch schriftlich abgehalten werden, in diesem Fall ist der Richtwert für die Prüfungsdauer 60 Minuten.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester / Semesterende

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

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

#### Inhalt:

In sehr heißen oder dünnen Plasmen, beispielsweise im Weltraum oder in Fusionsplasmen, stoßen Teilchen so selten aneinander, dass sich keine Boltzmannverteilung einstellt. Die gewöhnlichen Flüssigkeitgleichungen (Navier-Stokes, MHD) versagen und es wird nötig das Verhalten einzelner Teilchenpopulationen zu verfolgen - sprich eine kinetische Beschreibung zu benutzen. Überraschenderweise führen die Teilchen nicht einfache unabhängige Bewegungen aus. Die freien Ladungsträger in den Plasmen wechselwirken nämlich über kollektive elektrische und magnetische Felder, was zu einer Fülle von für gewöhnliche Flüssigkeiten unbekanntem Phänomenen und neuartigen theoretischen Beschreibungsansätzen führt.

Im Detail werden folgende Effekte und grundlegenden Phänomene diskutiert:

- Plasmaturbulenz
- Rekonnektion

- Kinetische Gleichungshierarchie
- Landaudämpfung und Phasenmischung
- Kinetische Instabilitäten
- Driftwellen
- Plasmawellen
- Larmorradiuseffekte und Gyrokinetik

**Lernergebnisse:**

Nach erfolgreicher Teilnahme an diesem Modul ist der/die Studierende in der Lage zu verstehen und zu erklären

1. Die kinetische Gleichungshierarchie sowie die wichtigsten Folgerungen und ihr Gültigkeitsbereich zu verstehen
2. Landaudämpfung und Phasenmischung
3. Kinetische Instabilitäten
4. Larmorradiuseffekte und Gyrokinetik
5. Driftwellen
6. Wellen in kalten Plasmen

**Lehr- und Lernmethoden:**

Vortrag, Beamerpräsentation, Tafelarbeit, Diskussion, Übungen.

**Medienform:**

**Literatur:**

- F.L. Waelbroeck, R.D. Hazeltine: The Framework of Plasma Physics (Frontiers in Physics)
- Swanson, D. G.: Plasma Kinetic Theory (Crc Press Inc)
- R.D. Hazeltine, J.D. Meiss: Plasma Confinement (Dover)
- Landau, Lifshitz. Vol. 10 L.C. Woods: Physics of Plasmas (Wiley)
- R. J. Goldston, P.H. Rutherford: Introduction to Plasma Physics (Institute of Physics Publications)
- D. Biskamp: Nonlinear Magnetohydrodynamics (Cambridge University Press)

**Modulverantwortliche(r):**

Hallatschek, Klaus; PD 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

### PH2047: Polymerphysik 2 | Polymer Physics 2

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2025

<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 und Beispiele überprüft.

Prüfungsaufgabe könnte beispielsweise sein:

Erläutern Sie, welche Mechanismen zur Entnetzung von Polymerfilmen führen und wie die entsprechenden Potentiale aussehen

Welche Methoden können angewendet werden, um die Interdiffusion von Polymeren zu charakterisieren

Erklären Sie das Phasendiagramm von Diblock-Copolymeren

Wie unterscheiden sich die mechanischen Eigenschaften chemisch und physikalisch vernetzter Polymergele?

Beschreiben Sie die Kettenkonformation starker und schwacher Polyelektrolyte abhängig von der Salzkonzentration

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.

Während der Prüfung sind keine Hilfsmittel erlaubt.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Semesterende

**(Empfohlene) Voraussetzungen:**

Polymerphysik 1 (PH2046)

**Inhalt:**

Polymere Materialien (Kunststoffe) finden vielfältige Anwendungen, sowohl im Alltag als auch in High-Tech-Produkten. In diesem Modul werden folgende weiterführende Themen besprochen: 1. Polymeroberflächen und -grenzflächen zu festen Wänden, Grenzflächen zwischen Polymeren  
2. Dynamik in Polymerschmelzen, Einfluss von Verschlaufungen, Interdiffusion  
3. Dünne Polymerfilme: thermodynamische Betrachtung und Methoden zur Präparation und Charakterisierung  
4. Blockcopolymer: Phasenverhalten und Strukturen in der Schmelze, im dünnen Film und in Lösung, Anwendungen  
5. Polymergele: mechanische Eigenschaften, chemisch und physikalisch vernetzte Gele, thermodynamische Beschreibung und Anwendungen  
6. Elektrische Eigenschaften: Polyelektrolyte, leitfähige Polymere, Anwendungen

**Lernergebnisse:**

Nach erfolgreicher Teilnahme an Polymerphysik 2 ist der/die Studierende in der Lage

1. Physik der Polymeroberflächen zu verstehen
2. Erscheinungsformen dünner Polymerfilme zu bewerten
3. Phasenverhalten von Blockcopolymermelzen zu analysieren
4. mechanische Eigenschaften von chemisch und physikalisch vernetzten Polymergelen zu bewerten
5. Kettenkonformationen von Polyelektrolyten in wässriger Lösung zu analysieren

**Lehr- und Lernmethoden:**

Das Modul besteht aus einer Vorlesung und einer Übung.

In der thematisch strukturierten Vorlesung werden die Themen durch Vortrag der theoretischen Grundlagen und deren experimentellen Umsetzungen erläutert und durch anschauliche Beispiele verständlich gemacht. Dabei werden makroskopische Anschauungsmaterialien (Elastomere, Superabsorber) zur Erläuterung der beschriebenen Effekte benutzt. Hoher Wert wird auf die Anregung interaktiver Diskussion mit den Studierenden und unter den Studierenden über das Erlernte gelegt. Hierfür werden in jeder Vorlesung Kontrollfragen zum Inhalt der Vorlesung ausgeteilt und zu Beginn der nächsten Vorlesung besprochen. In der Übung werden anhand von Problembeispielen, state-of-the-art Analyseprogrammen sowie aktuellen Publikationen die Lerninhalte vertieft und eingeübt, sodass die Studierenden das Gelernte selbständig erklären und anwenden können.

Die Dozentensprechstunde ist ein freiwilliges Zusatzangebot zur Klärung weiterführender Fragen zu Vorlesungsinhalten in Einzelgesprächen mit der Dozentin

**Medienform:**

Vortrag, Beamerpräsentation, Übungsblätter

**Literatur:**

- G. Strobl: The Physics of Polymers. Concepts for Understanding their Structures and Behavior: Concepts for Understanding Their Structures and Behavior; Springer, Berlin; Auflage: 3rd rev. and exp. ed. (Februar 2007)
- U. W. Gedde: Polymer Physics; Springer-Verlag GmbH; Auflage: 1 (September 2007)
- J.M.G. Cowie: Polymers: Chemistry & Physics of Modern Materials, CRC 1991.

**Modulverantwortliche(r):**

Müller-Buschbaum, Peter; 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

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

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2025

<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 Reflektorersparnis
- 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):**

Märkisch, Bastian; 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

### PH2207: Energie-Materialien 2 | Energy Materials 2

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2025

<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> 120	<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:

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Semesterende

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

No preconditions in addition to the requirements for the Master's program in Physics.

#### Inhalt:

This module has a specific focus on identification, design and characterization of functional materials for energy applications.

Content:

- Nanostructured materials, their role in energy conversion and storage, design principles
- Magnetic materials in energy conversion
- Porous vs dense solids in energy applications
- Materials for hydrogen storage
- Transparent electron conductors and their applications in energy conversion
- Key techniques and methodologies for identification and characterisation of energy materials
- Superconductors: towards future energy applications
- Piezoelectric materials

#### Lernergebnisse:

Rather than dealing with the physical and chemical basics of energy conversion and storage, the module will focus on particular classes of functional materials used in this field and explain their important properties in terms of specific functionality.

After successful completion of this module the students are able to:

- assess the most important classes of materials in the field of energy science

- explain the design principles to control their functionality
- name factors which determine the performance of functional materials for energy applications
- analyse and compare characterisation and identification techniques and methodologies widely used in energy material science.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Lectures with PowerPoint presentations and animations, seminars (master students), presentations  
The students are supposed to read literature, which is provided in the lecture slides and TUM Moodle system, as there are no exercise classes attributed to these lectures.  
The students can however visit complimentary seminars on Energy Materials 2 after the lectures.

**Medienform:**

- PowerPoint presentations with incorporated animations.
- interactive discussions and explanations using the black board.
- lecture PDFs with the links to the relevant literature are available before and after the lecture in TUM Moodle.
- Key literature including relevant journal publications are available at TUM Moodle in the sections corresponding to the particular lectures

**Literatur:**

- U. Simon: In Nanoparticles: From Theory to Application, Wiley-VCH, (2004); p 328.  
The literature to this lecture is based on the scientific research articles referred to in the lecture slides and partly available at TUM Moodle in the sections corresponding to the particular lectures.

**Modulverantwortliche(r):**

Bandarenka, Aliaksandr; 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

### PH2255: Nano- und Optomechanik | Nano- and Optomechanics

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2024/25

<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:

Semesterende

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

No preconditions in addition to the requirements for the Master's program in Physics.

#### Inhalt:

#### Lernergebnisse:

After successful participation in the module, the student is able to:

- Name different designs of mechanical resonators, and of NEMS and optomechanical detectors. Tell what their main pros and cons are.
- Illustrate the difference between bottom-up and top-down devices.
- Recall the optomechanical Hamiltonian and the derivation of its limiting cases. Evaluate the outcome with different quantum mechanical states.
- Classify different damping mechanism in mechanical devices and relate this to force noise and temperature.
- Select the right material(s) for a resonator+detector design, based on an understanding of the fabrication techniques and material properties
- Explain the working principle of different detector schemes. Distinguish its detection- and back action mechanisms
- Model the interaction between a detector and the resonator. Discover how this leads to the standard quantum limit (SQL), quantum non-demolition (QND) measurements, and optomechanically-induced transparency (OMIT).

- Outline different cooling mechanism and evaluate the final temperature of a cooling experiment.
- Analyze the properties of simple (e.g. string, beam) and more complex (e.g. H) mechanical structures.
- Assess the feasibility of a given design of an optomechanical sensor for small and large motion amplitudes.
- Plan an experiment to measure one of the effects discussed in the module.

**Lehr- und Lernmethoden:**

**Medienform:**

**Literatur:**

**Modulverantwortliche(r):**

Poot, Menno; 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

### PH2283: Topologische Elektronik und Materialien | Topological Electronics and Materials

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2024

<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:

Semesterende

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

No preconditions in addition to the requirements for the Master's program in Physics.

#### Inhalt:

#### Lernergebnisse:

#### Lehr- und Lernmethoden:

#### Medienform:

#### Literatur:

#### Modulverantwortliche(r):

Holleitner, Alexander; 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

### PH2290: Halbleiter-Quantenelektronik | Semiconductor Quantum Electronics

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2025

<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:

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Semesterende

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

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

#### Inhalt:

#### Lernergebnisse:

#### Lehr- und Lernmethoden:

#### Medienform:

#### Literatur:

#### Modulverantwortliche(r):

Brandt, Martin; Prof. Dr. rer. nat. 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

### WZ2702: Materialeigenschaften von Holz | Material Properties of Wood

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2025

<b>Modulniveau:</b> Bachelor	<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 Modulprüfung besteht aus einer Klausur, in der die Studierenden die Eigenschaften von Holz auf unterschiedlichen Längenskalen und in unterschiedliche anatomische Richtungen beschreiben und auch wissen, wie Materialeigenschaften bestimmt werden können. Sie sind in der Lage, variable Holzeigenschaften in Beziehung zu Funktionalitäten für den Baum zu setzen und diese Variabilität für Anwendungen als Material zu berücksichtigen.

Die Prüfungsleistung wird durch Multiple Choice, frei beantwortbare Fragen und Berechnungen erbracht. Methoden der Charakterisierung von Materialeigenschaften, Beziehungen zwischen der Struktur bzw. dem Aufbau und den damit verbundenen Eigenschaften und Funktionen sind Gegenstand der Prüfung. Die Materialeigenschaften von Holz bzw. Hölzern sollen mit anderen Materialien verglichen werden und in Hinblick auf die Nutzung von Holz diskutiert werden. Hilfsmittel sind mit Ausnahme des Taschenrechners keine erlaubt. Die Prüfungszeit beträgt 90 Minuten.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Dendrologie, Botanik, Chemie und Physik

#### Inhalt:

- Überblick über Materialien allgemein sowie deren Struktur und Eigenschaften (Metalle, Gläser, Keramiken, künstliche und natürliche Polymere)
- Holzbildung, multiskalige Struktur des Holzes: Zellwandpolymere und ihre Anordnung in der Zellwand, Zell- und Gewebeformen, Orientierung der Holzzellen inkl. Faserabweichungen, graduelle und abrupte Dichteänderungen entlang der Jahrringe
- Bedeutung der Multiskalenstruktur für die Eigenschaften von Holz.
- Freies und gebundenes Wasser im Holz

- Quell- und Schwindeigenschaften von Holz: Richtungsabhängigkeit, Abhängigkeit von der Zellwandstruktur und der Mikrostruktur; Rissbildung
- Dichteunterschiede innerhalb einer Baumart und zwischen Baumarten
- Dichte-, Feuchte- und Richtungsabhängigkeit der mechanischen Eigenschaften auf unterschiedlichen Längenskalen
- Reaktionsholz: Bedeutung für den Baum, Einschränkungen in Anwendungen
- Methoden zur Charakterisierung der Materialeigenschaften von Holz (auch anhand ausgewählter Normen; dabei den Umgang mit Normen erlernen).
- Mechanismen des Holzabbaus durch Pilze und Insekten.
- Andere physikalische Eigenschaften: Leitfähigkeit, ...

### **Lernergebnisse:**

Die Teilnahme an der Modulveranstaltung befähigt die Studierenden, Holz als funktionales Material für den Baum und als Werkstoff zu verstehen. Sie sind in der Lage, den polymeren und zellulären Aufbau zu beschreiben und zu charakterisieren, sowie die Variabilität in der Holzstruktur in Beziehung zu Funktionen zu setzen. Die Studierenden erkennen auch die Zusammenhänge zwischen der Anordnung und Ausgestaltung von Holzzellen und Holzgeweben, den daraus resultierenden Veränderungen aufgrund der Trocknung des Holzes nach der Ernte und anderen wichtigen verwendungsrelevanten Eigenschaften, wie beispielsweise dem richtungsabhängigem Quellen und Schwinden oder den anisotropen und feuchteabhängigen mechanischen Eigenschaften. In Verbindung mit einem kurzen Überblick zu anderen Materialien sind die Studierenden in der Lage, Einsatzgebiete und Grenzen des Werkstoffes Holz zu erkennen.

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

Vorlesung mit integrierten Übungen. Vorlesungen zu den theoretischen Grundlagen, begleitend dazu Übungen in kleineren Gruppen.

Die Übungen umfassen

- Materialien der Umgebung – Rundgang am Campus mit Diskussion zu den uns umgebenden Materialien
- Lichtmikroskopie: Studium unterschiedlicher Dünnschnitte (Dauerpräparate), eigene Herstellung von Schnittpräparaten
- Praktische Übungen im Chemielabor
- Probenvorbereitung für Dichtebestimmungen, mechanische Experimente, TGA und DMA
- Bestimmung des Feuchtegehalts von Holz und der Dichte (praktische Übungen sind auf die Bestimmung in darrtrockenem Zustand beschränkt).
- Durchführung von einfachen mechanischen Experimenten an selbst entworfenen experimentellen Aufbauten sowie an kommerziell verfügbaren Materialtestmaschinen; Datenanalyse und Interpretation
- TGA und DMA an den selbst vorbereiteten Proben, Datenanalyse und Interpretation

### **Medienform:**

PowerPoint, Videos, Anschauungsmaterial, Muster

**Literatur:**

- Peter Niemz und Walter Ulrich Sonderegger: „Holzphysik“ Eigenschaften, Prüfung und Kennwerte. Hanser, 2021
- Michael F. Ashby, David R. H. Jones: Engineering Materials 1, Engineering Materials 2, Butterworth-Heinemann, 2018
- Ashby & Jones gibt es auch in Deutsch „Werkstoffe 1: Eigenschaften, Mechanismen und Anwendungen“, Spektrum Verlag.

**Modulverantwortliche(r):**

Prof. Dr. Michaela Eder: [michaela.eder@tum.de](mailto:michaela.eder@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](#).

## Material Characterization, Testing and Surveillance (Electives II) | Material Characterization, Testing and Surveillance (Electives II)

### Modulbeschreibung

#### ED010002: Recognized Modules | Recognized Modules

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2024

<b>Modulniveau:</b>	<b>Sprache:</b>	<b>Semesterdauer:</b>	<b>Häufigkeit:</b>
<b>Credits:*</b> 5	<b>Gesamtstunden:</b>	<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:

#### Wiederholungsmöglichkeit:

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

#### Inhalt:

#### Lernergebnisse:

#### Lehr- und Lernmethoden:

#### Medienform:

#### Literatur:

**Modulverantwortliche(r):**

**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

### BGU51024: Holz im Bauwesen | Timber in Construction

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2019

<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> 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 angestrebten Lernergebnisse werden in Form einer schriftlichen Modulprüfung von 60 Minuten überprüft. Die ungeteilte Prüfung deckt den gesamten Lehrinhalt des Moduls ab, es sind keine Hilfsmittel erlaubt. Anhand ausgewählter Fragestellungen wird überprüft, ob die Studierenden in der Lage sind, in begrenzter Zeit Problemstellungen, z.B. im Rahmen der Eigenschaften und daraus ableitbaren Anwendungsbereichen von Holz zu analysieren und basierend auf den im Rahmen des Moduls erworbenen Lernergebnissen, Lösungswege aufzuzeigen.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Holzbau Grundmodul - BGU51014

Holzbau Ergänzungsmodul - BGU51026

#### Inhalt:

Das Modul Holz im Bauwesen soll den Studenten einige Besonderheiten zum Thema Holz als Baustoff sowie seiner Anwendung in Bauwerken näher bringen. Die im Modul gelehrt Inhalte lassen sich in zwei Blöcke einteilen. Der erste Block bietet eine umfassende Betrachtung der Eigenschaften von Holz als Baustoff. Der zweite Block behandelt theoretische Hintergründe sowie praktische Fragestellungen im Rahmen ausgewählter Anwendungsbereiche von Holz im Bauwesen. Im Einzelnen lässt sich die Veranstaltung in die folgenden Themen gliedern:

- Holz und Holzarten, Mechanische Eigenschaften und Prüfmethode
- Holzartenbestimmung
- Physikalische Eigenschaften von Holz
- Rheologie und zeitabhängige Eigenschaften, incl. Verbundbauteile
- Verklebung und Holzwerkstoffe
- Zuverlässigkeit, Teilsicherheitsbeiwerte und Systemfestigkeit

- Analyse und FEM-Modellierung von Holz und Verbindungen
- Bauwerke mit tropischen Hölzern
- Dauerhaftigkeit und Lebensdauerverhalten
- Erdbeben und Duktilität

**Lernergebnisse:**

Nach der Teilnahme am Modul Holz im Bauwesen sind die Studierenden in der Lage, die Eigenschaften des Werkstoffes Holz im Hinblick auf dessen Einsatz als Werkstoff im Bauwesen zu verstehen und zu analysieren. Für ausgewählte Anwendungsbereiche (wie Verbindungen, Bauwerke mit tropischen Hölzern, Dauerhaftigkeit und Lebensdauerverhalten sowie Erdbeben und Duktilität) können die Studierenden Lösungsmöglichkeiten bewerten.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Bei dem Modul handelt es sich um eine Vorlesung mit integrierter Übung, welche im WS auf Deutsch und im SS auf Englisch mit jeweils den selben Inhalten stattfinden. Dieses Lehrformat, unterstützt durch Lehrmethoden wie Tafelarbeit und Powerpointpräsentationen, eignet sich am Besten um die theoretischen Grundlagen und Hintergründe der vorgestellten Inhalte zu vermitteln. Anschauungsmaterialien sind zur verdeutlichenden Darstellung der Sachverhalte vorgesehen. Des Weiteren werden wichtige Versuche vorgeführt und Filme zu Versuchen und Verfahren gezeigt. Die Bestimmung von Holzarten wird im Rahmen einer Übungsveranstaltung individuell geübt.

**Medienform:**

Powerpoint-Präsentationen, Videos, Tafelarbeit, Skript (Vorlesungsfolien) von ca. 200 Seiten sowie ein möglicher download (Moodle). Mitschrift der Studierenden.

**Literatur:**

Skript (Vorlesungsfolien) der Lehrveranstaltung. Eine Mitschrift durch die Studierenden ist erforderlich.

**Modulverantwortliche(r):**

Jan-Willem van de Kuilen

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

Holz im Bauwesen (Vorlesung mit integrierten Übungen, 2 SWS)

van de Kuilen J

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

## Modulbeschreibung

### BGU53045: Geodätische Sensorik und Methodik 1 | Geodetic Sensors and Methods 1

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2023

<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:

Die Modulprüfung erfolgt in Form einer 20-minütigen mündlichen Prüfung. Darin wird überprüft, inwieweit die Studierenden die grundlegenden Konzepte und Messverfahren gängiger geodätischer Sensoren wie z. B. Präzisionsnivellier, Lasertracker, Vermessungskreisel und Neigungssensoren verstehen und wiedergeben sowie deren Nutzung in der Ingenieurgeodäsie problemlösungsorientiert darstellen können. Auf die präzise Nutzung von Fachbegriffen wird Wert gelegt.

Zusätzlich gibt es die Möglichkeit zu freiwilligen semesterbegleitenden Mid-Term-Leistungen als Prüfungsleistung. Diese Mid-Term-Leistungen bestehen aus 6 semesterbegleitenden praktischen/rechentechnischen Übungen. Praktische Aufgabenstellungen werden in betreuten Übungsstunden besprochen bzw. durchgeführt. Die Auswertung bzw. vervollständigende Bearbeitung der Übungen erfolgt üblicherweise im Eigenstudium. Für jede Übung ist eine schriftliche Ausarbeitung einzureichen, die benotet wird. Die Modulnote kann durch die Note der Mid-Term-Leistungen verbessert werden im Verhältnis 30 % Mid-Term-Leistung zu 70 % mündliche Prüfung, wobei alle Übungen gleichgewichtet sind.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

- Vermessungskunde 1
- Vermessungskunde 2

#### Inhalt:

1. Trigonometrische Höhenbestimmung
2. Präzisionsnivellement
3. Elektronische Tachymeter

4. Präzise Streckenmessung
5. Lasertracker
6. Messarm
7. Theodolitmesssystem
8. Neigungssensoren
9. Vermessungskreisel
10. 3D-Erfassung im Nahbereich
11. Kalibrierung und Prüfung geodätischer Sensorik
12. Koordinatentransformationen in 2D und 3D

**Lernergebnisse:**

Nach der Teilnahme am Modul sind die Studierenden in der Lage,

- das Grundprinzip der Trigonometrischen Höhenbestimmung und des Präzisionsnivelements zu verstehen, wiederzugeben und anzuwenden
- verschiedene Verfahren der Koordinatentransformation in geeignetem Kontext zu beurteilen und zu implementieren
- Verfahren zur hochgenauen Bestimmung von 3D-Koordinaten im Nahbereich zu verstehen, wiederzugeben und in der Praxis anzuwenden
- das Grundprinzip industrieller Sensoren wie Neigungssensoren und Vermessungskreisel zu verstehen, wiederzugeben und in der Praxis anzuwenden
- Zusammenhänge und Querbeziehungen zwischen den genannten Inhalten zu erkennen
- die genannten Konzepte kombiniert zur Lösung grundlegender geodätischer Aufgabenstellungen einzusetzen

**Lehr- und Lernmethoden:**

Das Modul besteht aus einer Vorlesung (2 SWS) und einer Übung (2 SWS). In der Vorlesung wird mittels Präsentationen und Beispielen das Verständnis für weiterführende geodätische Konzepte in den Bereichen Instrumentenkunde (Sensorik) sowie Rechen- und Auswerteverfahren (Methodik) vermittelt. Die Anwendung wird in betreuten Übungen in Kleingruppen erprobt. Bestandteil ist dabei auch der praktische Umgang mit verschiedenen Sensoren, das Erstellen von Computerprogrammen sowie das Aufbereiten von Ergebnissen in technischen Berichten. Damit lernen die Studierenden beispielsweise das Grundprinzip der Trigonometrischen Höhenbestimmung und des Präzisionsnivelements zu verstehen, wiederzugeben und anzuwenden, verschiedene Verfahren der Koordinatentransformation in geeignetem Kontext zu beurteilen und zu implementieren und Verfahren zur Bestimmung von hochgenauen 3D-Koordinaten im Nahbereich zu verstehen, wiederzugeben und in der Praxis anzuwenden.

**Medienform:**

Folienskript, Übungsaufgaben

**Literatur:**

- Deumlich, F., und Staiger, R., (2001): Instrumentenkunde der Vermessungstechnik, 9. Auflage, Wichmann Verlag

- Weckenmann, A. (2012): Koordinatenmesstechnik, Flexible Strategien für funktions- und fertigungsgerechtes Prüfen, 2. Auflage, Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG
- Joeckel, R., Stober, M., Hüp, W. (2008): Elektronische Entfernung- und Richtungsmessung und ihre Integration in aktuelle Positionierungsverfahren, 5. Auflage, Wichmann Verlag

**Modulverantwortliche(r):**

Prof. Dr.-Ing. Christoph Holst

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

Geodätische Sensorik und Methodik 1 (Vorlesung, 2 SWS)

Raffl L

Übungen zu Geodätische Sensorik und Methodik 1 (Übung, 2 SWS)

Seufert P, Raffl L

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

## Modulbeschreibung

### BGU53046: Geodätische Sensorik und Methodik 2 | Geodetic Sensors and Methods 2

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2024

<b>Modulniveau:</b> Bachelor	<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 Modulprüfung erfolgt in Form einer 20-minütigen mündlichen Prüfung. Darin wird überprüft, inwieweit die Studierenden das grundlegenden Konzept und Messverfahren des Laserscannings verstehen und wiedergeben können, z. B. die Bestandteile von Laserscannern, Vor- und Nachteile von terrestrischen Laserscannern oder verschiedene Mess- und Auswertemethoden sowie deren Nutzung in der Ingenieurgeodäsie problemlösungsorientiert darstellen können. Auf die präzise Nutzung von Fachbegriffen wird Wert gelegt.

Zusätzlich gibt es die Möglichkeit zu freiwilligen semesterbegleitenden Mid-Term-Leistungen als Prüfungsleistung. Diese Mid-Term-Leistungen bestehen aus 6 semesterbegleitenden praktischen/rechentechnischen Übungen. Praktische Aufgabenstellungen werden in betreuten Übungsstunden besprochen bzw. durchgeführt. Die Auswertung bzw. vervollständigende Bearbeitung der Übungen erfolgt üblicherweise im Eigenstudium. Für jede Übung ist eine schriftliche Ausarbeitung einzureichen, die benotet wird. Die Modulnote kann durch die Note der Mid-Term-Leistungen verbessert werden im Verhältnis 30 % Mid-Term-Leistung zu 70 % mündliche Prüfung, wobei alle Übungen gleichgewichtet sind.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Geodätische Sensorik & Methodik 1

#### Inhalt:

- Einführung zum terrestrischen Laserscanning
- Bestandteile von Laserscannern
- Reflektorlose Distanzmessung
- Registrierung und Georeferenzierung

- Messabweichungen
- Prüfung terrestrischer Laserscanner
- Kalibrierung terrestrischer Laserscanner
- Auflösungsvermögen und Kovarianzmatrix
- Auswertung der Punktwolke
- Parameterschätzung
- Messstrategien
- Punktwolkenvergleiche
- Anwendungen

### **Lernergebnisse:**

Nach der Teilnahme an den Modulveranstaltungen sind die Studierenden in der Lage

- die Bestandteile von Laserscannern zu nennen und hinsichtlich ihrer Wichtigkeit für bestimmte Aufgaben zu evaluieren
- die Vorteile und Nachteile von terrestrischen Laserscannern gegenüber Tachymetern zu nennen und hinsichtlich des Einsatzes für definierte Aufgaben zu beurteilen
- Messaufgaben mit Laserscanning zu definieren, zu lösen und zu evaluieren
- Punktwolkencharakteristika wie Auflösung und Genauigkeit zu nennen, zu quantifizieren und aufgabenbezogen zu evaluieren
- verschiedene Mess- und Auswertemethoden im Bereich des Laserscannings zu nennen (z.B. Registrierung), durchzuführen und zu bewerten

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

Das Modul besteht aus einer Vorlesung (2 SWS) und einer Übung (2 SWS). In der Vorlesung wird mittels Präsentationen und Beispielen das Verständnis für weiterführende geodätische Konzepte in den Bereichen Instrumentenkunde (Sensorik) sowie Rechen- und Auswerteverfahren (Methodik) vermittelt. Die Anwendung wird in betreuten Übungen in Kleingruppen erprobt. Bestandteil ist dabei auch der praktische Umgang mit verschiedenen Sensoren, das Erstellen von Computerprogrammen sowie das Aufbereiten von Ergebnissen in technischen Berichten. Damit lernen die Studierenden beispielsweise Messaufgaben mit Laserscanning zu definieren, zu lösen und zu evaluieren, Bestandteile von Laserscannern zu nennen und hinsichtlich ihrer Wichtigkeit für bestimmte Aufgaben zu evaluieren und verschiedene Mess- und Auswertemethoden im Bereich des Laserscannings zu nennen (z.B. Registrierung), durchzuführen und zu bewerten.

### **Medienform:**

Vorlesungsfolien, Videos, Übungsaufgaben

### **Literatur:**

- Deumlich, F., und Staiger, R., (2001): Instrumentenkunde der Vermessungstechnik, 9. Auflage, Wichmann Verlag

**Modulverantwortliche(r):**

Prof. Dr.-Ing. Christoph Holst

**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

### **BGU60017: Probabilistische Lebenszyklusanalyse und Unterhaltsmanagement von Infrastrukturbauten | Probabilistic Life Cycle Analysis and Integrity Management of Infrastructures**

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2018

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Englisch	<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:**

The course assessment takes place as a project work. The students will solve a practical problem that requires implementation of the methods discussed in class in a computer code. The students will be evaluated based on a written project report that documents the implemented approach and obtained results. The students will present their project in a 15-minute presentation followed by a discussion of the presented solution approach. The aim of the project is that students become familiar with the concepts discussed in class through hands-on experience. The project report will assess the students' understanding of the implemented methods and their applicability to specific problems. The purpose of the presentation is to assess the students' ability to describe theoretical concepts and communicate the adopted approach to solve a practical problem in a clear fashion.

#### **Wiederholungsmöglichkeit:**

Semesterende

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

The course will assume a basic knowledge of probability concepts such as random variables and their

description (e.g., through completion of the MSc course "Risk Analysis" or "Stochastic Finite Element

Methods"). Basic knowledge of Matlab or Python is required for the exercises.

#### **Inhalt:**

After a short introduction in probability theory, different approaches to monitor a structure are introduced:

1. General introduction
2. Basics of reliability analysis
3. Reliability of maintained systems
4. Time value of money
5. Decision theory and cost-benefit analysis
6. Models of deterioration mechanisms
7. Repair and rehabilitation
8. Inspection and monitoring strategies
9. Life-cycle cost analysis (LCCA)
10. Optimization of inspection and monitoring strategies

### **Lernergebnisse:**

This course enables the student to understand, analyze and communicate the elements of life-cycle reliability and asset integrity management subject to uncertainty and randomness. Upon completion of the module, students will be able to:

- Understand the fundamental concepts and challenges in infrastructure asset integrity management
- Understand and evaluate life-time reliability, availability and risk
- Perform probabilistic evaluations of the life-time performance of aging infrastructures by Monte Carlo simulation
- Assess the reliability of maintained structures
- Perform cost-benefit-analyses of asset integrity management strategies
- Understand the time-value of money and its relevance in infrastructure management
- Understand probabilistic models of inspection and monitoring
- Understand the effect of repair and rehabilitation
- Perform a life-cycle cost analysis
- Optimize inspection strategies and monitoring
- Implement analysis methods in computational tools such as Python or Matlab

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

The course is a 1-week (5 days) block course. It consists of lectures (50%) and exercises (50%), which implement the theory to 1-2 example structures and infrastructures.

Lectures will be given partly on the black/whiteboard and partly by presentations on slides. The whiteboard allows to develop key concepts and mathematical formulations at a pace that is conducive to a deeper understanding. The presentations on slides facilitates presentation of how these concepts apply to real systems and present case-studies.

In the exercise part, the students will be asked to solve selected exercises that are drawn from one or two case studies. These case studies will be introduced at the beginning of the course and utilized throughout. Some of the exercises will require the use of suitable software tools, such as Matlab or Python. Students will be required to develop and present the solution of selected exercises in class.

### **Medienform:**

- Lectures with blackboard supported by slides

- Exercise sheets
- Matlab code examples

**Literatur:**

Bismut, E., Straub, D. 2022. A unifying review of NDE models towards optimal decision support. Structural Safety

Bismut, E., Straub, D. 2021. Optimal adaptive inspection and maintenance planning for deteriorating structural systems

more references and selected materials will be provided

**Modulverantwortliche(r):**

Max Teichgräber

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

Probabilistic life cycle analysis and integrity management of infrastructures (Vorlesung mit integrierten Übungen, 3 SWS)

Bismut E, Koutas D

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

## Modulbeschreibung

### BV600011: Datenanalyse für IngenieurInnen mit Matlab | Engineering Data Analysis with Matlab [DAM]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2013

<b>Modulniveau:</b> Bachelor	<b>Sprache:</b> Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Sommersemester
<b>Credits:*</b> 2	<b>Gesamtstunden:</b> 60	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 40	<b>Präsenzstunden:</b> 20

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

#### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Project work: The students will work in small groups on a 6 week project, where they will apply the methods learned during the course. The problem the students will have to solve is closely related to the exercises given throughout the semester. It will involve mainly basic statistical data analysis based on the software tool Matlab. The students will have to organize the team and hereby practice and apply soft skills required for team work. The project must result in a Matlab code and a written report which is graded.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Basic knowledge of probability concepts such as random variables and their description (e.g., through completion of the BSc course Zuverlässigkeit und Lastannahmen or Einführung in das Risikomanagement) is of advantage, but not required.

#### Inhalt:

This course is designed to make students familiar with Matlab and its application for the analysis of data.

1. Statistics of data sets
2. Graphical representation of data sets
3. Statistics of pairs of data sets
4. Simulation of random variables

#### Lernergebnisse:

This course is designed to make students familiar with Matlab and its application for the analysis of data. At the end of the course, students will be able to:

- Perform data analysis (statistics) using Matlab
- Interpret the information hidden in data sets
- Simulate random variables using Matlab

**Lehr- und Lernmethoden:**

The course will consist of 4 weeks of weekly lectures (2 hours) and exercises (2 hours). The lectures will be given with PowerPoint presentations and examples will be shown in Matlab. The students will subsequently solve practical exercises in Matlab together with the help of supervising tutors. The lecture notes in PDF form will be distributed at the beginning of the semester.

**Medienform:**

- lectures with Powerpoint presentations
- excercises using Matlab supervised by tutors
- lecture notes including theory and examples

**Literatur:**

Lecture notes will be distributed. The following books provide useful supplemental material:

- Ang, A. H.-S., and Tang, W. H. (2006). Probability Concepts in Engineering: Emphasis on Applications to Civil and Environmental Engineering, Wiley, New York.
- <http://www.mathworks.de/help/techdoc/>

**Modulverantwortliche(r):**

Daniel Straub (straub@tum.de)

**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

### BV640003: Seminar Zerstörungsfreie Prüfung | Seminar Non-destructive Testing [SZfP]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2018

<b>Modulniveau:</b> 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:

Der Leistungsnachweis erfolgt in Form eines 20-minütigen Vortrages inklusive Diskussion. Alle Vorträge werden in den letzten Lehrveranstaltungen im Block gehalten. Der Studierende behandelt nach Absprache mit dem Dozenten ein frei gewähltes Thema im Rahmen der Zerstörungsfreien Prüfung.

Durch die Präsentation und die anschließende Diskussion weist der Studierende nach, dass er Einsatzbereiche und -grenzen ausgewählter ZfP-Verfahren beurteilen und sein Wissen zu ausgewählten Anwendungen und Schadensfällen innerhalb des Ingenieursbereichs, in denen die ZfP zum Einsatz kommt, zielgenau umsetzen kann.

Die Note des Leistungsnachweises ergibt sich ausschließlich aus dem Inhalt von Präsentation und Diskussion, wobei Präsentation und Diskussion gleichwertig sind. Der Präsentationsstil geht nicht in die Bewertung ein.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Ingenieurwissenschaftlich oder geophysikalisch orientierter Bachelorabschluss oder Bachelorabschluss der technischen Physik.

#### Inhalt:

Das Seminar "Zerstörungsfreie Prüfung" behandelt klassische und aktuelle Probleme aus der Zerstörungsfreien Prüfung sowie der Werkstoffprüfung mit sowohl zerstörungsfreien als auch zerstörenden Verfahren. Dazu zählen die mechanische Werkstoffprüfung und jene Verfahren, die sich bildgebender Methoden bedienen. Zusätzlich werden sowohl Forschungsarbeiten als auch

konkrete Anwendungsfälle aus der Industrie, die teilweise durch externe Referenten vorgestellt werden, behandelt.

Um den Studierenden das eigenständige Erarbeiten einer Präsentation zu erleichtern, wird im Rahmen der Veranstaltung erläutert, wie ein Vortrag verständlich strukturiert und präsentiert werden kann.

### **Lernergebnisse:**

Nach erfolgreicher Teilnahme am Modul:

- kennen die Studierenden ausgewählte aktuelle Themen der Zerstörungsfreien Prüfung,
- können die Studierende Einsatzbereiche und -grenzen ausgewählter ZfP-Verfahren beurteilen ,
- kennen die Studierenden wichtige beispielhaften Anwendungen und Schadensfälle der ZfP,
- können die Studierenden ein spezifisches Thema der ZfP beschreiben und präsentieren und
- können unterschiedlicher Standpunkte gegenüberstellen, einschätzen und ihre Position verteidigen.

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

In der Veranstaltung werden die wesentlichen Lehrinhalte grundsätzlich durch eine PowerPoint-Präsentation vermittelt. Besondere Detailspekte oder für das Gesamtverständnis bedeutende Gesichtspunkte werden durch Tafelanschrieb schrittweise hergeleitet und anschaulich erläutert. Teilweise werden Anschauungsmaterialien zur besseren Darstellung und zum besseren Verständnis der Sachverhalte verwendet. Filme zu Versuchen und Verfahren werden integriert. In Diskussionsrunden und iterativen Fragestellungen mit sachkundigen Referenten, erarbeiten sich die Studierenden schrittweise ein vertieftes Wissen über das komplexe Themengebiet der ZfP.

### **Medienform:**

PowerPoint Präsentationen, Videos, Anschauungsmaterial, Tafelanschrieb.

### **Literatur:**

Wiggenhauser, H. und A. Taffe: Zerstörungsfreie Prüfung im Bauwesen, in: Cziesielski, E. (Hrsg.);

Bauphysik-Kalender 2004, Berlin: Ernst und Sohn (2004) Kap. C1, S. 305-418.

Maierhofer et al. (Eds.): Non-destructive evaluation of reinforced concrete structures (Part I+II), Woodhead Publ., 2010

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

Große, Christian; Prof. Dr.

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

Seminar Zerstörungsfreie Prüfung (Seminar, 2 SWS)

Große C [L], Große C, Popovych O

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

## Modulbeschreibung

### CH0300: Angewandte Biopolymere und Biomaterialien | Applied Biopolymers and Biomaterials

*Nachhaltige Polymere und Polymere in der Biomedizin & Biotechnologie*

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2022/23

<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 (90 min). Dabei soll nachgewiesen werden, dass die Studierenden in den Themen Struktur und Anwendungen von Biopolymeren und Biomaterialien eine Reihe an Grundlagen und ausgewähltes Spezialwissen erworben haben und fähig sind, zu bestimmten Fragestellungen hierzu Lösungen auszuarbeiten. In der Klausur sind keine Hilfsmittel erlaubt. Es werden Aufgaben gestellt, die mittels eines selbst formulierten Textes beantwortet werden müssen.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Vorlesung Nr.:220081443 "Makromolekulare Chemie I"

#### Inhalt:

1. Wiederholung (kurz) der Grundlagen der Polymerisationsreaktionen (Polyaddition, Polykondensation) mit Fokus Biopolymere
2. Biopolymere: Struktur und Eigenschaften
3. Nachhaltige Polymere (biobasiert, bioabbaubar, ...)
4. Polymer-Biokonjugation (synthetische Polymere und Biomoleküle)
5. Stimuli-responsive Polymere (Temperatur, pH, ...)
6. Polymere für drug delivery
7. Therapeutische Proteine und Nukleinsäuren
8. Polymere und Materialien für (orthopädische) Implantate und für Anwendungen im Mund- und Zahnbereich
9. Polymere und Materialien für die Regulierung von Zellen und für tissue engineering

10. Weitere Aspekte organischer Polymere für medizinische Anwendungen (responsive Hydrogele, Foldamere, ...)
11. Nanomedizin, Nanorobotics und Grüne Nanotechnologie (mikrodimensionale Anwendungen, in-vivo assembly, ...)
12. Pharmazeutische Anwendungen - Biokompatibilität und Toxizität (großtechnische Herstellung - Fermentation, regulatorische Anforderungen für Anwendungen in-vivo, Toxizitätstests, ...)

### **Lernergebnisse:**

Nach der erfolgreichen Teilnahme an diesem Modul sind die Studierenden in der Lage, verschiedene organische Polymere zu benennen und chemisch zu beschreiben, auf die die Eigenschaften biobasiert, biokompatibel und/oder bioabbaubar zutreffen. Verschiedene Einsatzgebiete und Anwendungen von diesen können beschrieben und differenziert werden. Außerdem lernen die Studierenden viele Anwendungen von organischen Polymeren in der Medizin (sowie vereinzelt auch in der grünen Biotechnologie) kennen, insbesondere in den Bereichen Tissue Engineering, Organersatz und drug delivery. Der Zusammenhang zwischen chemischer Struktur und Reaktivität und den Eigenschaften bzw. den Wirkungen im biomedizinischen Milieu auch im Sinne sogenannter "composite grafts" spielt dabei eine große Rolle. Zum Abschluss erfolgen noch tiefere Einblicke in die momentan industriell stark akzentuierten Themen wie die Nanotechnologie und die Betrachtungen der regulatorischen und gesetzlichen Vorgaben und Voraussetzungen für einen Einsatz am und im Menschen.

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

Das Modul besteht aus einer Vorlesung (2SWS) mit begleitender Übung (1SWS). Nach dem Vermitteln der Grundlagen von Biopolymeren und Biomaterialien werden einzelne Themen basierend auf Anwendungen in (bio)medizinischen Bereichen vertieft. Der stufenweise Stoffaufbau soll das Gelernte schneller festigen. Die Inhalte der Vorlesung werden durch Präsentationen und Tafelanschrieb vermittelt. Parallel dazu sollen die Studierenden einschlägige Lehrbuchkapitel durcharbeiten, welche zur Vertiefung auch durch weitere Literatur, z.B. ausgewählte aktuelle Journal-Artikel, ergänzt werden. Begleitend zur Vorlesung vertiefen die Studierenden das gelernte Wissen in den Übungsstunden. Hierbei werden durch spezielle Aufgabenstellungen das analytische Denken und die Literaturrecherche angeregt.

### **Medienform:**

Tafel, PowerPoint

### **Literatur:**

K. Yao, C. Tang, *Macromolecules* 2013, 46, 1689-1712: Controlled Polymerization of Next-Generation Monomers and Beyond

N. Larson, H. Ghandehari, *Chem. Mater.* 2012, 24, 840-853: Polymeric Conjugates for Drug Delivery

M. Winnacker, *Biomater. Sci.* 2017, 5, 1230-1235: Polyamides and their functionalization: recent concepts for their applications as biomaterials

B. Rieger, A. Künkel, G. W. Coates, R. Reichardt, E. Dinjus, Th.A. Zevaco (Eds.), Synthetic Biodegradable Polymers (Springer, 2012)

H. Schlaad (Ed.), Bio-synthetic Polymer Conjugates (Springer, 2013)

**Modulverantwortliche(r):**

Winnacker, Malte; 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

### CH3008: Hybridmaterialien - Struktur-Funktionsbeziehungen | Hybrid Materials - Structure-Function-Relationships

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2025/26

<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> 120	<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 dem Modul erfolgt die Überprüfung der Lernergebnisse anhand der Prüfungsform Präsentation. Die Prüfungsleistung beinhaltet eine PowerPoint-Präsentation (Dauer ca. 15 Minuten) mit Diskussion (Dauer ca. 15 Minuten), in der die Studierenden eine selbst gewählte wissenschaftliche Publikation aus dem Themengebiet "Hybrid-Materialien" vorstellen, mit Fokus auf die Themenbereiche der Anorganischen und Metall-Organischen Synthesechemie und angrenzender Bereiche (z.B. Polymerchemie, niedrigdimensionale Materialien), Materialwissenschaften bzw. Material-Analytik. Prüfungsgegenstand sind z.B. die allgemeine Thematik, Problemstellung der Publikation, Kernideen, methodische Ansätze und die Relevanz der Ergebnisse im breiten Forschungsfeld. Die Bewertung der Prüfungsleistung beruht auf der Qualität der Präsentation und der Diskussion in Bezug auf die vom Studierenden gewählten Themen vor dem Hintergrund des Gesamtzusammenhanges des Moduls.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Semesterende

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Belegung des Hauptfaches Anorganische oder Physikalische Chemie.

#### Inhalt:

Zu den Inhalten zählen Themen aus der aktuellen Forschung auf dem Gebiet der Anorganisch-/ Organischen-Hybridmaterialien unter besonderer Berücksichtigung von Koordinationspolymeren und Metall-Organischen Netzwerken, sowie verwandter Materialien; Synthese, Charakterisierung und Eigenschaften der Hybrid-Materialien in Bezug auf, beispielsweise, nachhaltige Kühlmaterialien, Gasspeicher- sowie Trennmateriale, (Chemo-)Sensoren, elektronische und photonische Bauteile, (Photo-)Elektrokatalysatoren, neuartige Batteriematerialien.

**Lernergebnisse:**

Nach Bestehen dieses Moduls sind die Studierenden in der Lage, die Materialklasse der hybridischen, funktionellen Materialien, z.B. Koordinationspolymere im Allgemeinen, metallorganische Gerüstverbindungen und Koordinationsnetzwerke mit Perowskitstruktur im Besonderen sowie funktionelle Kompositmaterialien in einem weiteren Gesamtzusammenhang - zu überblicken und die wichtigsten Struktur-Eigenschaftsbeziehungen zu verstehen. Die Studenten sind in der Lage, sich in ein Gebiet der funktionellen Hybridmaterialien einzuarbeiten und über dieses Themenfeld vorzutragen, sowie Diskussionen zu führen und zu leiten.

**Lehr- und Lernmethoden:**

In der Lehrveranstaltung (Vorlesung mit integriertem Diskussionsseminar) werden Herausforderungen der angewandten anorganischen Chemie im Bezug auf die Chemie von Anorganisch/Organischen-Hybridmaterialien herausgearbeitet. Die Dozenten führen in den Stoff ein und für die Vorbereitung der Präsentationen werden die Studierenden dazu angeleitet, Forschungspublikationen zu recherchieren, sie zu analysieren und zu bewerten. Diese Anleitung ergibt sich aus der aktiven Teilnahme an der Lehrveranstaltung sowie durch Beratung mit einem erfahrenen Betreuer/in.

**Medienform:**

PowerPoint, e-learning (moodle)

**Literatur:**

Die Studierenden werden mit Lernmaterialien arbeiten, die von den Dozenten zur Verfügung gestellt werden, z.B. Übersichtsartikel und Powerpointfolien. Für die Präsentation stehen Originalpublikationen aus Fachzeitschriften zur Verfügung.

**Modulverantwortliche(r):**

Fischer, Roland; 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

### CH3009: Festkörpermaterialien: Vom Design über die Chemie bis zu funktionalen Bauelementen | Solid State Materials: From Design, Chemistry to Functional Devices

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2022/23

<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 wird in Form einer 90-minütigen Klausur erbracht. In der Klausur werden die Studierenden auf Basis ihrer erworbenen Fachkompetenzen komplexe Problemstellungen im Bereich Festkörpermaterialien und Synthese, Struktur-Eigenschaften Design, und deren Anwendungen im Bereich Energie (Batterien, Brennstoffzellen) und Informationstransfer (Sensoren, Memristoren für neuronale Netzwerke) geprüft.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Das Modul richtet sich an Master-Studierende der Chemie, Physik, Materialwissenschaft, Elektrotechnik oder des Maschinenbauwesens. Ein naturwissenschaftlicher oder ingenieurwissenschaftlicher Bachelorabschluss ist von Vorteil.

#### Inhalt:

Das Modul richtet sich an interessierte Studierende der Festkörpermaterialien für Anwendungen im Bereich Energie, Computing oder der Katalyse. Ebenfalls im Fokus stehen die Anwendungen der Kolloidchemie, Herstellung kristalliner und glasartiger Feststoffe und das Design von Struktur-Eigenschaften.

Dieses Modul behandelt die Exploration und Herstellung der keramischen Synthese bzw. Festkörper-Synthese, für große und kleine Bauteile, 3D Druck, nanoscale Dünnschichtherstellung welche für Mikroelektronikbauteile, Energiespeicherung und Konversion eingesetzt werden können.

**Lernergebnisse:**

Nach Bestehen des Moduls sind die Studierenden in der Lage, ihr Wissen im Bereich der Festkörpermateriale selbstständig zu vertiefen. Weiterhin sind die Studierenden in der Lage, Problemstellungen zu deren Synthese, Struktur-Eigenschaft Design, und Engineering von Festkörpermateriale für Batterien, Brennstoffzellen, neuronale Netzwerke oder Sensoren selbstständig zu lösen.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Das Modul besteht aus einer Vorlesung (2 SWS) und einer Übung (1 SWS). In der Vorlesung werden, aufbauend auf den Grundlagen eines naturwissenschaftlichen Bachelorstudiengangs, die Inhalte von Festkörperdesign, Synthese und deren Technik für Energie und Informationsanwendungen vermittelt. Die Übung ergänzt diesen Lernstoff und dient der Wiederholung und Festigung des Modulstoffs.

**Medienform:**

Tafel und Powerpoint-Folien

**Literatur:**

Geeignete Literatur wird zu Beginn der Vorlesung vom Dozierenden bekannt gegeben.

**Modulverantwortliche(r):**

Rupp, Jennifer; 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

### CH3154: Nanomaterialien | Nano Materials

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2021

<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 Prüfungsleistung wird in Form einer Klausur (90 Minuten) erbracht. Dabei zeigen die Studierenden, dass sie die unterschiedlichen Domänen der Nanomaterialien kennen und die physikalisch-chemischen Grundlagen dazu beherrschen. Die unterschiedlichen Techniken zur Herstellung von Nanomaterialien werden schriftlich wiedergegeben. Des Weiteren sollen die Studierenden mögliche Potentiale von Nanomaterialien analysieren und die Grundlagen dazu aufgreifen. Die Prüfungsfragen umfassen den gesamten Modulstoff.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Fortgeschrittene Kenntnisse und Interesse an Nanomaterialien, der anorganischen Chemie, Polymerchemie und Kolloidchemie.

#### Inhalt:

Nanomaterialien kommen in allen Domänen des Alltags vor: In biologischen und geologischen Systemen, als gezielt hergestellte Komponente moderner Materialien, sowie als Nebenprodukt menschlicher und natürlicher Prozesse. Das Modul bietet eine Einführung in folgende Themen:

- Die verschiedenen Klassen von Nanomaterialien
- Physiko-chemische Eigenschaften von Nanomaterialien
- Die Herstellung von anorganischen und organischen Nanomaterialien (verschiedene Top-Down Verfahren wie Lithographie und Bottom-Up Verfahren wie Selbstorganisation)
- Industrielle Anwendungen von chemisch hergestellten Nanomaterialien (u.a. Pigmente, Emulsionspolymere, CaCO<sub>3</sub>, Silica, Baumaterialien)
- Aktuelle Forschungstrends im Feld der Nanomaterialien

Der Schwerpunkt des Moduls liegt dabei auf chemisch-synthetischen Nanomaterialien (in der Regel Bottom-Up Verfahren), deren Herstellung, Eigenschaften und Anwendungen.

**Lernergebnisse:**

Nach erfolgreicher Teilnahme am Modul sind die Studierenden in der Lage, die verschiedenen Klassen von Nanomaterialien zu erkennen. Die Studierenden haben einen Überblick über Methoden zur Herstellung von Nanomaterialien und sind in der Lage, die Vor- und Nachteile der Herstellungsprozesse einzuordnen.

Des Weiteren sind die Studierenden in der Lage, die unterschiedlichen Eigenschaften der Nanomaterialien (wie z.B. mechanische, elektronische, thermische, optische Eigenschaften) zu erkennen und mit der Struktur zu verknüpfen. Die gängigen Techniken zur Charakterisierung von Nanomaterialien sind bekannt und können kompetent von den Studierenden auf die unterschiedlichen Klassen angewendet werden.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Das Modul besteht aus einer Vorlesung (2 SWS) und einer Übung/Praktikum (1 SWS). Innerhalb der Vorlesung werden z.B. die Inhalte durch Vortrag des Dozierenden thematisiert. Dabei unterstützen Tafelanschriften und Folien-Präsentationen die Darstellung des Lehrstoffs und tragen somit zum Verständnis der Vorlesungsinhalte bei. Durch den Vortrag des Dozierenden ist ein stufenweiser Aufbau der Modulinhalte (Grundlagen zu weiterführenden Inhalten) möglich. Die parallel zur Vorlesung stattfindende Übung soll das Verständnis der Modulinhalte ergänzen und zusätzlich fördern. In der Lernplattform Moodle werden die Unterlagen und die Übungen zur Verfügung gestellt.

**Medienform:**

PowerPoint, Tafelarbeit, Moodle

**Literatur:**

- Nanophysik und Nanotechnologie - eine Einführung in die Konzepte der Nanowissenschaft, E.L. Wolf, Wiley-VCH, 2015
- Concepts of Nanochemistry, L. Cademartiri, Wiley-VCH, 2009
- Nanochemistry - A chemical approach to nanomaterials, G. A. Ozin, RSC Publishing 2009

**Modulverantwortliche(r):**

Gädt, Torben; 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

### CH3154: Nanomaterialien | Nano Materials

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2021

<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 Prüfungsleistung wird in Form einer Klausur (90 Minuten) erbracht. Dabei zeigen die Studierenden, dass sie die unterschiedlichen Domänen der Nanomaterialien kennen und die physikalisch-chemischen Grundlagen dazu beherrschen. Die unterschiedlichen Techniken zur Herstellung von Nanomaterialien werden schriftlich wiedergegeben. Des Weiteren sollen die Studierenden mögliche Potentiale von Nanomaterialien analysieren und die Grundlagen dazu aufgreifen. Die Prüfungsfragen umfassen den gesamten Modulstoff.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Fortgeschrittene Kenntnisse und Interesse an Nanomaterialien, der anorganischen Chemie, Polymerchemie und Kolloidchemie.

#### Inhalt:

Nanomaterialien kommen in allen Domänen des Alltags vor: In biologischen und geologischen Systemen, als gezielt hergestellte Komponente moderner Materialien, sowie als Nebenprodukt menschlicher und natürlicher Prozesse. Das Modul bietet eine Einführung in folgende Themen:

- Die verschiedenen Klassen von Nanomaterialien
- Physiko-chemische Eigenschaften von Nanomaterialien
- Die Herstellung von anorganischen und organischen Nanomaterialien (verschiedene Top-Down Verfahren wie Lithographie und Bottom-Up Verfahren wie Selbstorganisation)
- Industrielle Anwendungen von chemisch hergestellten Nanomaterialien (u.a. Pigmente, Emulsionspolymere, CaCO<sub>3</sub>, Silica, Baumaterialien)
- Aktuelle Forschungstrends im Feld der Nanomaterialien

Der Schwerpunkt des Moduls liegt dabei auf chemisch-synthetischen Nanomaterialien (in der Regel Bottom-Up Verfahren), deren Herstellung, Eigenschaften und Anwendungen.

**Lernergebnisse:**

Nach erfolgreicher Teilnahme am Modul sind die Studierenden in der Lage, die verschiedenen Klassen von Nanomaterialien zu erkennen. Die Studierenden haben einen Überblick über Methoden zur Herstellung von Nanomaterialien und sind in der Lage, die Vor- und Nachteile der Herstellungsprozesse einzuordnen.

Des Weiteren sind die Studierenden in der Lage, die unterschiedlichen Eigenschaften der Nanomaterialien (wie z.B. mechanische, elektronische, thermische, optische Eigenschaften) zu erkennen und mit der Struktur zu verknüpfen. Die gängigen Techniken zur Charakterisierung von Nanomaterialien sind bekannt und können kompetent von den Studierenden auf die unterschiedlichen Klassen angewendet werden.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Das Modul besteht aus einer Vorlesung (2 SWS) und einer Übung/Praktikum (1 SWS). Innerhalb der Vorlesung werden z.B. die Inhalte durch Vortrag des Dozierenden thematisiert. Dabei unterstützen Tafelanschriften und Folien-Präsentationen die Darstellung des Lehrstoffs und tragen somit zum Verständnis der Vorlesungsinhalte bei. Durch den Vortrag des Dozierenden ist ein stufenweiser Aufbau der Modulinhalte (Grundlagen zu weiterführenden Inhalten) möglich. Die parallel zur Vorlesung stattfindende Übung soll das Verständnis der Modulinhalte ergänzen und zusätzlich fördern. In der Lernplattform Moodle werden die Unterlagen und die Übungen zur Verfügung gestellt.

**Medienform:**

PowerPoint, Tafelarbeit, Moodle

**Literatur:**

- Nanophysik und Nanotechnologie - eine Einführung in die Konzepte der Nanowissenschaft, E.L. Wolf, Wiley-VCH, 2015
- Concepts of Nanochemistry, L. Cademartiri, Wiley-VCH, 2009
- Nanochemistry - A chemical approach to nanomaterials, G. A. Ozin, RSC Publishing 2009

**Modulverantwortliche(r):**

Gädt, Torben; 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

### ED120122: Architektonische Oberflächenmaterialien wissenschaftlich erforschen | Unveiling architectural surface materials through science

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2024/25

<b>Modulniveau:</b> Bachelor/Master	<b>Sprache:</b> Englisch	<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:

Modulprüfungen finden in Form einer schriftlichen Prüfung (Klausur, Dauer 60 Minuten) statt, bei der die Studierenden Multiple-Choice-Fragen zu den in den Vorlesungen behandelten Inhalten sowie Verständnisfragen zu Fallstudien beantworten müssen. Die Prüfungen sollen sowohl die wesentlichen Erkenntnisse aus den Vorlesungen und Übungen als auch die Fähigkeit der Studierenden, relevante Fragen zu beantworten, identifizieren. Anhand von Kurzfragen können die Prüfer überprüfen, inwieweit die Studierenden in der Lage sind, schriftliche Quellen/Literatur kritisch zu nutzen und die Methodik hinter interdisziplinären Studien zu verstehen. Während der Prüfungen erlaubte Gegenstände: Schreibutensilien, Lineal, (Online-) Englischwörterbuch.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Kenntnisse in Materialwissenschaften, Chemie und Physik.

Es wird dringend empfohlen, auch den Vortrag "Untangling architectural surface conservation" und das Seminar "Science in Cultural Heritage (Interdisciplinary thinking)" zu besuchen.

#### Inhalt:

Die Materialität architektonischer Oberflächen und die möglichen Abbauphänomene, die bei der Exposition gegenüber Schadstoffen oder Licht auftreten können, werden durch wissenschaftliche Analysen und Fallstudien erklärt. Die Studierenden machen sich mit der Chemie historischer Materialien vertraut, von Bindemitteln (anorganisch und organisch) über Füllstoffe/Zusatzstoffe bis hin zu Farbstoffen, ihren Abbaupfaden und den neuesten Technologien, die derzeit zur Dokumentation, Überwachung und Charakterisierung eingesetzt werden.

Nachhaltige technische und kulturelle Strategien zur Erhaltung komplexer historischer Objekte erfordern einen integrativen Ansatz, der wissenschaftlich fundierte Untersuchungen (Forschung, Analyse und Bewertung) und (digitale) Dokumentation kombiniert. Um interdisziplinär zusammenzuarbeiten, sollte man sich bemühen, andere ergänzende Disziplinen zu verstehen und mit ihnen vertraut zu sein. Daher werden die Studierenden in die Methoden und Strategien hinter der wissenschaftlichen Untersuchung historischer Materialien eingeführt. Die Disziplin der Konservierungswissenschaft und die Rolle der verschiedenen Berufsgruppen, die an Studien zum kulturellen Erbe beteiligt sind, werden definiert.

### **Lernergebnisse:**

Nach dem Kurs werden die Teilnehmer in der Lage sein,

- zu verstehen, warum es so wichtig ist, unser kulturelles Erbe zu bewahren.
- die Bedeutung und Wichtigkeit eines interdisziplinären Ansatzes in der Erforschung des Kulturerbes zu verstehen.
- Materialien von historischem und künstlerischem Interesse zu benennen.
- das physikochemische Verhalten historischer Materialien zu benennen und deren Abbauewege zu beschreiben.
- den Einfluss von Mikroklimabedingungen auf historische Materialien zu verstehen und das Konzept der präventiven Konservierung zu definieren.
- die derzeit angewandte und entwickelte Spitzentechnologie für Kulturerbestudien zu benennen.
- die analytischen Herausforderungen und Rahmenbedingungen bei der Untersuchung wertvoller und hochgradig heterogener Objekte/Oberflächen zu verstehen.

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

Vorlesung mit Übungen

Während der Vorlesungen wechseln wir zwischen Präsentationen (PowerPoint), Rundtischgesprächen und Gruppenarbeit.

Die Studierenden lernen die wissenschaftliche Methode anhand zweier exemplarischer Oberflächenarten kennen, nämlich Wandmalereien und Putze. Das Lesen ausgewählter wissenschaftlicher Artikel im Unterricht hilft den Studierenden, sich mit der wissenschaftlichen Methode vertraut zu machen und einen kritischen Analyseansatz zu entwickeln.

Ein Einblick in die Praxis wird durch praktische Analysedemonstrationen in den Laboren des Lehrstuhls unter Nutzung der Spitzentechnologie des insiTUMlab, der analytischen Infrastruktur für zerstörungsfreie In-situ-Studien des kulturellen Erbes, vermittelt. Diese Erfahrung gibt einen ersten Eindruck von den analytischen Herausforderungen und Rahmenbedingungen bei der Untersuchung wertvoller und stark heterogener Objekte/Oberflächen.

Damit lernen die Studierenden beispielsweise zu verstehen, warum es so wichtig ist, unser kulturelles Erbe zu bewahren und die Bedeutung und Wichtigkeit eines interdisziplinären Ansatzes in der Erforschung des Kulturerbes zu verstehen.

### **Medienform:**

PowerPoint-Präsentationen, gedruckte Materialien und Übungsblätter.

**Literatur:**

Chemistry for Restoration. Painting and Restoration Materials. Mauro Matteini, Rocco Mazzeo and Arcangelo Moles. Ed. Nardini (2016) ISBN 9788840444505

Analytical Archaeometry: Selected Topics 1. Ed. Howell Edwards (Editor), Peter Vandenabeele (Editor). RSC Publishing (2012) ISBN 978-1-84973-162-1

**Modulverantwortliche(r):**

Dr. Clarimma Sessa Prof. Dr. Thomas Danzl

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

Architektonische Oberflächenmaterialien wissenschaftlich erforschen (Seminar, 2 SWS)

Danzl T, Sessa C

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

## Modulbeschreibung

### ED140016: Computational Flow Stability and Transition | Computational Flow Stability and Transition

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2025

<b>Modulniveau:</b> Bachelor/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> 105	<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:

The examination in this module consists in (25%) the completion of weekly exercises. Students have to prove their knowledge of linear stability tools, the relevant cases of application to derive physical understanding from them and their ability to use state-of-the-art libraries

The examination in this module consists in (50%) the oral presentation of a research article.

Students have to prove their understanding of the application of the linear stability methods in research publication.

The examination in this module consists in (25%) the completion of a final project. The students have to show their ability to apply linear stability tools implemented in state-of-the-art libraries to a model problem.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester / Semesterende

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Python programmation ; Stabilit theory ; Fluid dynamics ; Hydrodynamics

#### Inhalt:

The course offers core knowledge on computational methods to solve large linear systems stemming from global operator-based analysis (stability, transient growth, sensitivity, resolvent) of physical problems, such as fluid dynamics. The course systematically progresses from the foundational derivation of the basic iterative algorithms to the use of state-of-the-art, high performance, Python libraries implementing these methods. Throughout the course, special emphasis is placed on identifying the physical knowledge that can be drawn from each the operator-based tool and the relevant cases of application.

The following content will be addressed:

1. General principles of linear stability analysis and example cases in fluid dynamics

2. Introduction to non-normality, its measure, and transient temporal growth
3. Introduction to the pseudo-spectrum of an operator and the methods to compute it. Link to the transient growth and pseudo-resonance.
4. Sensitivity of the spectrum of an operator and the methods for eigenvalues tracking
5. Introduction to sparse matrices and sparse operations
6. Iterative methods for solving large linear systems and eigenvalue problems (Richardson, Arnoldi, Lanczos, conjugate gradient) and spectral transformations
7. Use of PETSc/SLEPc libraries
8. Introduction to resolvent analysis and the action of an operator

By the course's completion, students are expected to have a comprehensive understanding of iterative computational methods applicable to global operator-based analysis and the capability to apply it to a variety of problems.

More info on the course's webpage: <https://www.epc.ed.tum.de/tfd/lehre/computational-methods-for-operator-based-analysis/>

### **Lernergebnisse:**

After successful participation in the module, students are able to

- know the linear stability tools
- recognize the relevant cases of application of linear stability tools to derive physical understanding from them
- use dedicated iterative methods for large linear systems
- provide a critical analysis on the use of iterative methods for large linear systems in research publications
- use state-of-the-art libraries implementing iterative methods for large linear systems
- apply iterative methods for large linear systems on a model problem.

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

The learning is weekly organized around a lecture and a lab session. The theoretical knowledge is delivered during the lecture, where active learning is fostered with Kahoot-type questions and small coding tasks. The theoretical knowledge is applied during the lab session to implement the methods and solve a model problem in Python. The coding tasks addressed during the lecture serve as a basis for the lab session.

The students are confronted with the application of computational methods for operator-based analysis to research problems by presenting a research article selected from a pool of pre-selected articles.

During the last third of the semester, the students will carry out a project in groups of two. The project assesses the student's capability to apply the methods learned to model problems.

### **Medienform:**

Slides and interactive exercises. Programming with Python.

### **Literatur:**

P. J. Schmid. Nonmodal Stability Theory. Annu. Rev. Fluid Mech., 39:129–62, 2007.

Peter J. Schmid and Dan S. Henningson. Stability and Transition in Shear Flows. Number 142 in Applied Mathematical Sciences. Springer, New York Berlin Heidelberg, 2001. ISBN 978-1-4612-6564-1 978-0-387-98985-3. doi: 10.1007/978-1-4613-0185-1.

L.N. Trefethen and M. Embree. Spectra and Pseudospectra: The Behavior of Nonnormal Matrices and Operators. Princeton University Press, 2005.

**Modulverantwortliche(r):**

Polifke, Wolfgang; Prof. Dr.

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

Computational Flow Stability and Transition (Vorlesung, 2 SWS)

Polifke W [L], Brokof P, Varillon G

Exercises on Computational Flow Stability and Transition (Übung, 2 SWS)

Polifke W [L], Brokof P, Varillon G

Seminar on Computational Flow Stability and Transition (Seminar, 2 SWS)

Polifke W [L], Brokof P, Varillon G

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

## Modulbeschreibung

### ED170002: Microstructural Modifications through Additive Manufacturing | Microstructural Modifications through Additive Manufacturing

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2024

<b>Modulniveau:</b> Bachelor/Master	<b>Sprache:</b> Englisch	<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:

The module examination is undertaken via a 60-minute-long written exam comprised of short questions and comprehension questions. Through these, students can show their understanding on the process strategy, the correlating microstructural features and their implications on the material properties on various length scales. As such answers demand composing of self-written text to explain the facts and circumstances. Short questions may ask for concrete technical terms and their explanation.

In cases with low number of examinees, the examiner may opt for an oral examination instead. In this case, the examinees will be notified at least four weeks prior to the exam date (APSO §12 Abs. 8). The oral exam is comprised of a 30-minute-long question and answer session.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

- Knowledge in material science, technical mechanics and finite element analysis. Required basic knowledge is briefly revisited and applied to the context of additive manufacturing.
- Ability to find scientific and technical solutions to interdisciplinary problems

#### Inhalt:

- Introduction into additive manufacturing and the correlation of the process systematic with the obtained material properties
- Freedom in design, applied to geometrical and material design
- Direction dependent properties in single and poly crystals
- Basic design rules for additive manufacturing

- Material laws in FEA and their application to approximate material behaviour

Please note: The focus of this course resides within metals and metal alloys. Correlations and analogies to polymers, ceramics and composites are shown.

### **Lernergebnisse:**

After successful completion of this module students are able to:

- categorise advantages and disadvantages of additive manufacturing,
- understand the origins of macroscopic anisotropy in metals,
- understand the origins of inhomogeneity in metals,
- have the knowledge on how to deliberately alter material properties through additive manufacturing,
- understand complex material laws and comprehend why these are required and when they can be applied.

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

The module consists of a lecture and a laboratory exercise. The lecture is a classroom event in which the theoretical knowledge is taught. The main media for this is are lecture slides. Additionally, examples and additional explanations are developed on the blackboard. In the laboratory exercise practical examples are discussed, in which the theoretical knowledge is applied to real-world cases. The main media for the laboratory are slides, the blackboard to sketch and explain the examples, as well as live demos showing the data processing for AM fabrication and FEA approached for part design and strength verification.

### **Medienform:**

- PowerPoint presentation of slides (content: pictures, diagrams)
- Further illustrations and explanations on the blackboard

### **Literatur:**

- 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):**

Torgersen, Jan; Prof. Dr. techn.

### **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

### EI71055: Computational Materials Design | Computational Materials Design [CMD]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2022/23

<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> 75	<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 Modulprüfung besteht aus zwei Teilen:

- Projekte [Gewichtung 50%].
- Hausaufgaben [Gewichtung 50%].

Die praktische Anwendung von Machine Learning (ML) in den Materialwissenschaften wird mittels zweier vorlesungsbegleitender Projekte geprüft. In den Projekten werden die Studierenden verschiedene ML-Anwendungen in Python implementieren und die Qualität verschiedener ML-Modelle vergleichen. Die Implementierung und die Simulationsergebnisse werden in je einer Präsentation pro Projekt (~15 Minuten) präsentiert und mit den Kommilitonen:innen diskutiert. Zusätzlich wird es zwei Hausaufgaben geben. Hierbei werden die Studierenden verschiedene theoretische Konzepte des Machine Learning und der Datenwissenschaften erarbeiten und in einem ca. Zweiseitigen Aufsatz zusammenfassen.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Grundlagen der Programmierung, sowie grundlegende Kenntnisse der Festkörperphysik, Mathematik, Material- und Ingenieurwissenschaften.

- EI04024: Python for Engineering Data Analysis
- EI71066: Simulation of Semiconductor properties

#### Inhalt:

Es handelt sich um ein projektorientiertes Modul für Studierende eines Masterstudiengangs, die Schlüsselfertigkeiten im interdisziplinären Feld der Materialwissenschaften erwerben wollen. Der Kursschwerpunkte liegen auf (1) der Anwendung von Hochdurchsatzverfahren zur

Modellierung von Materialien und (2) datengestützten Methoden zur akkuraten Vorhersage von unterschiedlichen Materialeigenschaften mittels maschinellen Lernens.

Der Inhalt wird in vier Teile gegliedert:

- Einführung in Hochdurchsatzsimulationen und maschinelles Lernen (ML)
- Einführung in ML für Materialwissenschaften und zugehörige Datensätze sowie Featurisierung und Regressionsmethoden für Anwendungen aus den Materialwissenschaften.
- Implementierung und Optimierung von neuronalen Netzwerke (NN) sowie fortgeschrittene ML Methoden wie z.B. Graphnetzwerke (GNN) im Kontext der Materialwissenschaften.
- Einführung und Implementierung von Bayesschen neuronalen Netzwerken, physikalisch-informierten neuronalen Netzwerken und Kompositionstechniken.

### **Lernergebnisse:**

Nach der erfolgreichen Teilnahme an diesem Modul sind die Studierenden in der Lage

- Programme mittels Python zu entwickeln.
- grundlegende Analysen auf vorhandene Datensätzen anzuwenden.
- verschiedene Typen von Datensätzen in den Materialwissenschaften für maschinelles Lernen zu verstehen.
- wissenschaftliche Fragestellungen der Materialwissenschaften zu identifizieren, die mittels maschinellen Lernens gelöst werden können.
- die Güte eines Machine-Learning-Modelles zu beurteilen.
- unterschiedliche Methoden des maschinellen Lernens zu vergleichen.
- die Bedeutung und Notwendigkeit datengestützter Methoden und maschinellen Lernens zur Bestimmung von Materialeigenschaften zu verstehen.

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

Das Modul besteht aus wöchentlichen Vorlesungen und Übungen.

In den Vorlesungen werden die Modulhalte von einem Dozenten vorgetragen und anschließend mit den Studierenden diskutiert. Zur Visualisierung der Inhalte werden teilweise elektronische Präsentationen verwendet.

In den Übungen sammeln die Studierenden praktische Erfahrungen in der Anwendung von Python im Kontext des maschinellen Lernens. Des Weiteren lernen die Studierenden wie maschinelles Lernen zur Lösung von Problemstellungen in den Materialwissenschaften angewendet werden kann. Hierzu werden die allgemein anerkannten open-source Python Bibliotheken scikit-learn und PyTorch verwendet. Diese Softwarewerkzeuge werden von den Studierenden sowohl in den Übungen als auch zur Bearbeitung der Projektarbeiten verwendet.

### **Medienform:**

Die folgenden Unterlagen werden über die Moodle Plattform bereitgestellt:

- Präsentationen
- Python Codes und Beispiel-Datensätze

### **Literatur:**

- Y. Cheng, T. Wang, G. Zhang: "Artificial Intelligence for Materials Science", Springer, 2021

- A. Géron: "Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow", O'Reilly Media, Inc., 2019

**Modulverantwortliche(r):**

Gagliardi, Alessio; Prof. Dr. rer. nat.

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

Computational Materials Design (Vorlesung mit integrierten Übungen, 5 SWS)

Gagliardi A [L], Kouroudis I

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

## Modulbeschreibung

### EI7465: Environmental Sensing and Modeling | Environmental Sensing and Modeling [ESM]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2024

<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> 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:

Die Prüfung besteht aus zwei Teilen:

1) schriftliche Prüfung (120 min): in der schriftlichen Prüfung werden die Studenten unter Zeitdruck und ohne Hilfsmittel Ihre Verständnisse und Anwendungsfähigkeiten der Sensor-konzepten, Methoden der Datenanalysen und Modellierung geprüft. Die Aufgaben beinhalten multiple Choice und Problemset lösen.

2) Projektarbeit und Präsentation (20 min): hier wird die Fähigkeit der Studenten geprüft, die Methoden der Datenanalytik anzuwenden und eigenen Entdeckungen zu präsentieren. Die Studenten werden mit neuartigen "real-world" datensets arbeiten, wie z.B. Atmosphärische Messungen aus Berlin, Boston, Kalifornien. Die Studenten sollten ein Dokument über die Ergebnisse verfassen, welche auch zum Schluss in ppt präsentiert wird.

Die Note setzt sich aus 70% written und 30% der Projektarbeit's Note zusammen.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Mathematik, Grundlage Physik

Kenntnisse in einem Programmierungssprache, wie z.B. Matlab, R, C++, Python

#### Inhalt:

1) Grundlage: Earth, atmospheric, solar, planet properties

2) Sensing Methoden und Instrumentation: Solar-tracking/open path Fourier Transform Spectrometer, Tunable Diode Laser spectroscopy, Grating spectrometer, LiDAR, Celiometer,

direct/wavelength modulation spectroscopy, cavity ring down spectroscopy, laser photoacoustic spectroscopy etc.

3) Datenanalyse:

a) linear regression methods: OLS, MA, SMA, York linear fit, Principal component analysis, etc.

b) statistical assessment: bootstrap, Student's t-test, Chi-squared test, etc.

4) Modellierung: box model, Markov chains, analysis with Eigenvectors/eigenvalues, Eulerian and Lagrangian model, inverse modeling

### **Lernergebnisse:**

1) Diverse Sensor-konzepte verstehen und bewerten

2) Diverse atmosphärische Modellierungsmethode verstehen und bewerten.

3) Anwendung der statistische Datenauswertungsmethoden zu neuartigen "real-world" atmosphärischen Daten und untersuchen die Daten in der Zeit und Frequenz Domain.

4) Die Ergebnisse der eigenen Findings der aktuellen, neuartigen atmosphärischen Daten, e.g. in Berlin, Boston, California präsentieren.

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

Vorlesung + Übungen + Projektarbeit + Präsentation

### **Medienform:**

- Präsentation
- Vorlesung Skripts
- Bücher

### **Literatur:**

wird in der Vorlesung oder vor dem Beginn der Vorlesung veröffentlicht.

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

Chen, Jia; Prof. Dr.-Ing.

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

Environmental Sensing and Modeling (Vorlesung, 2 SWS)

Chen J ( Grasberger T, Klappenbach F, Luther A, Makowski M, Stauber J, Wenzel A )

Übung Environmental Sensing and Modeling (Übung, 2 SWS)

Chen J [L], Grasberger T, Klappenbach F, Luther A, Makowski M, Stauber J, Wenzel A

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

## Modulbeschreibung

### IN2298: Advanced Deep Learning for Physics | Advanced Deep Learning for Physics

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2018

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> 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:

Over the course of the semester, students can voluntarily work on four different exercise assignments. The exercises topics include key steps of neural network modeling for simulations. They include algorithms such as pressure projection, implicit solving of partial differential equations, and representing physics problems with neural networks. These exercises are also the primary means for students to demonstrate that they can implement the algorithms of the lecture with python and the C++ programming languages.

The examination takes the form of a written test with a duration of 90 minutes. General knowledge questions check whether the students are familiar with the deep learning concepts, physicals simulations, and discrete representations. Completion of the voluntary exercises will give a grade bonus upon passing the exam.

Model calculations on paper are used to test whether students have acquired knowledge to perform the central solving steps, such as derivative calculations, material transport, time propagation, and internal force evaluation. Short programming tasks with pseudo-code check their ability to solve simple learning and physics problems with suitable algorithms, and their ability to develop suitable solving methods.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Semesterende

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

MA0902 Analysis für Informatiker

MA0901 Lineare Algebra für Informatiker

IN0037 Physikalische Grundlagen für Computerspiele

## IN2346 Introduction to Deep Learning

### **Inhalt:**

Navier-Stokes equations and physics of fluids, finite difference discretizations, advection schemes and their stability properties, Poisson problems, numerical iterative solvers for systems of linear equations, surface representations, and boundary conditions; Physics of elastic materials, stress-strain relationships, finite-element modeling, types of basis functions, tetrahedral meshing, plasticity and fracture.

### **Lernergebnisse:**

This course targets deep learning techniques and numerical simulation algorithms for materials such as fluids and deformable objects. In particular, this course will focus on advanced deep learning concepts such as generative models and time series prediction, with possible applications in the context of computer graphics or vision. After taking this course the students have gained knowledge about the underlying concepts for deep learning algorithms. They are familiar with topics such as auto-encoders, adversarial training, recurrent neural networks, and specialized loss functions.

In addition they know about the physical principles of elastic and plastic materials, with an emphasis on fluids: conservation of mass and momentum, divergence free motion, and vorticity. Students can explain common discrete and continuous representations of the phenomena, such as phase functions, level-sets and Cartesian or tetrahedral meshes.

The core component of this lecture are numerical algorithms to work with partial differential equations. Students can memorize the steps of the algorithms and are able to apply the learned techniques such as computing loss function derivatives, finite-difference discretizations, explicit and implicit integration, in new contexts. They are able to construct working training algorithms, by choosing suitable activation and loss functions, and can choose the right network architecture for different regression / generation tasks. Additionally, students are able to evaluate learning and simulation algorithms in terms of accuracy and computational complexity. Given a set of specific requirements of a problem they can construct a solver based on the different components discussed in the lecture.

In the homework assignments they have acquired practical experience implementing central components of these solvers in a high-level programming language, and they have gained experience working with software APIs implementing higher level functionality.

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

This course is presented with lectures consisting of digital slides, supported by blackboard materials for mathematical topics. These materials are combined with demo applications, videos of real phenomena and digital simulations, and experiments. The experiments and bi-weekly "physics fact" challenges

encourage students to actively participate during the lectures. The exercise assignments are non-mandatory, and are worked on in groups of two to four students.

**Medienform:**

Powerpoint course slides, white board, experiments, online tutorials, source code

**Literatur:**

- I. Goodfellow, Deep Learning, MIT Press, 2017
- Robert Bridson, Fluid Simulation for Computer Graphics, AK Peters, 2007
- D. Baraff, A. Witkin: Physically Based Modeling, SIGGRAPH course notes, 1997

**Modulverantwortliche(r):**

Thürey, Nils; 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

### MW0040: Fertigungstechnologien | Production Engineering

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2023

<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> 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 ist erfolgt als schriftliche Klausur (Bearbeitungsdauer 90 Minuten). Als Hilfsmittel kann ein nicht programmierbarer Taschenrechner verwendet werden.

Anhand von Verständnisfragen und Rechenaufgaben demonstrieren die Studierenden, dass sie ausgewählte Fertigungsverfahren in die 6 Hauptgruppen nach DIN 8580 einordnen können und die zugrundeliegenden Funktionsprinzipien mit deren Möglichkeiten und Limitierungen erläutern können. Weiterhin wird überprüft, ob sie die benötigten Anlagen, übliche Werkstoffe und Werkzeuge interpretieren sowie typische Schadensbilder klassifizieren können. Die Studierenden berechnen verschiedene technisch und wirtschaftlich relevante Größen und Parameter anhand von gegebenen Praxisbeispielen. Darüber hinaus sollen einzelne Prozessschritte einer Fertigungskette hinsichtlich der Kriterien Wirtschaftlichkeit, technische Umsetzbarkeit und geforderten Bauteileigenschaften definiert werden.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

ab dem 5. Semester

#### Inhalt:

Die Vorlesung Fertigungstechnologien findet in Zusammenarbeit der Institute iwB (Prof. Zäh) und utg (Prof. Volk) statt. Die Lehrveranstaltung beschäftigt sich mit Verfahren zur Herstellung von fertigen Werkstücken aus dem Maschinenbau. Die erste Vorlesungshälfte gibt einen Überblick über die unterschiedlichen Möglichkeiten, feste Körper zu erzeugen (Urformen). Die Weiterverarbeitung dieser Werkstücke durch verschiedenste Umform- und spanlose Trennverfahren wird behandelt. Es werden Verfahren vorgestellt, mit denen Werkstücke durch Aufbringen von Beschichtungen und die gezielte Beeinflussung der Werkstoffeigenschaften an konkrete Anwendungsfälle angepasst werden können. Bei den folgenden Terminen werden

zunächst die Grundlagen der spanenden Fertigungsverfahren und die Grundlagen der Zerspanung behandelt. Im Anschluss daran werden Fertigungsverfahren, welche zur Gruppe "Trennen" zählen, vorgestellt. Danach wird das Rapid Manufacturing erläutert, d. h. schicht-weise aufbauende (additive) Verfahren. Des Weiteren beschäftigt sich die Vorlesung mit dem Wandel der Produktion durch den Einfluss der Informationstechnologie und mit einem Überblick über verschiedene Fügeverfahren (Kraftschluss, Formschluss, Stoffschluss). Die Vorlesung schließt mit den Kapiteln Prozessüberwachung und Qualitätsmanagement, welche anhand der erläuterten Verfahren Anwendungsbeispiele aus der Industrie und der aktuellen Forschung aufzeigen.

### **Lernergebnisse:**

Nach Teilnahme am Modul sind die Studierenden in der Lage,

- die 6 Hauptgruppen nach DIN 8580 zu nennen und diesen die einzelnen Fertigungsverfahren zuzuordnen.
- die den Fertigungsverfahren zugrundeliegenden Funktionsprinzipien zu erklären, deren Möglichkeiten und Limitierungen zu erläutern, die verwendeten Anlagen, Werkstoffe und Werkzeuge zu beschreiben, typische Schadensbilder zu klassifizieren und Zusammenhänge herauszuarbeiten.
- technische und wirtschaftliche Berechnungs- und Bewertungsmethoden anzuwenden, um die Grundlage für den Vergleich einzelner Fertigungsverfahren zu bilden und eine fertigungsgerechte Bauteilauslegung abzuleiten.
- einzelne Prozessschritte einer Fertigungskette hinsichtlich der Kriterien Wirtschaftlichkeit, technische Umsetzbarkeit und geforderte Bauteileigenschaften zu bewerten und den Anforderungen entsprechend auszuwählen.
- aktuelle Trends in Forschung und Entwicklung zu nennen und den Unterschied zum industriellen Stand der Technik darzulegen.

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

Das Modul besteht aus einer Vorlesung und einer Übung. In der Vorlesung werden die theoretischen Grundlagen der Fertigungstechnologien anhand eines Vortrages (Power Point Präsentation) vermittelt. Den Studierenden wird ein Vorlesungsskriptum zur Verfügung gestellt, das sie mit eigenen Notizen ergänzen können.

In der Übung werden anhand von Rechenbeispielen, Präsentationen und Gruppenarbeit praxisnah und anwendungsorientiert die Grundlagen und das Wissen angewendet. Durch Filme und Anschauungsobjekte wird der Lerneffekt gezielt verstärkt.

So sollen die Studierenden beispielsweise lernen, technische und wirtschaftliche Berechnungs- und Bewertungsmethoden anzuwenden, um die Grundlage für den Vergleich einzelner Fertigungsverfahren zu bilden und eine fertigungsgerechte Bauteilauslegung abzuleiten sowie einzelne Prozessschritte einer Fertigungskette hinsichtlich der Kriterien Wirtschaftlichkeit, technische Umsetzbarkeit und geforderte Bauteileigenschaften zu bewerten und den Anforderungen entsprechend auszuwählen.

**Medienform:**

Eingesetzte Medien: Vorlesungsskript, PowerPoint-Präsentation, Übungsaufgaben, praxisnahe und anwendungsorientierte Vermittlung der Vorlesungsinhalte durch Filme und Anschauungsobjekte.

**Literatur:**

1. König, Klocke: Fertigungsverfahren, Springer-Verlag;
2. Westkämper, Warnecke: Einführung in die Fertigungstechnik, Teubner-Verlag;
3. Spur, Stöferle: Handbuch der Fertigungstechnik, Carl Hanser Verlag;
4. Schuler: Handbuch der Umformtechnik, Springer-Verlag Berlin Heidelberg;
5. Vorlesungsskript;
6. DIN 8580: Fertigungsverfahren;
7. Zäh, Wirtschaftliche Fertigung mit Rapid-Technologien, Carl Hanser Verlag

**Modulverantwortliche(r):**

Zäh, Michael; Prof. Dr.-Ing.

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

Fertigungstechnologien Übung (Übung, 1 SWS)

Zäh M, Volk W, Siebert L, Geng P

Fertigungstechnologien (Vorlesung, 2 SWS)

Zäh M, Volk W, Tesch M, Geng P

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

## Modulbeschreibung

### **MW0254: Werkstoffe für Motoren und Antriebssysteme: Luftstrahlantriebe, extreme Anforderungen an besondere Materialien | Materials for Engines and Propulsion Systems: Jet Engines, Extreme Requirements on Special Materials [WfMuA - L]**

*Extreme Anforderungen an besondere Materialien*

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2011/12

<b>Modulniveau:</b> Bachelor/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 Fragen orientieren sich an der Foliensammlung zur Vorlesung. Es wird darauf geachtet, dass die Teilnehmer insbesondere die aus dem Skript in der Vorlesung herausgearbeiteten Schwerpunkte und Grundprinzipien verstanden haben und reproduzieren können. Darüberhinaus wird die Fähigkeit zum Transfer des Wissens geprüft.

#### **Wiederholungsmöglichkeit:**

Semesterende

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

- Absolviertes Bachelorstudium (Maschinenwesen, Chemieingenieurwesen, Physik, Materialkunde, Ingenieurwissenschaften)
- Grundlagenkenntnisse / -ausbildung in den Gebieten Mathematik, Physik, Technische Mechanik, Werkstoffkunde
- Dazu ist insbesondere eine erfolgreiche Absolvierung der Module Werkstoffkunde I und II erforderlich
- Fähigkeit zur Erkennung von grundlegenden Zusammenhängen und zum Transfer des Wissens

#### **Inhalt:**

Fliegende Triebwerke nehmen hinsichtlich der Anforderungen an die verwendeten Werkstoffe eine Sonderrolle ein. Diese begründet sich u.a. in der Kombination extremer Belastungen verschiedener Art mit sehr hohen Sicherheitsvorschriften. Es wird dargestellt, zur Wahl welcher besonderen Werkstoffe diese Umstände führen, welche Charakteristika die Materialien in

Eigenschaft und Herstellung kennzeichnen und welche spezifischen Kenntnisse mit welchen Mitteln bereitzustellen sind. Basierend auf aktuellen Trends der Triebwerksbranche werden laufende und zukünftige Neuentwicklungen im Werkstoffbereich abgeleitet und demonstriert. Mit Beispielen und Hardware aus Entwicklung und Anwendung sollen die Inhalte illustriert und vertieft werden. Dazu ist auch eine Exkursion zur MTU Aero Engines vorgesehen. Begleitend zur Darstellung der technischen Inhalte wird auf die Rolle der Werkstofftechnik und notwendige Verhaltensmuster der Ingenieure in Maschinenbauunternehmen eingegangen.

### **Lernergebnisse:**

Nach Teilnahme an den Lehrveranstaltungen des Moduls sind die Studierenden in der Lage:

- die Grundprinzipien verschiedener Luftstrahltriebwerkssysteme zu verstehen
- die Spezifika der Triebwerksindustrie und der Werkstofftechnik in dieser Industrie zu verstehen
- die Anforderungen an Werkstoffe in Luftstrahltriebwerken zu verstehen
- sich an die in Flugtriebwerken verwendeten Werkstoffklassen zu erinnern und deren Auswahl zu verstehen
- die werkstofftechnischen Besonderheiten dieser Werkstoffklassen verstehen
- das Erlernte zur Auswahl für den Betrieb geeigneter Materialien anzuwenden
- die technischen Betriebsbelastungen im Flugtriebwerk zu verstehen und im Prinzip zu analysieren
- Zielsetzungen für Materialentwicklungen zu schaffen

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

- Siehe auch: "Medienformen" (Vortrag an Hand einer Power-Point-Präsentation mit ergänzenden Erläuterungen an der Tafel sowie Gruppenübung und Werksführung bei MTU)
- Eigenstudium (Lernen) der Fachbegriffe und grundlegenden Zusammenhänge
- Nachvollziehen der Schlüsse und Rechnungen aus der Lehrveranstaltung
- Ergänzen des Lehrstoffes durch Studium der empfohlenen Literatur
- Diskussion des Erlernten mit Kommilitonen

### **Medienform:**

- Powerpointpräsentation von Folien (Inhalt: Text, Bilder, Diagramme), verfügbar als Skriptum im Univis-System
- Ergänzende Erläuterungen an der Tafel
- Videos von Tests und zur Produktion von Triebwerken und Bauteilen
- Gruppenübung zur Identifikation von als Hardware vorliegenden Bauteile aus verschiedene Positionen im Triebwerk und aus verschiedenen Werkstoffen
- Werksführung bei MTU (Vortrag zu MTU, MTU-Museum mit Triebwerken, Fertigungshallen)

### **Literatur:**

- Foliensammlung zu der Lehrveranstaltung
- Schwerpunkt Werkstoffe und Werkstoffmechanik allgemein: M.F. Ashby, D.R.H. Jones, Ingenieurwerkstoffe , R. Bürgel, Festigkeitslehre und Werkstoffmechanik , Tabellenbuch Metall
- Schwerpunkt Titan: G. Lütjering, J.C. Williams, Titanium

- Schwerpunkt Werkstoffe für hohe Temperaturen (inkl. Schichten): G.W. Meetham, M.H. Van der Voorde, Materials for High Temperature Applications , M.J. Donachie, S.J. Donachie, "Superalloys", C.T. Sims, N.S. Stoloff, W.C. Hagel, "Superalloys II"
- Schwerpunkt Verfahren: P. Adam, Fertigungsverfahren von Turbotriebwerken
- Schwerpunkt technische Mechanik: I. Szabo, Einführung in die Technische Mechanik , K. Magnus, H.H. Müller, Grundlagen der Technischen Mechanik , E. Becker, W. Bürger, Kontinuumsmechanik
- Schwerpunkt Materialsymmetrien und Tensordarstellung: S. Haussühl, Kristallgeometrie , Kristallstrukturbestimmung und Kristallphysik , W. Kleber, Einführung in die Kristallographie
- Schwerpunkt Triebwerkstechnik: K. Hünecke, Flugtriebwerke

**Modulverantwortliche(r):**

Torgersen, Jan; Prof. Dr. techn.

**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

### MW1393: Auslegung und Bauweisen von Composite Strukturen | Analysis and Design of Composite Structures [ADCS]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2020

<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:

In einer schriftlichen Prüfung (2 Teile á 45 min = 90 min) sind die vermittelten Inhalte auf verschiedene Aufgabenstellungen anzuwenden. Im Theorieteil (Teil 1) wird das Verständnis der theoretischen Grundlagen abgeprüft. Dies geschieht anhand von frei zu beantwortenden Fragestellungen, anzufertigenden Zeichnungen oder Skizzen sowie Multiple-Choice-Aufgaben. Im Berechnungsteil (Teil 2) wird die Kompetenz zur Anwendung der theoretischen Grundlagen sowie deren Übertrag auf konkrete Problemstellungen aus dem Bereich der Auslegung von Composite-Strukturen abgeprüft. Die Studierenden müssen erkennen, welche der erlernten Prinzipien angewendet werden müssen und selbständig die notwendigen analytische Berechnungen durchführen sowie die Tragfähigkeit der Strukturen anhand von Versagenskriterien bewerten.

Zugelassene Hilfsmittel: Teil 1: nicht-programmierbarer Taschenrechner, Teil 2.: Formelsammlung (wird zur Verfügung gestellt).

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Faser-, Matrix-, und Verbundwerkstoffe mit ihren Eigenschaften

Fertigungsverfahren für Composite-Bauteile

#### Inhalt:

Einführung/ Motivation (Überblick über den Bauteilentwurf und -entwicklung anhand von einem Demonstrator -Bauteil); Klassische Laminattheorie und Versagenskriterien für First Ply Failure; Auslegungsphilosophie (Sicherheitskonzept, Lastfälle, Lastfaktoren, Steifigkeit, Festigkeit); Composite-Bauweisen (Grundregeln, Materialauswahl, Anwendungsbereiche und Anforderungen, Fertigungsanforderungen); Vorauslegung (analytische und FE Rechnungen);

Konstruktionssystematik (Methodik, Schnittstellen zur Simulation, Ply-Book); Verbindungstechnik: Kleben, mechanisch; Effects of Defects - Beurteilung von Fertigungsdefekten und In-Service Defekten und Reparatur (Schadensbilder, Beurteilung, Repair-Technologien, Simulation, Instandhaltung); Testing (Testpyramide, Coupon-, Sub-Komponenten, Full-Scale-Tests); Lebensdauerbetrachtung; Optimierung der Faserverbundstruktur; Entwicklung einer Composite Struktur beispielhaft anhand von Demonstrator -Bauteil

### **Lernergebnisse:**

Nach der Teilnahme an der Modulveranstaltung "Auslegung und Bauweisen von Composite Strukturen" sind die Studierenden in der Lage, eine Composite Struktur zu entwerfen und zu entwickeln. Sie verstehen die unterschiedlichen Anforderungen an eine Composite Struktur und die zugehörigen Auslegungskonzepte. Besonderes Augenmerk legen sie dabei auf die integrale Berücksichtigung aller fertigungstechnischen, konstruktiven und belastungsrelevanten Anforderungen. Sie wenden dementsprechend auch unterschiedliche Bauweisen (integral, differential; Volllaminat, Sandwich) an. Sie können eine Vorauslegung und eine detaillierte FE Analyse auf Basis der Klassischen Laminattheorie durchführen. Die Studenten sind in der Lage Fertigungsdefekte und In-Service Defekte zu bewerten und Reparaturen dafür zu erarbeiten. Ebenso können sie eine Optimierung der Faserverbundstruktur durchführen.

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

In der Vorlesung werden die Lehrinhalte anhand von Vortrag, Präsentation mit Powerpoint Folien, Tafelbild, Beamer und fachspezifischer Software (Konstruktion, Berechnung) vermittelt. Anhand von Beispielen aus der Praxis wird zuerst der "rote Faden" erklärt und ein grundlegendes Verständnis für die Aufgabenstellungen geschaffen. Die theoretischen und praktischen Grundlagen werden im Anschluß über Folienpräsentation und Tafelbild und über Rückfragen vermittelt und gemeinsam erarbeitet. Das erlernte Wissen wird in den Übungen an praxisnahen Beispielen angewandt (z.B. Vorauslegung und Detailberechnung einer Faserverbundstruktur). Den Studierenden wird eine Foliensammlung zugänglich gemacht. Alle Lehrmaterialien werden online zur Verfügung gestellt. In den Assistentensprechstunden wird individuelle Hilfe gegeben.

### **Medienform:**

Vortrag, Präsentation mit Powerpoint Folien, Tafelbild, Beamer, Online-Lehrmaterialien, Fachspezifische Software (Konstruktion, Berechnung)

### **Literatur:**

Schürmann, H. Konstruieren mit Faser-Kunststoff-Verbunden Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2007, 978-3540721895  
Flemming, Manfred ;Ziegmann, Gerhard; Roth, Siegfried; Faserverbundbauweisen Fasern Matrices (3-540-58645-8); Faserverbundbauweisen Halbzeuge und Bauweisen (3-540-60616-5); Faserverbundbauweisen Eigenschaften - Mechanische. konstruktive. thermische. elektrische. ökologische. wirtschaftliche Aspekte (3-540-00636-2)

R. M. Jones, Mechanics of Composite Materials, Second Edition, Materials Science & Engineering Series, 1998, ISBN-10: 156032712X

M.C. Niu, Composite Airframe Structures, Hong Kong Conmilit Press limited, 2006, ISBN-10: 9627128066

Armstrong, Keith B.; Bevan, L. Graham; Cole, William F., Care and Repair of Advanced Composites, 2nd Edition, Society of Automotive Engineers, 2005, ISBN: 978-0-7680-1062-6

**Modulverantwortliche(r):**

Drechsler, Klaus; Prof. Dr.-Ing.

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

Auslegung und Bauweisen von Composite-Strukturen (Übung, 1 SWS)

Drechsler K [L], Al-Qadhi Z, Banea K, Dörr P, Faron D, Jäger C, Steinhardt M, Tönjes M, Wettemann T

Auslegung und Bauweisen von Composite-Strukturen (Vorlesung, 2 SWS)

Drechsler K [L], Banea K, Steinhardt M, Tönjes M, Wettemann T

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

## Modulbeschreibung

### MW1948: Biomaterialcharakterisierung für Ingenieure | Characterization of Biomaterials for Engineers [BCI]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2025/26

<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 70-minütigen schriftlichen Klausur weisen die Studierenden nach, dass sie optische und mechanische Charakterisierungsverfahren verstehen und deren Anwendbarkeit und Limitierungen bezüglich der Untersuchung von Biomaterialien bewerten können.

Es sind keine Hilfsmittel erlaubt.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Grundkenntnisse in der physikalischen Optik werden vorausgesetzt. Biologisches und chemisches Grundwissen (Niveau: gymnasiale Oberstufe) wird ebenfalls erwartet.

#### Inhalt:

Dieses Modul behandelt materialwissenschaftliche Methoden, die zur Charakterisierung der Struktur und Mechanik von Biomaterialien geeignet sind. Zunächst werden abbildende Techniken wie Lichtmikroskopie, Elektronenmikroskopie, Nahfeld- und Raster-Kraft-Mikroskopie besprochen und aufgezeigt, welche Techniken zur Verbesserung des Auflösungsvermögens und des Kontrasts der gewonnenen Bilder verwendet werden damit diese erfolgreich zur Strukturaufklärung von Biomaterialien eingesetzt werden können. Ferner werden Grundprinzipien des maschinellen Lernens besprochen, die zur Analyse von Oberflächen eingesetzt werden. In einem zweiten Teil werden makro- und mikroskopische Techniken zur Vermessung von viskoelastischen Materialeigenschaften diskutiert und die entsprechenden Messaufbauten besprochen. Schließlich werden in einem dritten Teil Mikrostrukturierungstechniken diskutiert und aufgezeigt, wie diese in Kombination mit optischen oder mechanischen Methoden z.B. bei der Mikrofluidik zu Zwecken der Sortierung oder Analyse von biologischen Proben zum Einsatz kommen („lab on a chip“).

**Lernergebnisse:**

Nach erfolgreicher Teilnahme an diesem Modul sind die Studierenden in der Lage, verschiedene experimentelle Techniken aus den Bereichen mechanische Prüfung und Bildgebung/strukturanalyse hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit auf Biomaterialien zu bewerten. Sie beherrschen die physikalischen Prinzipien, die diesen Techniken zugrunde liegen und können diese bei der Charakterisierung von Biomaterialien anwenden.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Das Modul besteht aus einer Vorlesung, in dieser werden die Lernergebnisse mittels Vorträgen, unterstützt durch Präsentationen vermittelt. Die Vorlesungsfolien werden spätestens am Tag vor dem jeweiligen Vorlesungstermin online zum Download zugänglich gemacht, so dass sich die Studierenden während der Vorlesung ergänzende Kommentare in ihre ausgedruckten Folien eintragen können. Ausgewählte Skizzen und Schemata werden als Tafelanschrieb ergänzt. Gastvorträge aus der Industrie und/oder live Demonstrationen von verschiedenen Messaufbauten vertiefen das Verständnis der Studierenden zur Funktionsweise und zum Einsatzgebiet der in der Vorlesung behandelten Geräte und Techniken.

**Medienform:**

Vortrag, Präsentation mit PC, Kurzvideos zur Veranschaulichung bzw. Wiederholung bereits behandelter Themen

**Literatur:**

Die Vorlesungsfolien werden online zum Download bereitgestellt. Vertiefende Fachliteratur zu den jeweiligen Themen wird in der Vorlesung genannt bzw. ist auf den jeweiligen Folien angegeben.

**Modulverantwortliche(r):**

Lieleg, Oliver; Prof. Dr.

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

Biomaterialcharakterisierung für Ingenieure (Vorlesung, 3 SWS)

Lieleg O, Henkel M, Voigt S

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

## Uncertainty Quantification and Mathematical Modeling (Multiphase) (Electives II) | Uncertainty Quantification and Mathematical Modeling (Multiphase) (Electives II)

### Modulbeschreibung

#### MW0696: Particle-Simulation Methods for Fluid Dynamics | Particle-Simulation Methods for Fluid Dynamics [PSM]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2025/26

<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:

There are two optional forms of exam, which will be determined according to the number of exam registrations.

If only a few students register for the written examination (60 min, no calculator is required), the examiner may hold an oral examination (20 minutes for each student) instead of a written examination. In the exam, facts and context knowledge are examined in 6 short questions. More comprehensive knowledges in two chosen particles methods will be examined in another two long questions.

The students should demonstrate, that they know the basic procedures in the formulation of microscopic / mesoscopic / macroscopic equations in the fluid dynamics and able to go deeper into a specific relevant topic.

Students can also work on specific tasks (pass/fail credit requirement) during the lectures that are taken into account in the module grade according to APSO §6, 5. With these tasks, students demonstrate their understanding in the details of particle methods.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Fluidmechanics 1 and 2, Thermodynamics, possibly Statistic Mechanic but not obligatory.

### **Inhalt:**

Microscopic description: Molecular Dynamics (MD), Monte-Carlo Methods (MC)

Mesoscopic description: kinetic theories, BBGKY Hierarchy, Boltzmann Equation, Coarse-graining procedure, Chapman-Enskog Theory, Lattice Gas Automata (LGA), Lattice Boltzmann Methods (LBM), validity of the continuum description (Navier-Stokes Equations), Knudsen number, weakened gasdynamics, Direct Simulation Monte-Carlo (DSMC), fluctuating Hydrodynamics, Dissipative Particle-Dynamics Methods (DPD).

Macroscopic description: Direct NS-Particle solvers: Particle-in-Cells (PIC), Smoothed Particle Hydrodynamics (SPH)

### **Lernergebnisse:**

After participation in the module Particle-Simulation Methods for Fluid Dynamics the students are able to

- 1) understand the fundamentals of particle simulation methods and their main differences with traditional methods for flow simulation,
- 2) master the basic discrete algorithms, which formulates the microscopic / mesoscopic / macroscopic fluid mechanics equations
- 3) evaluate these particle methods in terms of applicability according their specific characteristics
- 4) be aware of the possible application of a specific particle method for a problem on flow simulation

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

In the lecture, the theoretical basics of Particle-Simulation Methods for Fluid Dynamics are explained by means of presentations. Tablet PCs are used to derive and illustrate complex issues. The students are provided with the documents in an appropriate way.

Additionally, lectures will present simple code examples which can be actively programmed by the attending students. These code examples are primarily taken from classical particle methods so that students are familiarized with the use of particles for modeling the flow problems.

There are three practice classes during the lecture period. Three educational codes on three typical particle methods, namely, Molecular Dynamics, Lattice Boltzmann and Smoothed Particle Hydrodynamics, will be given to the students. After some demonstration given by the lecture, the students will be asked to test, and modify the code according assigned tasks.

The lecture will also give volunteering tasks, which require deep understanding of the details of particle methods, for highly self-motivated students.

### **Medienform:**

Multimedia based frontal teaching, presentations

### **Literatur:**

Lecture script, lecture slides, additional material on the Web-Platform. - "Computer Simulation of Liquids", M. P. Allen, D. J. Tildesley, Oxford Science Publications (1990).

- "The Boltzmann Equation and its applications", C. Cercignani, Springer Verlag (1989).

- "Lattice-Gas Cellular Automata", D. Rothman, S. Zaleski, Cambridge University Press (1997).

- "Molecular Gas Dynamics", G. A. Bird, Clarendon Press, Oxford (1976).

- "Smoothed Particle Hydrodynamics: A Meshfree Particle Method", G. R. Liu, M. B. Liu, World Scientific Pub. (2003)

**Modulverantwortliche(r):**

Adams, Nikolaus; Prof. Dr.-Ing.

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

Particle-Simulation Methods for Fluid Dynamics (MW0696) (Vorlesung, 2 SWS)

Hu X

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

## Wahlbereich Praktika

### PC\_Add: Zusätzlich wählbare Praktika | Additional Practical Courses

#### Modulbeschreibung

## ED010003: Recognized Practical Courses | Recognized Practical Courses

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2024

<b>Modulniveau:</b>	<b>Sprache:</b>	<b>Semesterdauer:</b>	<b>Häufigkeit:</b>
<b>Credits:*</b> 4	<b>Gesamtstunden:</b>	<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:

#### Wiederholungsmöglichkeit:

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

#### Inhalt:

#### Lernergebnisse:

#### Lehr- und Lernmethoden:

#### Medienform:

#### Literatur:

**Modulverantwortliche(r):**

**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

### EI7365: Praktikum Hochspannungstechnik | Laboratory Course on High Voltage Engineering

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2020/21

<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 besteht aus 9 gleichgewichteten Teilprüfungen:

Jedem der 6 Versuche ist eine Teilprüfung mit folgender Gewichtung zugeordnet:

- Schriftlicher Eingangstest (15 Minuten) (30%)
- Versuchsdurchführung (70%)

3 weitere Teilprüfungen bestehen jeweils aus der schriftlichen Ausarbeitung je eines Praktikumsversuchs.

Beim "Eingangstest" wird der theoretische Wissenserwerb überprüft.

Mit der Teilprüfung "Versuchsdurchführung" werden die Kompetenzen bei der Umsetzung der theoretischen Kenntnisse in die praktische Durchführung der Versuche überprüft.

Mit der Teilprüfung "Schriftliche Ausarbeitung" wird die Fähigkeit der Dokumentation von hochspannungstechnischen Versuchen, der Versuchsergebnisse und deren Interpretation vor dem Hintergrund der theoretischen Grundlagen überprüft.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Empfohlene Voraussetzungen:

- Kenntnis der Grundlagen der Hochspannungstechnik

Diese Kenntnisse können beispielsweise erworben werden durch die Teilnahme an folgenden Modulen:

- Grundlagen der Hochspannungstechnik (BSc Studiengang EI)

Es wird empfohlen, ergänzend an folgenden Modulen teilzunehmen:

- Hochspannungstechnik

**Inhalt:**

Sicherheitsunterweisung, gruppenweises Arbeiten in Hochspannungslabors. Durchschlag in komprimierten Gasen (Paschenkurve), Einfluss von Polarität und Spannungsform auf den Durchschlag in Luft, Messen hoher schnellveränderlicher Spannungen mit Spannungsteilern, Teilentladungen, dielektrische Vorgänge in festen Isolierstoffen, Durchschlag fester Isolierstoffe (elektrischer Durchschlag, Wärmedurchschlag, elektrische Alterung), Wanderwellenvorgänge.

**Lernergebnisse:**

Nach der Teilnahme an der Modulveranstaltung hat der Studierende sein Verständnis für die grundlegenden Mechanismen des elektrischen Durchschlags in verschiedenen Medien, die Erzeugung und Messung hoher Spannungen und die Ausbreitung elektromagnetischer Vorgänge auf Leitungen durch praktische Versuche vertieft. Er ist in der Lage, einen Hochspannungsprüfkreis nach Vorgabe aufzubauen und Hochspannungsprüfungen durchzuführen

**Lehr- und Lernmethoden:**

Als Lernmethode wird zusätzlich zu den individuellen Methoden des Studierenden eine vertiefende Wissensbildung durch die Vorbereitung anhand der Versuchsanleitung sowie die Versuchsbetreuung durch wissenschaftliche Mitarbeiter angestrebt.

Als Lehrmethode wird direkt am Versuchsstand individuelle Betreuung sowie Arbeitsunterricht (Besprechung der Inhalte) gehalten.

**Medienform:**

Folgende Medienformen finden Verwendung:

- Sicherheitsunterweisung
- schriftliche Versuchsanleitung zu jedem Versuch
- Versuchsstände im Labor

**Literatur:**

Folgende Literatur wird empfohlen:

- Kind, D.; Feser, K.: Hochspannungs-Versuchstechnik. Vieweg+Teubner; 5. Auflage (1995)

**Modulverantwortliche(r):**

Koch, Myriam; 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

### EI74491: Modellierung von Lithium-Ionen-Zellen | Modelling of Lithium-Ion Cells [MLZ]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2022/23

<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> 75	<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 gesamte Prüfungsleistung ergibt sich aus den Praktikumsaufgaben (80 %) in der vorlesungsfreien Zeit und einer mündlichen Prüfung (20 %) am Ende der Praktikumswoche. In der einwöchigen Praktikumsphase werden die praktischen Aufgaben einzeln bewertet. Diese ergeben in Summe 80 % der Gesamtnote. Dabei werden zum einen Rechen- und Modellierungsergebnisse, zum anderen Fleiß und Engagement der Studenten bewertet. Die Bearbeitung der Aufgaben findet in Einzelarbeit oder Zweiergruppen statt, die Benotung wird hingegen aufgeteilt, so dass Rechenergebnisse für die Gruppe, Fleiß und Engagement aber individuell bewertet werden. Die mündliche Prüfung am Ende der Woche geht auf die Fähigkeit z.B. Modelle aufzubauen sowie auf die theoretischen Grundlagen, z.B. zur Analyse von Messmethoden ein und fragt Transferdenken diesbezüglich ab. Diese ist mit 15-20 Min. pro Studierenden angesetzt und wird in Gruppen oder einzeln in mündlicher Form abgehalten.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Idealerweise wurde zuvor die Vorlesung EI70810 Batteriespeicher gehört. Kenntnisse der Elektrochemie oder der FEM sind hilfreich, aber nicht notwendig.

#### Inhalt:

Lithium-Ionen-Zellen sind komplexe Systeme, bei denen viele Disziplinen der Wissenschaft angewandt werden müssen, um ein ganzheitliches Verständnis aufzubauen. Sobald die wesentlichen Mechanismen in einer Zelle bekannt sind, können diese mit den richtigen Tools adäquat dargestellt und somit modelliert werden. Für die Modellierung solcher Systeme liefern aktuelle Rechner ausreichend Leistung bei geringem Preis, sodass entsprechend komplexe Systeme in der täglichen Anwendung keine Problemstellung mehr sind.

Es zeigt sich deutlich, dass im Bereich der Simulation die Studierenden insbesondere bei Abschlussarbeiten viel zu geringe Vorkenntnisse aufweisen, um zielgerichtet arbeiten und forschen zu können. Dementsprechend soll dieses Modul durch die intensive Vermittlung und der direkten Anwendung der fundamentalen Theorie den Studierenden das richtige Handwerkszeug mitgeben, um zum einen das System Lithium-Ionen-Zelle tiefgreifend zu verstehen und zum anderen dieses Wissen in konkrete, messbare Ergebnisse umzusetzen.

Dieses Praktikum schließt nahtlos an die in Batteriespeicher (EI70810) vermittelten allgemeinen Grundlagen an. Zu Beginn werden dazu vertiefende Grundlagen in Form einer Kurzvorlesung vermittelt. Das Themenfeld erstreckt sich dabei von den Grundlagen der Elektrochemie, des Massentransports und des Wärmetransports bis hin zu mathematischen Methoden zur Lösung der Gleichungssysteme gekoppelter Modelle mittels Finite-Elemente-Methode (FEM). Im Anschluss daran findet nach der Vorlesungszeit ein einwöchiger praktischer Teil statt. Hier wird dann jede/r Studierende unter Betreuung Teilmodelle aufbauen, lösen und interpretieren. Die verwendete Software ist COMSOL Multiphysics und Matlab, zwei bekannte und in Forschung und Industrie häufig verwendete Softwarepakete. Die aufgebauten Teilmodelle werden dann zu einem umfassenden Zellmodell zusammengefügt, welches im Abschluss an echten (zur Verfügung gestellten) Messdaten validiert wird. Dazu werden die Studenten noch in einer abschließenden mündlichen Prüfung abgefragt. Dabei liegt der Fokus auf dem ganzheitlichen Verständnis eines elektrochemischen Systems und der praxisnahen Abbildung dieser.

Somit stellt diese Lehrveranstaltung den idealen Einstieg für eine tiefergehende Betrachtung von Lithium-Ionen-Systemen sowie deren Modellierung dar. Ferner werden Grundkenntnisse des FEM-Programms COMSOL Multiphysics – in der Forschung die Referenz für gekoppelte Modelle – sowie der Industriestandardsoftware Matlab vermittelt.

### **Lernergebnisse:**

Der Student ist nach erfolgreichem Bestehen in der Lage

- die wesentlichen Prozesse in einem elektrochemischen System zu benennen und deren Größenordnung abzuschätzen;
- die Lösung partieller Differentialgleichungen anzuwenden und die Grundzüge der Finiten-Elemente-Methode (FEM) umzusetzen;
- makroskopische Modelle ganzer Zellen durch geschickte Kopplung von Submodellen geringerer Dimension aufzubauen;
- die in der Forschung als Referenz geltende FEM-Software COMSOL Multiphysics zu bedienen;
- die in der Industrie so gut wie überall verwendete Software Matlab zur Ansteuerung und Auswertung der COMSOL-Modelle zu benutzen;
- Simulationsergebnisse im Kontext von Messdaten zu analysieren und bewerten.

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

Im Rahmen des Praktikums finden unterschiedliche Lehr- und Lernmethoden Anwendung. Frontalunterricht inkl. Skript und Folien während des Semesters dienen dazu, den Studierenden die nötige Theorie und die grundlegenden Prozesse in einer Lithium-Ionen-Zelle nahezubringen. Das so gewonnene Wissen soll dann während des Praktikum-Teils zunächst in eigenständiger Arbeit dazu genutzt werden, um die Aufgabenstellungen der Praktikumswoche zu lösen. Eine Diskussion unter den Praktikumssteilnehmern ist dabei ebenfalls explizit erwünscht, um alternative

Sichtweisen zu erhalten und das Transferdenken anzuregen. Da es sich um ein betreutes Arbeiten handelt, kommt es sowohl zu individuellen Diskussionen als auch letztlich zu Diskussionen mit der gesamten Praktikumsgruppe. Um die Darstellungsfähigkeit der Studierenden zu fördern, sind die Aufgaben teils graphisch teils schriftlich zu beantworten.

**Medienform:**

Während des Semesters:

- Unterricht mit Tafel und Beamer (Vorlesungsskript & Folien erhältlich);

In der praktischen Phase:

- Je zwei Studenten an einem PC;
- Erklärungen und Diskussionen am Whiteboard;
- Ständige Präsenz eines Betreuers;

**Literatur:**

John Newman, Karen Thomas-Alyea: Electrochemical Systems, Wiley & Sons, 3rd Edition, 2004;  
Peter Atkins, Julio de Paula: Physical Chemistry, Oxford, 9th Edition, 2009;  
Vladimir Sergeevich Bagotsky: Fundamentals of Electrochemistry, Wiley & Sons, 2nd Edition, 2006;

**Modulverantwortliche(r):**

Jossen, Andreas; Prof. Dr.-Ing.

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

Praktikum Modellierung von Lithium-Ionen-Zellen (Vorlesung, 1 SWS)

Jossen A, Durdel A, Zonta E

Praktikum Modellierung von Lithium-Ionen-Zellen (Praktikum, 4 SWS)

Jossen A, Durdel A, Zonta E

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

## Modulbeschreibung

### IN2311: Turbulent Flow Simulation on HPC-Systems | Turbulent Flow Simulation on HPC-Systems

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2017/18

<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:

Type of assessment: exercise work

Students work on three different exercises. Each of these assignments consists of submission of code, submission of a short report (3-5 pages), written answers to questions, and a short oral examination. The submitted code shows the participants' ability to implement turbulence models and to write parallel code for high-performance computing (HPC) systems. The short report demonstrates that the students are able to analyze turbulence models and results of parallel HPC code. Written answers show that the students understand the problems arising in modelling turbulence, HPC and the different approaches to the overall topic computational fluid dynamics (CFD). The oral examinations assure that the students are able to list, explain, and interpret different aspects of HPC and fluid mechanical problems.

For exercise 1, the weighting is: code (1/4), report (1/4), written answers (1/4), oral examination (1/4).

For exercise 2, the weighting is: code (15/40), report (15/40), written answers (5/40), oral examination (5/40).

For exercise 3, the weighting is: code (1/3), report (1/3), written answers (1/6), oral examination (1/6).

The final grade is a weighted average of the results of the three worksheets with the following weighting: exercise 1 (1/6), exercise 2 (1/2), exercise 3 (1/3).

#### Wiederholungsmöglichkeit:

**(Empfohlene) Voraussetzungen:**

IN0019 Numerical Programming and/or IN2147 Parallel Programming

**Inhalt:**

- introduction of the RANS-equations for incompressible flows: concept of RANS and a short introduction to turbulence
- introduction to programming in C++, numerical discretization of conservation equations, techniques for solving incompressible flow problems, algorithms for solving differential equations, visualization of simulation data
- introduction to parallelization, application of existing toolkits
- introduction to applied turbulence modelling, method for validating simulation results, creation of experimental and numerical results and their processing

**Lernergebnisse:**

After participation in this module, the students are able to understand problems in the field of modelling turbulent flows. They can analyze and implement algorithms to solve the corresponding model equations. Furthermore they can implement these algorithms in parallel code for distributed computing systems and can thus execute parallel simulations.

They are able to develop an understanding of the different approaches to computational fluid dynamics by the two fields of research (computer science, fluid dynamics) and they can thus successfully apply the learned techniques of effective work in interdisciplinary teams.

**Lehr- und Lernmethoden:**

This module comprises a practical course. The theoretical contents of the module will be taught by talks and presentations of the supervisors. Students will be encouraged to study literature to get involved with the topics in depth. Specific problems are posed as homework assignments. In these assignments students implement turbulence models and related parts. Simulation runs have to be carried out to check correctness. The students work on the assignments in small groups and get, if necessary, advice by the supervisors during the computer lab session. The participants submit their solution and get feedback. A short discussion takes place after an assignment is submitted and corrected. The supervisors and the students discuss on the implementation as well as on the theoretical background.

**Medienform:**

Slides, blackboard presentations, handouts, lecture notes

**Literatur:**

1. David Wilcox: Turbulence Modeling for CFD
2. Paul A. Libby: Introduction to Turbulence
3. Stephen B. Pope: Turbulent Flows
4. M. Griebel, T. Dornseifer und T. Neunhoeffler: Numerische Simulation in der Strömungsmechanik.

**Modulverantwortliche(r):**

Bungartz, Hans-Joachim; Prof. Dr. rer. nat. 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

### MW0285: Mechanikpraktikum | Lab on Mechanics for Advanced Students [PraktMS]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2025/26

<b>Modulniveau:</b> 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> 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:

Schriftliche Prüfungen, je 20 min, keine Hilfsmittel 5x Test, jeweils zum Theorieteil aller 5 Versuche, doppelt bewertet

5x Versuchsdurchführung im Lab einschließlich Gespräch, einfach bewertet

5x Hausaufgabe (Fragen aus der Versuchsanleitung), einfach bewertet

Alle 5 Tests und Versuche müssen absolviert und bestanden werden, es wird daraus eine Note gebildet

#### Wiederholungsmöglichkeit:

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Grundkenntnisse zur Technischen Mechanik , besonders lineare Schwinger mit einem und zwei Freiheitsgraden

Regelungstechnik: Abtasttheorem, Frequenzgangfunktion, PT2-System

Mathematik: Fouriertransformation, Differentialgleichungen, Eigenwerte

#### Inhalt:

echanikkenntnisse werden vertieft und ergänzt im Gebiet Dynamik und Schwingungen. Ein Schwerpunkt ist die physikalische Interpretation von Schwingungsphänomenen.

Inhalt der 5 Versuche:

1. MTM -- Bestimmung der Massenträgheitsmomente und Trägheitsachsen mit einem Torsionspendel
2. Auswuchten -- Auswuchten eines starren Rotors
3. Rüttelpendel -- Stabilität parametererregter Schwingungen
4. Reibpendel -- Phasenkurven selbsterregter Schwingungen

5. Balancierstab -- Stabilisierung eines stehenden Pendels auf einem magnetgetriebenen Wagen durch einen Regelkreis (MATLAB/SIMULINK)

**Lernergebnisse:**

Nach der Teilnahme an der Modulveranstaltung ist der Studierende in der Lage, Schwingungen nach ihrem Entstehungsmechanismus zu unterscheiden, deren physikalischen Ursachen und mathematische Beschreibung zu verstehen und anzuwenden.

Speziell kann der Teilnehmer die freien, erzwungenen, parametererregten und selbsterregten Schwingungen bewerten und praktischen Anwendungen zuordnen. Er versteht damit die Zusammenhänge (z.B. Grenzykel, Stabilität), kennt die Parameter und kann Maßnahmen der Schwingungsminderung oder zur gezielten Nutzung ableiten.

Mechanikkenntnisse werden vertieft und ergänzt im Gebiet Dynamik und Schwingungen. Ein Schwerpunkt ist die physikalische Interpretation von Schwingungsphänomenen.

Speziell kann der Teilnehmer die freien, erzwungenen, parametererregten und selbsterregten Schwingungen bewerten und praktischen Anwendungen zuordnen. Er versteht damit die Zusammenhänge (z.B. Grenzykel, Stabilität), kennt die Parameter und kann Maßnahmen der Schwingungsminderung oder zur gezielten Nutzung ableiten.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Umfangreiches Selbststudium der Versuchsanleitung (ca. 20 Seiten). Beantwortung der Kontrollfragen als Hausaufgabe.

Nutzung von Sprechstunden vor dem Versuch beim Versuchsleiter (je Versuch ein anderer Doktorand des Lehrstuhles)

Präsentation (Versuchsleiter) jeweils im Theorieteil vorzu jedem Versuch, sowie Demo von Lehrmodellen zu Schwingungsphänomenen

Arbeit in 3er Gruppen an den Versuchs- und Messtechnikaufbauten im Labor, Demo durch den Versuchsleiter und eigene Aktivitäten, Gespräch und Diskussion am Versuchsstand mit dem Versuchsleiter

Hinweis zur Sprache: Das Material (Vorbereitungsskript, Theorievorträge, Hausaufgaben) ist in Deutsch gegeben. Die Tests sind in der Hauptsprache Deutsch, aber es gibt zu jeder Frage im Test eine englische Übersetzung. Antworten im Test und in der Hausaufgabe können auf Deutsch oder Englisch gegeben werden. Auf Wunsch und nach Absprache mit den anderen Gruppenteilnehmern kann die Versuchsdurchführung auch auf Englisch erfolgen. Das Praktikum richtet sich hauptsächlich an deutschsprachige Studierende.

**Medienform:**

eder Teilnehmer erhält eine ausführliche gedruckte Theorie- und Versuchsbeschreibungen (ca. 20 Seiten). Diese beinhaltet auch Kontrollfragen als Hausaufgabe.

Präsentation (Tablet-PC oder PowerPoint) jeweils im Theorieteil zu jedem Versuch, ergänzt durch Videos von Praxisbeispielen und Animationen zu Schwingungsvorgängen, Lehrmodelle zu Schwingungsphänomenen

Versuchs- und Messtechnikaufbauten im Labor, Übersichtstafel bzw. Poster an jedem Versuchsstand

Handouts (gedruckt) zu charakteristischen erwarteten Messergebnissen

**Literatur:**

Versuchsanleitung, für jeden der 5 Versuche einzeln (ca. 20 Seiten)

Beitelschmidt, Michael., Hans Dresig, H.: "Maschinendynamik. 13. Auflage," ( 2024).Dresig, H.; Holzweißig, F.: Maschinendynamik.9. neu bearb. Auflage unter Mitarbeit von L. Rockhausen, mit CD-ROM, 533 Seiten, 235 Abb., Softcover, mit 60 Aufgaben und Lösungen, Springer Verlag - Berlin Heidelberg New York 2009 <https://doi.org/10.1007/978-3-662-60313-0>

Magnus, K., Popp, K., Sextro, W.: Schwingungen: Grundlagen–Modelle–Beispiele, 2021. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-31116-2>

Experimental Vibration Analysis, Module MW1995, Lecture Script.

Skript zur Vorlesung Experimentelle Schwingungsanalyse bzw. Experimental Vibration Analysis

Harris, C.M.; Piersol, A.G.: Harris' Shock and Vibration Handbook. Fifth Edition, McGraw-Hill Book Company, New York Toronto London, 2002. ISBN 978-0071370813

**Modulverantwortliche(r):**

Rixen, Daniel; Prof. Dr.

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

Praktikum Mechanische Schwingungsphänomene (Modul MW0285) (Praktikum, 4 SWS)

Rixen D [L], Kist A, Kreutz M, Todorov B, Zobel O

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

## Modulbeschreibung

### MW0305: Experimentelle Strömungsmechanik | Experimental Fluid Mechanics [EXPSM]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2017/18

<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> 68	<b>Präsenzstunden:</b> 52

\* 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 Form einer Laborleistung, ergänzt durch eine Präsentation, erbracht. Dabei weisen die Studierenden nach, dass sie die theoretischen Grundlagen der Strömungsmechanik verstanden haben und ein Strömungsproblem mit experimentellen Methoden untersuchen können. Die Studierenden halten ihre Erkenntnisse und Ergebnisse in einem Bericht (ca. 10-15 Seiten) fest und beurteilen diese vor dem Hintergrund der Sensitivität von Messgrößen und Messmitteln. Sie präsentieren ihre Ergebnisse einzeln in Form eines Kurzreferats am Ende des Praktikums, wobei sie rhetorisch und fachlich vor einem kritischen Fachpublikum überzeugen müssen.

Die Modulnote ergibt sich aus den Einzelnoten für den Bericht und das Kurzreferat, wobei diese gleich gewichtet werden.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Fluidmechanik I, Fluidmechanik II, Turbulente Strömungen, Gasdynamik oder Continuum Mechanics

#### Inhalt:

Einführung in die Verwendung experimenteller Methoden in der Strömungsmechanik an Hand der Bearbeitung von fluidmechanischen Problemstellungen.

#### Lernergebnisse:

Nach der erfolgreichen Teilnahme an diesem Modul besitzen die Studierenden die Fähigkeit, ein Strömungsproblem mittels experimenteller Methoden in einem strukturierten Prozess zu

untersuchen. Zudem haben sie die Fähigkeit der kritischen Beurteilung der Ergebnisse und verstehen die Sensitivität von Messgrößen und Messmitteln und wissen Messfehler einzuschätzen.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Die theoretisch vermittelten Kenntnisse werden in Versuchen, die unter Anleitung der Versuchsbetreuer möglichst selbstständig an Anlagen und Versuchsständen im Technikum und Labor des Lehrstuhls in Gruppen durchgeführt werden, angewendet. Dabei werden technische und labortechnische Fertigkeiten sowie die Zusammenarbeit in einer Gruppe geübt. Um die Versuche mit maximalem Lernerfolg absolvieren zu können, wird vor Beginn des Versuches in einem Gespräch in der Gruppe (Vorkolloquium) die zum Versuch notwendigen Grundkenntnisse überprüft und ggf. vorhandene Unklarheiten beseitigt. Zur Vorbereitung wird den Studierenden zu jedem Versuch eine Versuchsanleitung mit den wichtigsten Grundlagen zur Verfügung gestellt. Der Ablauf des Versuchs und die dabei durchzuführenden Messungen werden gemeinsam erarbeitet. Die erzielten Versuchsergebnisse werden in einer schriftlichen Auswertung dokumentiert, die in Gruppenarbeit anzufertigen und fristgerecht abzugeben ist. Die schriftliche Prüfung soll das im Praktikum erworbene Wissen abschließend überprüfen.

**Medienform:**

Skript zum Praktikum mit Beschreibung der Theorie und Anleitung zum jeweiligen Versuch.

**Literatur:**

Goldstein: Fluid Mechanics Measurements

**Modulverantwortliche(r):**

Indinger, Thomas; Prof. Dr.-Ing. habil.

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

Praktikum Experimentelle Strömungsmechanik (MW0305) (Praktikum, 3 SWS)

Indinger T, Rugerri E, Sleight M

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

## Modulbeschreibung

### MW0690: CFD-Auslegung von Turbomaschinen | CFD Design of Turbo Machinery

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2020

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> 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:

Die Ergebnisse von selbständig bearbeiteten Projekten werden in einer Kurzpräsentation vorgestellt sowie eine kurze schriftliche Ausarbeitung angefertigt.

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:

Semesterende

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Bestandenes Vordiplom; Bestandene Prüfung der Vorlesung Flugantriebe<sup>1</sup> und Gasturbinen, Grundlagen der Strömungsmaschinen oder Turboverdichter.

#### Inhalt:

Zunächst wird eine anwendungsorientierte Einführung in den generellen Ablauf einer numerischen Strömungssimulation (CFD) gegeben.

Anschließend wird der aerodynamische Auslegungsprozess eines Axialverdichters anhand eines Beispiels durchgeführt. Das Betriebsverhalten wird mittels dreidimensionaler Rechnungen bewertet und auftretende Strömungsphänomene analysiert.

Darauf folgend werden eigenständig unterschiedliche Aufgaben in 2er-Gruppen bearbeitet, z.B.:

- " Veränderung der Rotorspalthöhe
- " Veränderung der Schaufelzahl in Stator oder Rotor
- " Simulation des Betriebs in Reiseflughöhe
- " Variation der Betriebsdrehzahl
- " Veränderung der Einlass-Bedingungen (radiale Profile, Grenzschichteinfluss)
- " Variation des Staffelungswinkels des Stators
- " Vergleich von Statoren mit und ohne Deckband

Abschließend werden die Ergebnisse in einer Kurzpräsentation vorgestellt, sowie eine kurze schriftliche Ausarbeitung angefertigt.

Für die Berechnungen wird das weit verbreitete Softwarepaket ANSYS CFX verwendet.

**Lernergebnisse:**

Nach der Teilnahme an der Lehrveranstaltung sind die Studierenden in der Lage, numerische Methoden zur aerodynamischen Auslegung und Bewertung von Turbomaschinen zu verwenden sowie anhand von Simulationsergebnissen Verbesserungsvorschläge für die untersuchte Maschine zu erarbeiten. Darüber hinaus werden die Grenzen der numerischen Strömungssimulation erlernt, um Fehlinterpretationen von Ergebnissen zu vermeiden.

**Lehr- und Lernmethoden:**

In der Vorlesung werden die für die Anwendung relevanten Grundlagen in kurzen Präsentationen vermittelt. Den Hauptteil der Lehrveranstaltung stellt die praktische Anwendung in Rechnerübungen dar.

**Medienform:**

Vortrag, Präsentation, Handzettel, Tafelanschrieb, Rechnerübungen

**Literatur:**

**Modulverantwortliche(r):**

Gümmer, Volker; Prof. Dr.-Ing.

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

CFD-Auslegung von Turbomaschinen - Praktikum (Praktikum, 4 SWS)

Gümmer V [L], Ioannidou S

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

## Modulbeschreibung

### **MW1104: Einführung in die nukleare Sicherheitsanalyse von Kernreaktoren mit Reaktorsicherheitssoftware | Introduction to Nuclear Safety Analysis of Nuclear Reactors with State-of-Art Computer Programs [NTech P1]**

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2011/12

<b>Modulniveau:</b> Bachelor/Master	<b>Sprache:</b> Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester
<b>Credits:*</b> 4	<b>Gesamtstunden:</b> 120	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 50	<b>Präsenzstunden:</b> 70

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

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

Fortschrittskontrolle anhand der erstellten Modelle und Auswertungen (schriftlich / mündlich).  
Prüfungsart abhängig von der Teilnehmerzahl.

#### **Wiederholungsmöglichkeit:**

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

- Studenten ab dem 5. Semester
- Grundkenntnisse in Bereichen der Nukleartechnik und Thermohydraulik empfehlenswert

#### **Inhalt:**

Das Praktikum bietet eine Einführung in die nukleare Sicherheitsanalyse mit Hilfe von Computerprogrammen. Dabei werden Modelle für Kernkraftwerke erstellt, Simulationen durchgeführt und Ergebnisse interpretiert.

#### **Hauptthemen:**

- Einführung in den wesentlichen Aufbau moderner Leichtwasserreaktoren

- Einführung in nukleare Sicherheitskonzepte und Analyseprogramme
- Modellierung und Simulation einfacher Anlagenkomponenten
- Simulation des thermalhydraulischen Verhalten eines Leichtwasserreaktors unter transienten Bedingungen

Für das Praktikum werden die Simulationsprogramme TRACE (U.S. NRC) und ATHLET (Gesellschaft für Reaktorsicherheit) an den Rechnern im PC-Pool des Lehrstuhls verwendet.

### **Lernergebnisse:**

- Modellierung einfacher Anlagenkomponenten
- Simulation von stationären Modellen
- Simulation von Transienten
- Online-Visualisierung der Simulationen
- Auswertung und Interpretation von Simulationsergebnissen
- Erstellung einer probabilistischen Sicherheitsanalyse

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

- Powerpoint Präsentation zur Einführung in die Theorie
- Das Praktikum wird in Teams an den PCs im Computerpool des Lehrstuhls durchgeführt

### **Medienform:**

- Powerpoint Präsentation
- Das Praktikum wird in Teams an den PCs im Computerpool des Lehrstuhls durchgeführt

### **Literatur:**

Thermal Analysis of Pressurized Water Reactors,  
L.S. Tong & J. Weisman

The Thermal-Hydraulics of a Boiling Water Nuclear Reactor,  
R.T Lahey, Jr. & F.J. Moody

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 nukleare Sicherheitsanalyse von Kernreaktoren mit Reaktorsicherheitssoftware  
(Praktikum, 4 SWS)

Macián-Juan R [L], Li T

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

## Modulbeschreibung

### MW1277: Simulation of Thermofluids with Open Source Tools | Simulation of Thermofluids with Open Source Tools

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2012

<b>Modulniveau:</b> Bachelor/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> 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:

Wöchentliche Aufgaben sind in Form eines kurzen Berichtes abzugeben. Am Ende des Semesters werden in Zweiergruppen Simulationsprojekte mit OpenFOAM bearbeitet und anhand eines Berichtes und einer Präsentation (15 Min.) abgeprüft.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Grundlagen der Numerik, turbulente Strömungen, Strömungsmechanik, Wärmeübertragung, Verbrennung, Mehrphasenströmung, Programmiersprache (vorzugsweise C++), Linux-basiertes Betriebssystem

#### Inhalt:

Heutzutage wird zunehmend Open-Source-Software eingesetzt, da sie die Leistungs- und Qualitätsanforderungen von Wissenschaft und Industrie zu geringeren Kosten als kommerzielle Lösungen erfüllt. Ein sehr beliebtes Open-Source-Softwarepaket für die rechnerische (Thermo-)Fluiddynamik (CFD) ist OpenFOAM®. Dieses Paket basiert auf der objektorientierten Programmiersprache C++, die eine große Flexibilität und Erweiterbarkeit des Codes ermöglicht, was die Anpassung an ein breites Spektrum von Problemen erleichtert. Die Freiheit und die Flexibilität haben jedoch einen Preis: Das Erlernen des Tools ist eine Herausforderung. Daher besteht das Hauptziel des Kurses darin, die Teilnehmer nach dem Motto "learning by doing" an die Verwendung und Anpassung von OpenFOAM® heranzuführen.

Der Kurs ist in 9 Sitzungen/Wochen unterteilt.

(1) Einführung in Linux und OpenFOAM®.

Nach einem kurzen Überblick über die Linux-Tools, die für die Interaktion mit OpenFOAM® benötigt werden, wird der Weg zur Formulierung eines CFD-Problems besprochen. Dann wird ein erster Fall ausgeführt und nachbearbeitet.

(2) Wärmeübertragung in einer Platte.

Die Struktur eines Solvers für den Wärmeübergang in einem festen Material wird vorgestellt. Dieser Solver wird auf eine ebene 2D-Konfiguration angewendet.

(3) Wärmeübertragung in einem Kühler.

Der bisherige Löser wird modifiziert, um einen defekten Kühler zu analysieren.

(4) Strömung in einem Kanalrohr.

Dieser Fall wird das erste untersuchte fluiddynamische Problem sein. Es wird eine laminare Strömung in einem Rohr simuliert.

(5) Örtlich beheizte Kanalrohrströmung.

Die Elemente der beiden vorangegangenen Übungen werden kombiniert, um einen neuen Löser für ein Thermo-Fluid-Problem bei niedriger Reynoldszahl zu erstellen.

(6) RANS-Löser für turbulente Strömungen.

Verschiedene Modelle für die Turbulenz werden auf eine Rückwärtsschritt-Konfiguration angewendet.

(7) Verbrennung.

Die verschiedenen Ansätze zur Simulation einer reaktiven Strömung in OpenFOAM® werden vorgestellt.

(8) Mehrphasenströmungslöser.

Die Volume of Fluid-Methode (VoF) wird als Lösung für zwei inkompressible, isotherme, nicht mischbare Fluide vorgestellt. Da diese Konfigurationen viele Ressourcen benötigen, wird der Fall parallel (d.h. mit mehr als einem Prozessor) auf unserem Cluster gelöst. Darüber hinaus wird die Erstellung neuer Randbedingungen eingeführt.

(9) Lagrangescher Löser.

Der übliche Weg zur Lösung kontinuierlicher Felder (z.B. Druck oder Energie) ist die Verwendung eines Eulerschen Ansatzes. Für diskrete Phasen (z.B. ein Sprühstrahl in einem Gas) ist jedoch der Lagrangesche Ansatz interessanter. In diesem Kapitel wird ein Lagrangescher Löser von OpenFOAM® vorgestellt. Ein neues Modell für die Injektion der Partikel wird implementiert und auf den Testfall angewendet.

Die Studierenden haben die Möglichkeit, an einem Teamworkshop und einem Präsentationscoaching in Kleingruppen teilzunehmen, die vom ZSK (Zentrum für Schlüsselkompetenzen) angeboten werden.

### **Lernergebnisse:**

Nach Abschluss des Kurses sind die Teilnehmer in der Lage:

- ein breites Spektrum von CFD-Problemen mit OpenFOAM® zu lösen (Wärmeübertragung, inkompressible/kompressible Strömungen, turbulente Strömungen, Mehrphasenströmungen, Verbrennung, dispergierte Strömungen).
- Verwendung von ParaView zur Visualisierung der Ergebnisse von OpenFOAM®.
- Die Codestruktur von OpenFOAM® verstehen und die Verfahren zur Kompilierung von Solvern und Utilities kennen.

- den richtigen Solver für einen bestimmten CFD-Fall zu identifizieren.
- eine Vielzahl von CFD-Fällen methodisch aufbauen können.
- Eigene Simulationsergebnisse kritisch zu bewerten.
- bestimmte Solver und Hilfsprogramme in OpenFOAM® zu erstellen.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Alle Vorlesungen und Übungen beschäftigen sich mit praktischen Beispielen der Simulation thermofluidodynamischer Phänomene, die in verschiedenen Studienbereichen wie Maschinenbau, Chemieingenieurwesen, Bauingenieurwesen, angewandte Mathematik und Materialwissenschaften - um nur einige zu nennen - essenziell sind. Die Beispiele werden mit PowerPoint Folien theoretisch eingeleitet und zum Ende jeder Vorlesung mit Anwendungsbezug erklärt. Anschließend findet eine Rechnerübung statt, in der die Studierenden das Problem der Vorlesung eigenständig simulieren.

**Medienform:**

Präsentationen, Übungsskript

**Literatur:**

Polifke und Kopitz, Wärmetransport, 2.Auflage, Pearson-Verlag, 2009; Incropera et al., Heat and Mass Transfer, 6.Auflage, John Wiley & Sons, 2007; Press et al. Numerical Recipes 3rd Edition;

**Modulverantwortliche(r):**

Polifke, Wolfgang; Prof. Dr.

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

Simulation of Thermofluids with Open Source Tools (Praktikum, 4 SWS)

Polifke W [L], Niebler K, Desor M

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

## Modulbeschreibung

### MW1846: Praktikum Numerische Strömungssimulation | Computational Fluid Dynamics - Practical Course [PNSS]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2012

<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> 68	<b>Präsenzstunden:</b> 52

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

#### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Immanenter Prüfungscharakter; Abfrage von Ergebnissen der zu bearbeitenden Aufgaben mittels vorbereiteter Formulare; Kurzpräsentation

#### Wiederholungsmöglichkeit:

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Fluidmechanik I, Fluidmechanik II, angewandte CFD, Grundlagen der numerischen Strömungsmechanik, turbulente Strömungen, Gasdynamik

#### Inhalt:

Einführung in die Verwendung der kommerziellen Software ANSYS-CFX zur Strömungssimulation an Hand der Bearbeitung von fluidmechanischen Problemstellungen (Umströmung eines 2D-Flügelprofils, Kanaleinlauf, konvergent-divergente Düse mit Reibung und Wärmezufuhr, freie Konvektion) Ablauf: (i) gegebene Rechengitter importieren, (ii) Start- und Randbedingungen definieren; (iii) geeignete physikalische und numerische Modellierung wählen, (iv) numerische Simulation durchführen; (v) Postprocessing unter Verwendung von Scripts und Macros (vi) Qualität der Vorhersage prüfen.

#### Lernergebnisse:

Fähigkeit, ein Strömungsproblem mittels kommerzieller CFD-Software in einem strukturierten Prozess zu untersuchen. Fähigkeit der kritischen Beurteilung der Ergebnisse und Verständnis der Sensitivität der Prognose bezüglich Details der physikalischen und numerischen Modellierung.

#### Lehr- und Lernmethoden:

Rechnerübungen

**Medienform:**

Rechnerübungen mit kommerzieller CFD-Software

**Literatur:**

Ferziger & Peric: Numerische Strömungsmechanik, Springer-Verlag. Handbücher zur CFD-Software ANSYS-CFX: (i) introduction, (ii) CFX-Pre user's guide (iii) CFX-Post user guide, (iv) CFX-Solver modeling guide, (v) CFX-Solver theory guide, (vi) Reference guide, (vii) Tutorials.

**Modulverantwortliche(r):**

Kaltenbach, Hans-Jakob; Prof. Dr.-Ing.

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

Praktikum Numerische Strömungssimulation (MW1846) (Praktikum, 4 SWS)

Kaltenbach H [L], Kaltenbach H, Manjon Villasante J

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

## Modulbeschreibung

### MW2079: Weltraumthermalsimulation | Thermal Space Simulation

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2020

<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> 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:

Nach Abschluss des Praktikums findet eine schriftliche Prüfung statt, in der das in der Lehrveranstaltung vermittelte theoretische und praktische Wissen abgefragt wird.

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:

Besuch der Vorlesung "Grundlagen der Raumfahrttechnik" und/oder "Raumfahrzeuentwurf".  
Erfahrung mit der Programmiersprache MATLAB. Eigenständiges Arbeiten.

#### Inhalt:

Im Praktikum werden die Grundlagen der Wärmeübertragung im Weltraum, der Thermalkontrolle von Raumfahrzeugen, der Thermalmodellierung und Thermalanalyse vermittelt. Hauptaugenmerk ist die Anwendung der professionellen Thermalsoftware ESATAN TMS, die in der Raumfahrtindustrie häufig verwendet wird. Anhand des Fallbeispiels eines CubeSat-Modells soll das thermische Verhalten für verschiedene Anwendungsfälle mithilfe von ESATAN TMS simuliert und analysiert werden. Die Ergebnisse der Thermalanalyse werden anschließend in Thermal-

Vakuum Tests validiert. Die Vorbereitung, Durchführung und Auswertung der Thermal-Vakuum Tests wird von den Studenten im Labor durchgeführt.

**Lernergebnisse:**

Die Studenten lernen neben den Grundlagen der Thermalmodellierung und -Simulation von Raumfahrzeugen an konkreten Beispielen die Verwendung von einschlägiger Software und den Ablauf von Thermal-Vakuum-Tests. Die praktischer Erfahrung auf diesen Gebieten ist eine wichtige Zusatzqualifikation für eine spätere Anstellung im Bereich Raumfahrttechnik. Darüber hinaus werden den Studenten praktische Herangehensweisen an Modellierung und Test vermittelt, die sich auch auf andere Fachbereiche anwenden lassen. Zusätzlich können die in verwandten Vorlesungen vermittelten Lehrinhalte praktisch angewandt und damit vertieft werden.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Die Termine setzen sich aus Theorie-Vermittlung durch Präsentationen, Expertenvorträgen zu ausgewählten Themenbereichen und regelmäßiger praktischer Arbeit, z.B. Thermal-Modellierung, Simulation, Versuchsplanung und -Durchführung im Labor zusammen.

**Medienform:**

Präsentationen, Gruppenarbeit, Software-Tutorials, Laborarbeit

**Literatur:**

Präsentationsfolien aus der Lehrveranstaltung, ggf. zusätzliche Standardliteratur (wird in der Lehrveranstaltung zur Verfügung gestellt)

**Modulverantwortliche(r):**

Ulrich Walter (walter@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

### MW2121: FEM-Anwendung im Turbomaschinenbau | FEM for Turbomachinery [FEM]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2022

<b>Modulniveau:</b> Bachelor/Master	<b>Sprache:</b> 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:

Anwesenheitspflicht während der Praktikumstermine, Anfertigung eines Papers und Präsentation der Ergebnisse der bearbeiteten Aufgabenstellung.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Semesterende

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Flugantriebe 1 und Gasturbinen (empfohlen) oder Turbomaschinen (empfohlen)

#### Inhalt:

Zunächst wird eine anwendungsorientierte Einführung in den generellen Ablauf einer Finiten Elemente Simulation (FEM) gegeben.

Anschließend wird der strukturmechanische Auslegungsprozess eines Axialverdichters anhand eines Beispiels durchgeführt. Das dreidimensionale Modell durchläuft hierbei einen vereinfachten Flugzyklus. Besonderes Augenmerk liegt auf der Auswertung und Interpretation der auftretenden Kräfte, Spannungen und Temperaturen. Des Weiteren wird der Einfluss der Drehzahl und der Temperaturen auf die Eigenfrequenzen der Schaufeln untersucht und in einem Campbell-Diagramm festgehalten.

Darauf folgend werden eigenständig unterschiedliche Aufgaben bearbeitet, z.B.:

- Veränderung der Schaufelhöhe
- Veränderung der Einspannung
- Veränderung der Betriebsdrehzahl

Abschließend werden die Ergebnisse in einer Kurzpräsentation vorgestellt, sowie eine kurze schriftliche Ausarbeitung angefertigt.

Für die Berechnungen wird die Software ABAQUS/CAE verwendet.

**Lernergebnisse:**

Das Ziel des Praktikums ist den Studierenden einen anwendungsbezogenen Einblick in den Ablauf einer FEM-Simulation zu geben. Hierbei wird der/die Studierende nach Abschluß des Praktikums in der Lage sein, einfache strukturelle Aufgabenstellungen selbstständig, mithilfe der Software ABAQUS/CAE zu lösen und zu interpretieren.

**Lehr- und Lernmethoden:**

In dem Praktikum wird die Theorie anhand von Vorträgen und Präsentationen vermittelt und dann, unter Anleitung der Betreuenden, von der/dem Studierenden in die Praxis umgesetzt.

**Medienform:**

Vortrag, Präsentation, Handouts

**Literatur:**

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

Hupfer, A.: "Konstruktionsaspekte bei Flugantrieben", Skript zur Vorlesung, TU München, 2013

**Modulverantwortliche(r):**

Gümmer, Volker; Prof. Dr.-Ing.

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

FEM-Anwendung im Turbomaschinenbau - Praktikum (Praktikum, 4 SWS)

Gümmer V [L], Monteiro D

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

## Modulbeschreibung

### MW2134: Computational Thermo-Fluid Dynamics | Computational Thermo-Fluid Dynamics [CTFD]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2014/15

<b>Modulniveau:</b> Bachelor/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:

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Semesterende

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Es wird empfohlen, dass die Studierenden vor der Anmeldung zu diesem Kurs Wärme- und Stoffübertragung sowie Numerische Methoden für Ingenieure (Lehrstuhl für Computational Mechanics) besuchen.

#### Inhalt:

Der Kurs bietet einen Überblick über grundlegende numerische Methoden, die in der Thermofluidynamik verwendet werden, sowie eine Einführung in gute Programmierpraktiken in einer Hochsprache (Matlab). Der Ansatz des Kurses besteht darin, sowohl die Struktur der partiellen Differentialgleichungen, die den Wärmetransport beschreiben, als auch die numerischen Algorithmen, die sich am besten zur Lösung dieser Gleichungen eignen, miteinander zu verbinden. Dieser Ansatz wird zur Lösung typischer Probleme der Thermofluidynamik verwendet, insbesondere der Wärmeleitung (Fourier-Gleichung). Es wird erwartet, dass die Studierenden am Ende des Kurses ihr Verständnis für Wärmeübertragungsphänomene durch die Durchführung mathematischer, numerischer und physikalischer Analysen der partiellen Differentialgleichungen, die den Wärmetransport beschreiben, verbessern.

Während der 8 Kurseinheiten werden die Studenten Matlab-Algorithmen schreiben, die bestimmte Aufgaben erfüllen, um ein gegebenes thermofluidynamisches Problem zu lösen. Die Studenten werden in Zweiergruppen im Studentenrechnerraum des Lehrstuhls für Thermodynamik arbeiten.

Zu Beginn jeder Sitzung werden in einer kurzen Vorlesung sowohl die zu untersuchenden physikalischen Phänomene als auch die zu verwendenden numerischen Algorithmen vorgestellt.

Im letzten Drittel des Semesters führen die Studierenden individuelle Projekte durch. Es wird bewertet, wie gut die Studierenden in der Lage sind, Probleme der Thermofluidynamik als Summe von zwei Beiträgen zu behandeln: physikalisches Verständnis der Gleichungen, die ein bestimmtes Phänomen beschreiben, und Implementierung des dazugehörigen, am besten geeigneten numerischen Algorithmus.

Die folgenden Methoden werden berücksichtigt (die zugehörigen physikalischen Probleme sind in Klammern angegeben):

Finite-Differenzen-Methode (2D-Wärmegleichung mit variabler Temperaturleitfähigkeit); Finite-Volumen-Methode (2D-Wärmegleichung in einem strukturierten unregelmäßigen Netz, Wärmeübertragung durch eine Rippe); Finite-Elemente-Methode (1D-Wärmegleichung); Gauß-Seidel-, SOR-Ansätze als iterative Methoden zur Lösung großer linearer Systeme, die aus Finite-Differenzen-, Finite-Volumen- oder Finite-Elemente-Methoden abgeleitet sind (1D/2D-Wärmegleichung); instationäre Probleme: Fourier-Analyse des Fehlers, explizite und implizite Schemata, Runge-Kutta-Methoden, Charakteristiken und CFL-Bedingungen (instationäre 2D-Wärmegleichung, 1D-Konvektionsgleichung); Green-Funktionen und numerische Integration (2D-Wärmegleichung mit verteilter Quelle); Lösen nichtlinearer Systeme: Newton-Raphson (1D stetige Euler-Gleichungen), Optimierung: Suchmethoden, Gradientenmethoden, Constraint-Optimierung (Optimierung einer Rippenform zur Maximierung des Wärmeübergangs).

Die Studierenden haben die Möglichkeit, an einem Teamworkshop und einem Präsentationscoaching in Kleingruppen teilzunehmen, die vom ZSK angeboten werden.

### **Lernergebnisse:**

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

Team- und Einzelarbeit, Präsentationen der Studierenden, Vorträge.

### **Medienform:**

### **Literatur:**

KUZMIN D. A guide to numerical methods for transport equations. Friedrich-Alexander-Universität, 2010.

MORTON, K. W., AND MAYERS, D. F. Numerical solution of partial differential equations. Cambridge University Press, 2005.

Kevin D. Cole, James V. Beck, A. Haiji-Sheik, and Bahman Litkouhi. Heat conduction using Green's functions. CRC Press, 2011.

**Modulverantwortliche(r):**

Silva Garzon, Camilo Fernando; Dr. habil.

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

Computational Thermo-Fluid Dynamics (Praktikum, 4 SWS)

Polifke W [L], Varillon G, Silva Garzon C

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

## Modulbeschreibung

### MW2268: Praktikum Numerische Strömungsakustik | Computational Aeroacoustics - Practical Course

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2022/23

<b>Modulniveau:</b> 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:

Die Modulprüfung erfolgt an Hand von Projektberichten (Hausaufgaben) zu 6-10 Kurzprojekten, die im Praktikum mittels spezifischer Software in Form von bereit gestellten MATLAB-Skripten bearbeitet werden. Die Berichte beantworten die in den Aufgabenblättern formulierten Fragen mit quantitativen Angaben in tabellarischer oder graphischer Form. Damit wird überprüft, inwieweit die Teilnehmer in der Lage sind, akustische Fragestellungen mittels numerischer Verfahren zu lösen und die Qualität der Lösungen zu analysieren.

Zusätzlich werden die Teilnehmer stichprobenartig aufgefordert, den Lösungsweg und die Struktur der MATLAB-Skripte zu erläutern und Ihre Fähigkeit in der Festlegung wichtiger Parameter, in der Programmbedienung und in der Auswertung und Analyse der Ergebnisse zu demonstrieren. Damit wird gewährleistet, dass die Projektarbeit eigenständig durchgeführt wurde und die Kompetenz in der Anwendung numerischer Simulationsverfahren erworben wurde.

Die Bewertung der 6-10 Berichte zu den Kurzprojekten erfolgt mittels Vergabe von Punkten für die Bearbeitung von Teilaufgaben. Die Gesamtnote der Modulprüfung wird anhand der erreichten Gesamtpunktzahl festgelegt. Zum Bestehen müssen mindestens 2/3 der Kurzprojekte bearbeitet worden sein und mindestens 50% der Gesamtpunktzahl (Summe über alle Projekte) erreicht worden sein.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Semesterende

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Numerische Strömungsakustik (Vorlesung parallel zum Praktikum), Grundlagen der numerischen Strömungsmechanik oder angewandte CFD.

**Inhalt:**

- Lösung der linearisierten Eulergleichungen (LEE) in 1D und 2D mittels Finite-Differenzen-Verfahren. Untersuchung von Eigenschaften und Genauigkeit (dispersiver und dissipativer Fehler).
- Einfluss der Abbruchfehlerordnung der räumlichen Diskretisierung auf Phasen- und Gruppengeschwindigkeit bei einem Anfangswertproblem
- Einfluss der Wellenorientierung und der Gitteranisotropie auf die Ausbreitung schräg orientierter, ebener Wellen in 2D
- absorbierende Randbedingungen und Randpufferschichten in 1D und 2D
- interne Wellenreflexion bei Verwendung nicht-äquidistanter Gitter in 1D
- künstliche Viskosität und explizite Filter zur Dämpfung parasitärer Wellen
- Schallabstrahlung von Elementarquellen in konstanter Grundströmung mittels LEE in 2D in Verbindung mit asymptotischen Fernfeldrandbedingungen
- Reflexion und Beugung an schallharten Wänden in 2D

**Lernergebnisse:**

Fähigkeit, ein Strömungsakustikproblem mittels numerischer Approximationsverfahren in einem strukturierten Prozess zu untersuchen.

Fähigkeit der kritischen Beurteilung der Ergebnisse und Verständnis der Sensitivität der Prognose bezüglich Details der physikalischen und numerischen Modellierung.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Das Praktikum besteht in der Bearbeitung von 6-10 Kurzprojekten, in denen anhand konkreter Beispiele die Fähigkeit, Strömungsakustikprobleme in einem strukturierten Prozess zu untersuchen, geübt und vertieft wird. Den Schwerpunkt bildet dabei das schrittweise Kennenlernen, Verstehen und Anwenden von Grundelementen eines numerischen Lösungsverfahrens für die Schallausbreitung in ruhenden oder strömenden Medien, einschließlich der räumlichen und zeitlichen Diskretisierung sowie der Formulierung von Anfangs- und Randbedingungen.

Zu jedem Projekt wird in einer detaillierten, mehrseitigen Beschreibung der theoretische Hintergrund der konkreten Fragestellung erläutert, der in Abhängigkeit vom Vorwissen ggfs. durch Eigenstudium vertieft werden muss. In der Aufgabenbeschreibung wird die Struktur der zur Verfügung gestellten MATLAB-Skripte erläutert und Hinweise zur Wahl von Parametern und zur Auswertung der Simulations-Ergebnisse gegeben.

Die Simulationsaufgaben werden von den Teilnehmern entweder auf einem eigenen Laptop oder an vom Fachgebiet zur Verfügung gestellten Rechnern gelöst.

Während der Projektarbeit werden anhand von Besprechungen und Kolloquien Lösungsstrategien und Probleme direkt mit einem erfahrenen Mitarbeiter des Lehrstuhls diskutiert und geklärt, was die kritische Beurteilung der Ergebnisse und das Verständnis der physikalischen und numerischen Modellierung stärkt und ausbaut. Die Zusammenfassung der Ergebnisse und der Lösung erfolgt in Berichtform, womit konkrete Aussagen formuliert und Ergebnisse auf Ihre Plausibilität hin überprüft werden sollen.

**Medienform:**

Rechnerübung auf eigenem Rechner (mit MATLAB-Installation) oder auf Rechnern in studentischen Arbeitsräumen des Lehrstuhls für Aerodynamik und Strömungsmechanik

**Literatur:**

C. Hirsch: Numerical computation of internal and external flow. John Wiley & Sons. K.

**Modulverantwortliche(r):**

Kaltenbach, Hans-Jakob; 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](#).

## PC\_MCTS: Practical Courses: Material Characterization, Testing & Surveillance | Practical Courses: Material Characterization, Testing & Surveillance

### Modulbeschreibung

#### ED010003: Recognized Practical Courses | Recognized Practical Courses

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2024

<b>Modulniveau:</b>	<b>Sprache:</b>	<b>Semesterdauer:</b>	<b>Häufigkeit:</b>
<b>Credits:*</b> 4	<b>Gesamtstunden:</b>	<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:

#### Wiederholungsmöglichkeit:

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

#### Inhalt:

#### Lernergebnisse:

#### Lehr- und Lernmethoden:

#### Medienform:

**Literatur:**

**Modulverantwortliche(r):**

**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

### MW0312: Thermofluiddynamisches Praktikum | Thermofluid-dynamic Lab [TFDPrak]

*Wechselnde Themenstellung zu thermofluiddynamischen Technologien*

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2012

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Deutsch/Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester
<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. Bestandteile davon sind ein kurzer schriftlicher Test (Bearbeitungsdauer 30 min, ohne Hilfsmittel, Gewichtung 20%), die Planung, Vorbereitung und Durchführung der Untersuchungen zur Aufgabenstellung (Gewichtung 40%), eine Abschlussdokumentation (Bericht, Gewichtung 20%) und eine Abschlusspräsentation (Dauer 30 min, Gewichtung 20%). Diese Art der Prüfung ermöglicht es, die Fähigkeit Studierender zu überprüfen, bereits erworbene, sowie neue Kompetenzen auf den Untersuchungsgegenstand praktisch anzuwenden, die erzielten Ergebnisse zu bewerten und zu deuten. Mit Hilfe des schriftlichen Testes soll überprüft werden, ob die Studierenden in der Lage sind, die Theorie des Untersuchungsgebietes in ihr bisheriges Studienwissen zu integrieren und neues Wissen eigenständig zu erarbeiten und anzuwenden. Bei der Planung, Vorbereitung und Durchführung der Untersuchungen wird überprüft inwieweit die Studierenden im Team eigene Lösungen mit Blick auf das Gesamtergebnis erarbeiten und diese anwenden können. In der Abschlussdokumentation und -präsentation sollen die Studierenden nachweisen, dass sie die Untersuchung und ihre Ergebnisse schriftlich zusammenfassen und wiedergeben können und diese didaktisch gekonnt einem Fachpublikum präsentieren und in der Diskussion erläutern können.

#### **Wiederholungsmöglichkeit:**

Semesterende

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

Thermodynamik 1 (empfohlen), Wärmetransportphänomene (empfohlen), Fluidmechanik 1 (empfohlen)

**Inhalt:**

Im Rahmen des "Thermofluid-dynamischen Praktikums" wird eine aktuelle Fragestellung aus dem Forschungsbereich des Lehrstuhls bearbeitet. Daher unterscheidet sich das Praktikum wesentlich vom klassischen Ansatz vieler Praktika, in denen vorgegebene Versuche von den Studierenden lediglich "abgearbeitet" werden müssen. Die Studierenden bearbeiten dabei ihr Projekt selbstständig in einer kleinen Gruppe von sechs Personen, wobei der Betreuer stets als Ansprechpartner für fachliche und arbeitstechnische Fragen zur Verfügung steht.

**Lernergebnisse:**

Ziel des Praktikums ist, die Fähigkeit zu erlernen sich in eine neue und eventuell unbekannte Aufgabenstellung einzuarbeiten. Weiter sollen die Studierenden dann in der Lage sein, sich in einer neuen Arbeitsgruppe schnell zurecht zu finden und dort auftretende Konflikte souverän zu lösen. Das Praktikum bietet außerdem die Möglichkeit die persönlichen Fähigkeiten auf dem Gebiet des Vortrags und bei der Dokumentation wissenschaftlicher Arbeiten zu verbessern. Auch sollen nützliche fachliche Fähigkeiten erlernt werden, die stark mit der Themenstellung korrespondieren.

**Lehr- und Lernmethoden:**

In der Vorbesprechung wird das Skript verteilt, in dem die Aufgabenstellungen, Grundlagen und die wichtigsten Regeln für das Praktikum beschrieben sind. Jede Gruppe vereinbart einen wöchentlichen Termin, bei dem Fortschritte, Probleme und die Arbeitsteilung besprochen werden. Die einzelnen Arbeitspakete werden selbstständig während der Woche bearbeitet. Die Betreuer sind bei den wöchentlichen Terminen anwesend und stehen sonst nach Vereinbarung für Fragen zur Verfügung. Die Leitung der Treffen, d.h. Erstellung der Agenda und Moderation, übernimmt ein Gruppenmitglied. Ein zweites Mitglied hält die Besprechung in einem Protokoll fest. Die Ergebnisse werden in einer Dokumentation festgehalten und bei der Abschlusspräsentation den anderen Gruppen vorgestellt.

**Medienform:**

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

**Literatur:**

wird spezifisch je nach Aufgabenstellung angegeben

**Modulverantwortliche(r):**

Wen, Dongsheng; 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

### BGU64010: Zerstörungsfreie Werkstoffprüfung für Ingenieure | Non-destructive Material Testing for Engineers [ZFP-PR]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2022/23

<b>Modulniveau:</b> Bachelor/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 Prüfungsleistung ist eine Gruppenarbeit von maximal 5 Teilnehmern und besteht in der Anfertigung eines schriftlichen Berichts zu einem der 6 Versuche des Praktikums, mit einem Umfang von vier bis acht Seiten. Der Versuch, über den jeweils berichtet werden soll, wird den Studierenden per Losverfahren zugeteilt.

Durch den Praktikumsbericht kann geprüft werden, inwieweit die Studierenden die eigenständige Durchführung der Versuche wissenschaftlich dokumentiert und die wesentlichen Aspekte erfasst haben. Durch die Erstellung des Berichts weisen die Studierenden auf strukturierte Art und Weise und in schriftlicher Form nach, dass sie in der Lage sind, gegebene komplexe Prüfsituationen hinsichtlich der Möglichkeiten und Grenzen der verschiedenen Verfahren zu analysieren und eigenständige Messungen durchzuführen. Die bei den Versuchen erworbenen Erkenntnisse werden in schriftlicher Form diskutiert und interpretiert.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

#### Inhalt:

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

- Ultraschallprüfung
- Luftultraschallprüfung
- Schallemissionsanalyse

- Optische Lock-in Thermographie
- Computertomographie
- Bodenradar

### **Lernergebnisse:**

Nach erfolgreichem Absolvieren des Moduls sind die Studierenden in der Lage, wichtige Begriffe sowie die Aufgaben der zerstörungsfreien Prüfung zu definieren. Die Studierenden verstehen die physikalischen Hintergründe der Prüfverfahren auf Basis elastischer und elektromagnetischer Wellen und die grundlegende Funktionsweise der entsprechenden Prüfgeräte. Weiterhin sind die Studierenden in der Lage, die für das jeweilige zerstörungsfreie Prüfverfahren relevanten Materialeigenschaften zu benennen. Damit können die Studierenden die Prüfverfahren an verschiedenen Materialien und Bauteilgeometrien selbstständig anwenden. Sie werden in die Lage versetzt, komplexe Prüfsituationen hinsichtlich Bauteilgeometrie, Materialeigenschaften und Umgebungsbedingungen zu analysieren. Darauf aufbauend können die Studierenden ein für die jeweilige Prüfsituation geeignetes Verfahren auszuwählen. Weiterhin können die Studierenden die Ergebnisse der Experimentalarbeiten auswerten und Möglichkeiten und Grenzen der jeweiligen Verfahren einschätzen.

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

**Einführungsveranstaltung:** Während der Einführungsveranstaltung wird ein Überblick über die Arbeiten am Lehrstuhl und verschiedene Verfahren der Zerstörungsfreie Prüfung gegeben. Des Weiteren werden Grundlagen der guten wissenschaftlichen Praxis vermittelt und ein Sicherheitstraining für Laborarbeiten durchgeführt.

**Vorlesungen:** Die Vorlesungen beinhalten theoretischen Vorträge zu den jeweiligen Prüfverfahren und den physikalischen Wechselwirkungen, auf denen die Methoden aufbauen. In der Regel finden die Vorlesungen in den ersten zwei Praktikumstagen und für alle Teilnehmer parallel statt.

**Übungen:** Im Rahmen der Übungen bearbeiten die Teilnehmer theoretische Fragen und Rechenaufgaben zu den jeweiligen Themengebieten in schriftlicher Form. Um den regen Austausch mit dem Betreuer und anderen Teilnehmer zu fördern, werden die Teilnehmer in Kleingruppen von maximal fünf Teilnehmer aufgeteilt und die Ergebnisse anschließend diskutiert.

**Laborversuche:** Die Laborversuche finden ebenfalls in Kleingruppen von bis zu fünf Teilnehmern und unter enger Betreuung statt. Es erfolgt die selbständige Aufnahme, Auswertung und Diskussion von Messergebnissen und Messungenauigkeiten, sowie die Betrachtung von Anwendungsbeispielen anhand ausgewählter Prüfobjekte. Die Auswertung von einfachen statistischen Versuchen wird geübt. Typische Einsatzbereiche, sowie Trends und Grenzen der behandelten Verfahren werden diskutiert. Die Ergebnisse und Erkenntnisse jedes Versuchs werden in einem Laborbericht dokumentiert.

### **Medienform:**

Moodle E-Learning, PowerPoint Präsentation, gedrucktes Manuskript, Praktikumsanleitung, Berichtvorlagen

**Literatur:**

Skript „Zerstörungsfreie Prüfung“

Eden & Gebhard: Dokumentation in der Mess- und Prüftechnik. Springer Vieweg, Wiesbaden 2014.

**Modulverantwortliche(r):**

Große, Christian; Prof. Dr.

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

Zerstörungsfreie Werkstoffprüfung für Ingenieure (Praktikum, 4 SWS)

Große C [L], Große C, Maier B, Menendez Orellana A, Moser K, Neugebauer M, Parikh F, Popovych O

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

## Modulbeschreibung

### BV070006: Praktikum Analytik und Prüftechnik | Practical Course Analysis and Testing

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2018

<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 Prüfungsleistung besteht aus einer Projektarbeit, in der ein praxisnahes Fallbeispiel im Rahmen der Mikroskopie, der Röntgenbeugungsanalyse, der Thermoanalyse, der chemische Analytik, der Lasergranulometrie und Luftstrahlsiebung, der Bestimmung von Porosität oder der Bestimmung von Oberfläche und Korngrößenverteilung behandelt wird. Das Verständnis über Funktionsweisen, Anwendungsgebiete und Informationsgehalt der behandelten Analysemethoden soll in dieser Projektarbeit, die in Kleinstgruppen (2-3 Studierenden) durchgeführt wird, dargelegt werden.

Die konkreten Aufgabenstellungen werden den Studierenden am Ende Vorlesungszeit bekannt gegeben und müssen innerhalb von 2 Wochen bearbeitet werden. Der schriftliche Bericht muss mindestens 10, darf aber maximal 20 Seiten umfassen.

Die Note ergibt sich für jeden Studierenden der jeweiligen Kleinstgruppe aus dem abgegebenen Bericht, d.h. jeder Studierende innerhalb der jeweiligen Kleinstgruppe erhält die gleiche Note.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Abgeschlossenes Bachelorstudium des Bauwesens (Architektur, Bauingenieurwesen o.ä.), der Ingenieur- oder Naturwissenschaften; Grundlagenausbildung in den Gebieten Mathematik, Physik, Chemie, Werkstoffkunde

#### Inhalt:

Untersuchung von Baustoffen mit folgenden Methoden:

- Mikroskopie
- Röntgenbeugungsanalyse

- Thermoanalyse
- Chemische Analytik
- Lasergranulometrie und Luftstrahlsiebung
- Bestimmung von Porosität
- Bestimmung Oberfläche & Korngrößenverteilung

Darüber hinaus werden praxisnahe Fallbeispiele erst in Kleingruppen von Studierenden bearbeitet und dann gemeinsam mit dem Dozenten besprochen.

### **Lernergebnisse:**

Nach der Teilnahme am Modul sind die Studierenden in der Lage, die Funktionsweise, das Anwendungsgebiet und den Informationsgehalt der behandelten analytischen Methode zu beurteilen und relevanten Vor- und Nachteile zu beschreiben. Durch Praxisbeispiele und die Laborarbeit haben die Studierenden gelernt, wie analytische Methoden im Labor funktionieren und können deren Zeit und Materialaufwand abschätzen. Des Weiteren sind die Studierenden in der Lage die wesentlichen zur Charakterisierung von mineralischen Werkstoffen relevanten analytischen Methoden gezielt im Kontext einer aktuellen Problemstellung mit Bauwerkstoffen zu evaluieren.

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

In der Veranstaltung werden die theoretischen Lehrinhalte in Form einer klassischen Vorlesung mit ständiger Unterstützung durch eine PowerPoint-Präsentation vermittelt. Berechnungsbeispiele werden auf Overheadfolien oder an der Tafel unter Einbeziehung der Studierenden durchgeführt. Teilweise werden Anschauungsmaterialien zur besseren Darstellung und zum besseren Verständnis der Sachverhalte verwendet.

Um den Studierenden die besprochenen Analysemethoden zu zeigen, werden in den Laboren direkt im Anschluss zur Lehrveranstaltung Fallbeispiele von den Studierenden in Kleingruppen (2 – 3 Studierenden) weitgehend eigenständig durchgeführt. Die Auswertungen der gewonnenen Versuchs- und Prüfungsergebnisse werden von den Studierenden alleine durchgeführt und anschließend mit dem Dozenten besprochen. Hierbei lernen die Studierenden die neu gewonnenen theoretischen Kenntnisse mit der Praxis zu verbinden sowie die Ergebnisse wissenschaftlich darzustellen und zu interpretieren.

Ein wichtiger Baustein im Rahmen der Projektarbeit ist das Arbeiten im Team. Da jeder Studierende einer Kleinstgruppe gleich bewertet wird, ist ein zielorientiertes und zeiteffizientes Denken, Diskutieren und Ausarbeiten des Berichts für einen erfolgreichen Abschluss des Moduls von großer Bedeutung.

### **Medienform:**

Skripte, Demonstrationsversuche und eigene Experimente, Power-Point-Präsentationen

### **Literatur:**

Die Studierenden erhalten zu jedem Thema ein Skript. Darin ist eine Auflistung der empfohlenen Literatur für die Themengebiete enthalten

**Modulverantwortliche(r):**

Machner, Alisa; 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

### MW0285: Mechanikpraktikum | Lab on Mechanics for Advanced Students [PraktMS]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2025/26

<b>Modulniveau:</b> 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> 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:

Schriftliche Prüfungen, je 20 min, keine Hilfsmittel 5x Test, jeweils zum Theorieteil aller 5 Versuche, doppelt bewertet

5x Versuchsdurchführung im Lab einschließlich Gespräch, einfach bewertet

5x Hausaufgabe (Fragen aus der Versuchsanleitung), einfach bewertet

Alle 5 Tests und Versuche müssen absolviert und bestanden werden, es wird daraus eine Note gebildet

#### Wiederholungsmöglichkeit:

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Grundkenntnisse zur Technischen Mechanik , besonders lineare Schwinger mit einem und zwei Freiheitsgraden

Regelungstechnik: Abtasttheorem, Frequenzgangfunktion, PT2-System

Mathematik: Fouriertransformation, Differentialgleichungen, Eigenwerte

#### Inhalt:

echanikkenntnisse werden vertieft und ergänzt im Gebiet Dynamik und Schwingungen. Ein Schwerpunkt ist die physikalische Interpretation von Schwingungsphänomenen.

Inhalt der 5 Versuche:

1. MTM -- Bestimmung der Massenträgheitsmomente und Trägheitsachsen mit einem Torsionspendel
2. Auswuchten -- Auswuchten eines starren Rotors
3. Rüttelpendel -- Stabilität parametererregter Schwingungen
4. Reibpendel -- Phasenkurven selbsterregter Schwingungen

5. Balancierstab -- Stabilisierung eines stehenden Pendels auf einem magnetgetriebenen Wagen durch einen Regelkreis (MATLAB/SIMULINK)

**Lernergebnisse:**

Nach der Teilnahme an der Modulveranstaltung ist der Studierende in der Lage, Schwingungen nach ihrem Entstehungsmechanismus zu unterscheiden, deren physikalischen Ursachen und mathematische Beschreibung zu verstehen und anzuwenden.

Speziell kann der Teilnehmer die freien, erzwungenen, parametererregten und selbsterregten Schwingungen bewerten und praktischen Anwendungen zuordnen. Er versteht damit die Zusammenhänge (z.B. Grenzykel, Stabilität), kennt die Parameter und kann Maßnahmen der Schwingungsminderung oder zur gezielten Nutzung ableiten.

Mechanikkenntnisse werden vertieft und ergänzt im Gebiet Dynamik und Schwingungen. Ein Schwerpunkt ist die physikalische Interpretation von Schwingungsphänomenen.

Speziell kann der Teilnehmer die freien, erzwungenen, parametererregten und selbsterregten Schwingungen bewerten und praktischen Anwendungen zuordnen. Er versteht damit die Zusammenhänge (z.B. Grenzykel, Stabilität), kennt die Parameter und kann Maßnahmen der Schwingungsminderung oder zur gezielten Nutzung ableiten.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Umfangreiches Selbststudium der Versuchsanleitung (ca. 20 Seiten). Beantwortung der Kontrollfragen als Hausaufgabe.

Nutzung von Sprechstunden vor dem Versuch beim Versuchsleiter (je Versuch ein anderer Doktorand des Lehrstuhles)

Präsentation (Versuchsleiter) jeweils im Theorieteil vorzu jedem Versuch, sowie Demo von Lehrmodellen zu Schwingungsphänomenen

Arbeit in 3er Gruppen an den Versuchs- und Messtechnikaufbauten im Labor, Demo durch den Versuchsleiter und eigene Aktivitäten, Gespräch und Diskussion am Versuchsstand mit dem Versuchsleiter

Hinweis zur Sprache: Das Material (Vorbereitungsskript, Theorievorträge, Hausaufgaben) ist in Deutsch gegeben. Die Tests sind in der Hauptsprache Deutsch, aber es gibt zu jeder Frage im Test eine englische Übersetzung. Antworten im Test und in der Hausaufgabe können auf Deutsch oder Englisch gegeben werden. Auf Wunsch und nach Absprache mit den anderen Gruppenteilnehmern kann die Versuchsdurchführung auch auf Englisch erfolgen. Das Praktikum richtet sich hauptsächlich an deutschsprachige Studierende.

**Medienform:**

eder Teilnehmer erhält eine ausführliche gedruckte Theorie- und Versuchsbeschreibungen (ca. 20 Seiten). Diese beinhaltet auch Kontrollfragen als Hausaufgabe.

Präsentation (Tablet-PC oder PowerPoint) jeweils im Theorieteil zu jedem Versuch, ergänzt durch Videos von Praxisbeispielen und Animationen zu Schwingungsvorgängen, Lehrmodelle zu Schwingungsphänomenen

Versuchs- und Messtechnikaufbauten im Labor, Übersichtstafel bzw. Poster an jedem Versuchsstand

Handouts (gedruckt) zu charakteristischen erwarteten Messergebnissen

**Literatur:**

Versuchsanleitung, für jeden der 5 Versuche einzeln (ca. 20 Seiten)

Beitelschmidt, Michael., Hans Dresig, H.: "Maschinendynamik. 13. Auflage," ( 2024).Dresig, H.; Holzweißig, F.: Maschinendynamik.9. neu bearb. Auflage unter Mitarbeit von L. Rockhausen, mit CD-ROM, 533 Seiten, 235 Abb., Softcover, mit 60 Aufgaben und Lösungen, Springer Verlag - Berlin Heidelberg New York 2009 <https://doi.org/10.1007/978-3-662-60313-0>

Magnus, K., Popp, K., Sextro, W.: Schwingungen: Grundlagen–Modelle–Beispiele, 2021. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-31116-2>

Experimental Vibration Analysis, Module MW1995, Lecture Script.

Skript zur Vorlesung Experimentelle Schwingungsanalyse bzw. Experimental Vibration Analysis

Harris, C.M.; Piersol, A.G.: Harris' Shock and Vibration Handbook. Fifth Edition, McGraw-Hill Book Company, New York Toronto London, 2002. ISBN 978-0071370813

**Modulverantwortliche(r):**

Rixen, Daniel; Prof. Dr.

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

Praktikum Mechanische Schwingungsphänomene (Modul MW0285) (Praktikum, 4 SWS)

Rixen D [L], Kist A, Kreutz M, Todorov B, Zobel O

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

## Modulbeschreibung

### MW0305: Experimentelle Strömungsmechanik | Experimental Fluid Mechanics [EXPSM]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2017/18

<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> 68	<b>Präsenzstunden:</b> 52

\* 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 Form einer Laborleistung, ergänzt durch eine Präsentation, erbracht. Dabei weisen die Studierenden nach, dass sie die theoretischen Grundlagen der Strömungsmechanik verstanden haben und ein Strömungsproblem mit experimentellen Methoden untersuchen können. Die Studierenden halten ihre Erkenntnisse und Ergebnisse in einem Bericht (ca. 10-15 Seiten) fest und beurteilen diese vor dem Hintergrund der Sensitivität von Messgrößen und Messmitteln. Sie präsentieren ihre Ergebnisse einzeln in Form eines Kurzreferats am Ende des Praktikums, wobei sie rhetorisch und fachlich vor einem kritischen Fachpublikum überzeugen müssen.

Die Modulnote ergibt sich aus den Einzelnoten für den Bericht und das Kurzreferat, wobei diese gleich gewichtet werden.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Fluidmechanik I, Fluidmechanik II, Turbulente Strömungen, Gasdynamik oder Continuum Mechanics

#### Inhalt:

Einführung in die Verwendung experimenteller Methoden in der Strömungsmechanik an Hand der Bearbeitung von fluidmechanischen Problemstellungen.

#### Lernergebnisse:

Nach der erfolgreichen Teilnahme an diesem Modul besitzen die Studierenden die Fähigkeit, ein Strömungsproblem mittels experimenteller Methoden in einem strukturierten Prozess zu

untersuchen. Zudem haben sie die Fähigkeit der kritischen Beurteilung der Ergebnisse und verstehen die Sensitivität von Messgrößen und Messmitteln und wissen Messfehler einzuschätzen.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Die theoretisch vermittelten Kenntnisse werden in Versuchen, die unter Anleitung der Versuchsbetreuer möglichst selbstständig an Anlagen und Versuchsständen im Technikum und Labor des Lehrstuhls in Gruppen durchgeführt werden, angewendet. Dabei werden technische und labortechnische Fertigkeiten sowie die Zusammenarbeit in einer Gruppe geübt. Um die Versuche mit maximalem Lernerfolg absolvieren zu können, wird vor Beginn des Versuches in einem Gespräch in der Gruppe (Vorkolloquium) die zum Versuch notwendigen Grundkenntnisse überprüft und ggf. vorhandene Unklarheiten beseitigt. Zur Vorbereitung wird den Studierenden zu jedem Versuch eine Versuchsanleitung mit den wichtigsten Grundlagen zur Verfügung gestellt. Der Ablauf des Versuchs und die dabei durchzuführenden Messungen werden gemeinsam erarbeitet. Die erzielten Versuchsergebnisse werden in einer schriftlichen Auswertung dokumentiert, die in Gruppenarbeit anzufertigen und fristgerecht abzugeben ist. Die schriftliche Prüfung soll das im Praktikum erworbene Wissen abschließend überprüfen.

**Medienform:**

Skript zum Praktikum mit Beschreibung der Theorie und Anleitung zum jeweiligen Versuch.

**Literatur:**

Goldstein: Fluid Mechanics Measurements

**Modulverantwortliche(r):**

Indinger, Thomas; Prof. Dr.-Ing. habil.

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

Praktikum Experimentelle Strömungsmechanik (MW0305) (Praktikum, 3 SWS)

Indinger T, Rugerri E, Sleight M

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

## Modulbeschreibung

### MW0450: Praktikum Industrielle Softwareentwicklung für Ingenieure / C++ | Practical Course Industrial Software Engineering / C++ [SEPR]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2014

<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 schriftlichen Klausur (Prüfungsleistung, 60 min, am letzten Praktikumstag) und praktikumsbegleitenden Übungsleistungen. Das Modul ist bestanden, wenn die Klausur und die Übungsleistungen bestanden sind. Die Modulnote entspricht der Note der schriftlichen Klausur.

Die Übungsleistungen umfassen 39 (+1 optionale) Praktikumsaufgaben über einen Zeitraum von 5 Werktagen sowie eine finale Abnahme des Programmcodes am realen Roboter. Die Praktikumsaufgaben führen die Studierenden schrittweise in die Softwareentwicklung und C++-Programmierung ein und dienen dazu, die Fertigkeiten (praktische Umsetzung, Anwendung und Nutzung des Fach- und Methodenwissens) kontinuierlich inkl. Lernfortschritt zu überprüfen. Die Praktikumsaufgaben gelten als bestanden, wenn die 39 Aufgaben und die Inbetriebnahme erfolgreich (Überprüfung per Test und mündlicher Abnahme) abgeschlossen wurden.

Am Ende des Praktikums findet eine schriftliche Prüfung statt (60 min, keine Hilfsmittel erlaubt), in der Fach- und Methodenwissen zur objektorientierten Programmierung in C++ sowie die Anwendung auf Implementierungsbeispiele geprüft wird.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

MW2206: Vorlesung Grundlagen der modernen Informationstechnik I+II (empfohlen)

MW1918: Vorlesung Industrielle Softwareentwicklung für Ingenieur:innen (empfohlen)

**Inhalt:**

Das Praktikum Industrielle Softwareentwicklung für Ingenieure / C++ vermittelt grundlegende Fähigkeiten und Fertigkeiten im Umgang mit Software für eingebettete Systeme. Hierfür werden die Kenntnisse aus dem Grundstudium in C-Programmierung aufgefrischt und mit den Besonderheiten der Programmiersprache C++ ergänzt. Neben der Einführung in das Paradigma der objektorientierten Programmierung wird die Verwendung von C++ in eingebetteten Systemen vermittelt.

**Lernergebnisse:**

Nach der Teilnahme am Praktikum Industrielle Softwareentwicklung für Ingenieure / C++ besitzen die Studierenden theoretische und praktische Kenntnisse für die selbstständige Entwicklung objektorientierter Programme in C++ sowie grundlegende Strategien und Fertigkeiten zur Anbindung von Sensorik, Ansteuerung von Aktorik sowie die Anbindung von Peripheriegeräten in eingebetteten Systemen.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Umsetzung der praktischen Aufgaben im Computerraum unter persönlicher Anleitung und Betreuung, Schriftliches Testat am Ende des Praktikums

**Medienform:**

Einführungspräsentation, Praktikumsskript inklusive Aufgaben

**Literatur:**

- Helmut Erenkötter: C++ Objektorientiertes Programmieren von Anfang an; ISBN 3-499-60077-3
- Bjarne Stroustrup: Einführung in die Programmierung in C++; ISBN 3-868-94005-7
- Jürgen Wolf: Grundkurs C++: C++-Programmierung verständlich erklärt; ISBN 3-836-22294-9

**Modulverantwortliche(r):**

Vogel-Heuser, Birgit; Prof. Dr.-Ing.

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

Praktikum Industrielle Softwareentwicklung für Ingenieure / C++ (Praktikum, 4 SWS)

Vogel-Heuser B, Zhao J, Land K

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

## Modulbeschreibung

### MW1068: Composite-Bauweisen - Praktikum | Practical Training in Materials and Process Technologies for Carbon Composites [PCB]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2020

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Deutsch/Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester
<b>Credits:*</b> 4	<b>Gesamtstunden:</b> 120	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 70	<b>Präsenzstunden:</b> 50

\* 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 wird das Erreichen der angestrebten Lerninhalte überprüft.

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:

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Faser-, Matrix-, und Verbundwerkstoffe mit ihren Eigenschaften  
Fertigungsverfahren für Composite-Bauteile  
Auslegung und Bauweisen von Composite-Strukturen

#### Inhalt:

Werkstoffauswahl , Fertigungstechnologien und Konstruktionsvorgaben zur faserverbundgerechten Auslegung werden an konkreten Bauteilen aus unterschiedlichen Anwendungsbranchen erörtert. Neben den technologischen Anforderungen stehen auch die wirtschaftlichen Gesichtspunkt im Fokus. Exkursionen zu Firmen mit Besichtigung der Serienproduktion von Faserverbundbauteilen runden das Praktikum ab.

### **Lernergebnisse:**

Nach der Teilnahme an der Modulveranstaltung "Praktikum für Composite-Bauweisen" sind die Studierenden in der Lage Materialien und Fertigungstechnologien nach entsprechenden Spezifikationen für einen konkreten Anwendungsfall auszuwählen. Sie können die Einflußgrößen in der Auslegung von Bauteilkomponenten nach wirtschaftlichen und technologischen Gesichtspunkten analysieren und bewerten. Die Studierenden sind in der Lage neue Erkenntnisse aus der Forschung auf den Praxisfall umzulegen.

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

Die Praktikumstermine gliedern sich in theoretische und Exkursionstermine. Im Rahmen der theoretischen Veranstaltungen werden die Fragestellungen mittels Power Point Folien präsentiert und anschließend in der Gruppe diskutiert. Danach werden spezifischen Aufgaben in Kleingruppen erarbeitet und anschließend vorgetragen. Bei den Exkursionsterminen werden die Unternehmen von Firmenvertretern vorgestellt und die Produktion in Rundgängen besichtigt.

### **Medienform:**

Vortrag, Präsentation mit Powerpoint Folien, Tafelbild, Beamer

### **Literatur:**

Neitzel Manfred; Mitschang, Peter; Handbuch Verbundwerkstoffe: Werkstoffe, Verarbeitung, Anwendung (3-446-22041-0); Faserverbundbauweisen Eigenschaften Mechanische. konstruktive. thermische. elektrische. ökologische. wirtschaftliche Aspekte (3-540-00636-2)

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

Drechsler, Klaus; Prof. Dr.-Ing.

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

Praktikum zu Composite-Bauweisen (Praktikum, 4 SWS)

Drechsler K [L], Dörr P, Jäger C, Kind K, Wettemann T

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

## Modulbeschreibung

### MW1381: Fertigungstechnologien für Composite-Bauteile | Manufacturing Technologies for Composite Parts [FCB]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2020

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> 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:

Die Modulprüfung erfolgt in Form einer Projektarbeit. Diese beinhaltet neben der Bearbeitung der Aufgabenstellung (Gliederung in Ideenfindung (Erarbeiten von Konzepten), Durchführung (Herstellung der Bauteile) und Bewertung (Bauteilversuche); Gewichtung: 55%) ein schriftliches Testat (Gewichtung: 25%) und eine Abschlusspräsentation (Gewichtung: 20%). Das schriftliche Testat (Bearbeitungsdauer: 15 min, Hilfsmittel: keine) erfolgt am dritten Abhaltungstermin des Moduls. Damit weisen die Studierenden ihr theoretisches Wissen hinsichtlich der Fertigungstechnologien nach, was die Grundlage für die restlichen Arbeitsschritte der Projektarbeit bildet. Die Studierenden weisen während der Projektarbeit ihre Kompetenzen beim praktischen Arbeiten also beim Erarbeiten von Herstellkonzepten, bei der Kostenrechnungen, bei der Herstellung der Bauteile (Preforming, Vakuuminfiltration, Endbearbeitung) sowie bei der Durchführung und Bewertung der Bauteilversuche nach. Anhand einer Abschlusspräsentation am letzten Abhaltungstermin des Moduls wird überprüft (Dauer des Vortrags: 20 min), ob die Studierenden in der Lage sind, Herstellkonzepte für Bauteile zu entwerfen und unter der Berücksichtigung der Kosten die geeignetsten Fertigungstechnologien zu finden. Somit sollen die Studierenden zeigen, dass sie fähig sind, die Bauteile mit den vorhandenen Fertigungstechnologien herzustellen und die Methoden, Konzepte und Ergebnisse rhetorisch sicher einem Fachpublikum präsentieren und auf Fragen, Kritik und Anregungen eingehen zu können.

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:**

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

Vorlesungen: Faser-, Matrix-, und Verbundwerkstoffe mit ihren Eigenschaften; Fertigungsverfahren für Composite-Bauteile

### **Inhalt:**

Im Rahmen des Praktikums werden Fertigungstechnologien aus dem Bereich Preforming und Infiltration erarbeitet. Aus dem Bereich Preforming werden das Drapieren von trockenen Halbzeugen, Fiber Patch Preforming, das Umflechten von Kernstrukturen sowie das automatisierte Ablegen von Fasern behandelt. Aus dem Bereich Infiltration bzw. Tränkung von Fasern mit Harz werden das klassische Handlaminieren und Prozesse wie VARI, VAP und RTM vorgestellt. Die theoretischen Grundlagen werden durchgenommen. Die Studierenden lernen anhand von einfachen Geometrien wie Platten und Rohren die verschiedenen Prozesse und setzen sie anhand von Beispielbauteilen selbstständig um.

### **Lernergebnisse:**

Nach der Teilnahme am Modul "Fertigungstechnologien für Composite Bauteile" sind die Studierenden in der Lage, die behandelten Technologien praktisch anzuwenden. Sie verstehen die Vor- und Nachteile von Preforming-Prozessen wie dem Fiber Patch Placement, dem Flechten, der sequentiellen Preformherstellung sowie von den Infiltrationsprozessen VARI und VAP. Sie sind in der Lage die Eignung dieser Fertigungstechnologien für unterschiedliche Bauteile zu bewerten und daraus Herstellkonzepte zu entwickeln. Weiterhin sind sie fähig diese Fertigungstechnologien praktisch anzuwenden und daraus Bauteile herzustellen und sie lernen die hergestellten Bauteile mit Hilfe von Testmethoden zu analysieren.

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

Zu Beginn des Moduls wird theoretisches Fachwissen über die Fertigungstechnologien sowie über Kostenrechnungen anhand von Vorlesungen übermittelt. Die theoretisch vermittelten Kenntnisse werden in der Bauteilherstellung angewendet. Sie erfolgt nach der Einarbeitung durch die Bauteilbetreuer möglichst selbstständig an Anlagen und Versuchsständen im Technikum und Labor des Lehrstuhls in Gruppen von bis zu vier Teilnehmern. Dazu werden die Fertigungstechnologien zunächst von den jeweiligen Fachleuten am Lehrstuhl demonstriert. Im weiteren Verlauf werden die Infiltrationsprozesse anhand von einfachen Aufbauten (Platte) geübt. Dabei werden technische und labortechnische Fertigkeiten sowie die Zusammenarbeit in einer Gruppe geübt. Die Projektarbeit erfolgt dann unter Beachtung des von der jeweiligen Gruppe erstellten Projektplans. Der Hauptteil der Projektarbeit ist die Bauteilherstellung, worauf das Testen der Bauteile folgt. Hierfür stellen die Studierenden Testkonzepte vor, anhand deren in Zusammenarbeit mit den Fachleuten des Lehrstuhls die Tests erarbeitet und durchgeführt werden. Die Ergebnisse der Herstellkonzepte, der Kostenrechnungen, der Herstellung der Bauteile

(Preforming, Vakuuminfiltration, Endbearbeitung) und der Bauteilversuche werden schließlich von den Studierenden in einer Abschlusspräsentation dokumentiert und vorgetragen.

**Medienform:**

Vortrag, Präsentation, Tafelanschrieb, Beamer, Online-Lehrmaterialien, Anlagentechnik für die verschiedenen Verfahren

**Literatur:**

Flemming, Manfred ;Ziegmann, Gerhard; Roth, Siegfried; Faserverbundbauweisen Fasern Matrices (3-540-58645-8); Faserverbundbauweisen Halbzeuge und Bauweisen (3-540-60616-5); Faserverbundbauweisen Eigenschaften  
Mechanische. konstruktive. thermische. elektrische. ökologische. wirtschaftliche Aspekte (3-540-00636-2)

**Modulverantwortliche(r):**

Drechsler, Klaus; Prof. Dr.-Ing.

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

Fertigungstechnologien für Composite-Bauteile (Praktikum, 4 SWS)

Drechsler K [L], Dörr P, Falk F, Lachner J, Luengo Scotto R, Seitenglanz P, Strobel M, Wettemann T

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

## Modulbeschreibung

### MW2382: Visualisierungstechniken in der Numerischen Mechanik Praktikum | Visualization Techniques in Computational Mechanics Practical Course [VNMP]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2018/19

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Deutsch/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 Modulprüfung findet in Form einer Projektarbeit statt. Diese beinhaltet die Bearbeitung einer konkreten Aufgabenstellung (Programmieraufgabe) und deren Dokumentation (schriftlich, 3-5 Seiten) sowie einer abschließenden Präsentation (mündlich, 15 min) der erzielten Ergebnisse. Die Bearbeitung der Aufgabenstellung, die in Form von (aufeinander aufbauenden) Hausaufgaben und somit unter keiner Beschränkung von Hilfsmitteln erfolgt, läuft in mehreren Stufen, von der Definition des Problems, der Methodenauswahl bis hin zur Durchführung und Lösung, ab. Die Studierenden weisen damit nach, dass sie existierende Simulationsergebnisse mit modernen Visualisierungswerkzeugen eigenständig bearbeiten, darstellen und vor einem Fachpublikum vorstellen und rechtfertigen können. Die Modulnote berechnet sich aus der Bewertung der Bearbeitung und Dokumentation der Aufgabenstellung (Gewichtung 75%) und der Präsentation der Ergebnisse (Gewichtung 25%).

#### Wiederholungsmöglichkeit:

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Die Inhalte der Vorlesungen Numerische Methoden für Ingenieure oder Finite Elemente (Maschinenwesen) bzw. Numerical Methods for Partial Differential Equations (Mathematik) oder vergleichbaren Veranstaltungen werden vorausgesetzt.

#### Inhalt:

In diesem Praktikum werden moderne Ansätze zur Visualisierung von numerischen Simulationsergebnissen eingeführt. Der Schwerpunkt liegt auf der Darstellung von Lösungen basierend auf Rechnungen von Differentialgleichungen diskretisiert mit finiten Elementen

oder Partikel-Ansätzen in der Open-Source-Software ParaView. Dabei wird neben der Grundfunktionalität bei der Darstellung von skalaren und vektorwertigen Größen insbesondere auch das Erstellen von einfachen Tools zur erweiterten Lösungsanalyse gezeigt und geübt. Die Studierenden lernen dabei problemspezifische Lösungen für den Bereich der Festkörper- und Strömungsmechanik kennen und erhalten einen Einblick in weiterführende Fragestellungen. Im Praktikum werden neben den klassischen Visualisierungskonzepten wie Erstellung von Grafiken und Videos auch neuartige Konzepte wie dreidimensionale und interaktive Visualisierung basierend auf Virtual-Reality-Techniken erarbeitet. Dazu werden zwei leicht versetzte Darstellungen gerendert. Zur Verifikation wird diese Darstellung auf VR-Brillen überprüft.

### **Lernergebnisse:**

Nach der erfolgreichen Teilnahme der Veranstaltung sind die Studierenden in der Lage, Simulationsergebnisse mit modernen Visualisierungswerkzeugen darzustellen. Dies umfasst neben der Benutzung der eingebauten Visualisierungsmethoden auch das Erstellen von eigenen Modulen für spezifischen Bedarf auch bei anderen ingenieurrelevanten Problemstellungen.

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

Wichtige Aspekte der zugrundeliegenden Simulationsmethoden und der verwendeten Visualisierungsprogramme werden bei der Einführung der Problemstellungen in Einzelbetreuung am konkreten Beispiel vorgestellt. Dadurch lernen die Studierenden die zugrundeliegende Theorie und die Funktionsweise der Visualisierungsmethoden kennen. Sie werden zunächst dabei unterstützt und angeleitet, wie sie diese eigenständig und zielgerichtet nutzen können. Schließlich arbeiten die Studierenden selbst an einer vorgegebenen Aufgabenstellung (in Form von aufeinander aufbauenden Hausaufgaben) an den lehrstuhleigenen Computerarbeitsplätzen, um die eigenständige Lösung konkreter Visualisierungsprobleme aus der ingenieurwissenschaftlichen Praxis zu erlernen. Die Bearbeitung dieser Aufgabenstellungen wird durch Einzelgespräche mit den Betreuern der Lehrveranstaltung unterstützt.

### **Medienform:**

Vortrag, PC-Arbeitsplätze am Lehrstuhl, Softwarepaket ParaView.

### **Literatur:**

<https://www.paraview.org/>

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

Wolfgang A. Wall

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

Visualisierungstechniken in der Numerischen Mechanik Praktikum (MW2382) (Praktikum, 4 SWS)  
Ludwig M, Wall W, Goderbauer B  
Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de) oder [hier](#).

## Modulbeschreibung

### MW2477: Thermomechanisches Werkstoffverhalten in der additiven und schweißtechnischen Fertigung | Thermomechanical Material Behaviour in Additive Manufacturing and Welding [TMWV]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2022/23

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> 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:

Die Prüfungsleistung erfolgt auf Basis einer Laborleistung. Die fünf Versuche werden von den Studierenden mit zur Verfügung gestellten Unterlagen selbstständig vorbereitet und unter Anleitung durchgeführt. Die Vorbereitung wird im Rahmen der Vorbesprechung eines jeden Versuchs qualitativ überprüft und ist Voraussetzung für die praktische Durchführung. Nach Abschluss des Praktikums ist ein Bericht über alle Versuche zu verfassen, in dem Durchführung und Ergebnisse zu dokumentieren sind. Letztere sollen darüber hinaus versuchsübergreifend verknüpft, diskutiert und anhand theoretischer Kenntnisse interpretiert werden. Die Studierenden weisen damit z.B. nach, dass sie verschiedene experimentelle Möglichkeiten zur Charakterisierung des Verhaltens metallischer Werkstoffe infolge der Temperaturen, die bei der additiven und schweißtechnischen Fertigung auftreten, und die sich ergebenden Eigenschaften kennen. Darüber hinaus zeigen sie, dass sie experimentelle Ergebnisse wissenschaftlich dokumentieren und verarbeiten können. Die Note des Berichts entspricht der Modulnote.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

- Absolviertes Bachelorstudium (Maschinenwesen, Physik, Materialkunde, Ingenieurwissenschaften, Elektrotechnik o.Ä.)
- Grundlagenkenntnisse in den Gebieten Werkstoffkunde / Werkstofftechnik (Metalle), Physik, Technische Mechanik, Elektrotechnik

### **Inhalt:**

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

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

### **Lernergebnisse:**

Nach erfolgreicher Teilnahme am Modul verfügen die Studierenden über Kenntnisse des Verhaltens ausgewählter metallischer Werkstoffe infolge der Temperaturen, die bei der additiven und schweißtechnischen Fertigung auftreten. Sie kennen verschiedene experimentelle Möglichkeiten zur Charakterisierung dieses Verhaltens und der sich ergebenden Eigenschaften. Sie sind in der Lage, diese Versuche systematisch durchzuführen sowie die Ergebnisse auszuwerten, zu dokumentieren und kritisch zu diskutieren. Anhand der Resultate können sie das Verhalten unterschiedlicher Werkstoffe bewerten.

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

Durch das Selbststudium der zur Verfügung gestellten Praktikumsunterlagen und weiterführender Literatur erweitern die Studierenden ihr theoretisches Wissen zu den Versuchsinhalten. Dieses wird während der angeleiteten Durchführung der Versuche angewendet und durch praktische Erfahrungen bereichert. Damit lernen die Studierenden verschiedene experimentelle Möglichkeiten zur Charakterisierung des Verhaltens metallischer Werkstoffe infolge der Temperaturen, die bei der additiven und schweißtechnischen Fertigung auftreten, und die sich ergebenden Eigenschaften kennen. Durch die Ausarbeitung eines Berichts erlernen die Studierenden die wissenschaftliche Dokumentation und die kritische Auseinandersetzung mit den Ergebnissen.

### **Medienform:**

Skripten, Handzettel, Präsentationen

### **Literatur:**

Dilthey: Schweißtechnische Fertigungsverfahren 2 - Verhalten der Werkstoffe beim Schweißen, Springer 2005

Rösler, Harders, Bäker: Mechanisches Verhalten der Werkstoffe, Springer Vieweg, 2019

Böllinghaus et al.: Hot Cracking Phenomena in Welds I-IV, Springer, 2005-2016

Oettel, Schumann: Metallografie, Wiley, 2011

**Modulverantwortliche(r):**

Mayr, Peter; Prof. Dr. techn. Dipl.-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](#).

## PC\_MiEA: Practical Courses: Materials in Engineering Applications | Practical Courses: Materials in Engineering Applications

### Modulbeschreibung

#### ED010003: Recognized Practical Courses | Recognized Practical Courses

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2024

<b>Modulniveau:</b>	<b>Sprache:</b>	<b>Semesterdauer:</b>	<b>Häufigkeit:</b>
<b>Credits:*</b> 4	<b>Gesamtstunden:</b>	<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:

#### Wiederholungsmöglichkeit:

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

#### Inhalt:

#### Lernergebnisse:

#### Lehr- und Lernmethoden:

#### Medienform:

#### Literatur:

**Modulverantwortliche(r):**

**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

### BV070006: Praktikum Analytik und Prüftechnik | Practical Course Analysis and Testing

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2018

<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 Prüfungsleistung besteht aus einer Projektarbeit, in der ein praxisnahes Fallbeispiel im Rahmen der Mikroskopie, der Röntgenbeugungsanalyse, der Thermoanalyse, der chemische Analytik, der Lasergranulometrie und Luftstrahlsiebung, der Bestimmung von Porosität oder der Bestimmung von Oberfläche und Korngrößenverteilung behandelt wird. Das Verständnis über Funktionsweisen, Anwendungsgebiete und Informationsgehalt der behandelten Analysemethoden soll in dieser Projektarbeit, die in Kleinstgruppen (2-3 Studierenden) durchgeführt wird, dargelegt werden.

Die konkreten Aufgabenstellungen werden den Studierenden am Ende Vorlesungszeit bekannt gegeben und müssen innerhalb von 2 Wochen bearbeitet werden. Der schriftliche Bericht muss mindestens 10, darf aber maximal 20 Seiten umfassen.

Die Note ergibt sich für jeden Studierenden der jeweiligen Kleinstgruppe aus dem abgegebenen Bericht, d.h. jeder Studierende innerhalb der jeweiligen Kleinstgruppe erhält die gleiche Note.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Abgeschlossenes Bachelorstudium des Bauwesens (Architektur, Bauingenieurwesen o.ä.), der Ingenieur- oder Naturwissenschaften; Grundlagenausbildung in den Gebieten Mathematik, Physik, Chemie, Werkstoffkunde

#### Inhalt:

Untersuchung von Baustoffen mit folgenden Methoden:

- Mikroskopie
- Röntgenbeugungsanalyse

- Thermoanalyse
- Chemische Analytik
- Lasergranulometrie und Luftstrahlsiebung
- Bestimmung von Porosität
- Bestimmung Oberfläche & Korngrößenverteilung

Darüber hinaus werden praxisnahe Fallbeispiele erst in Kleingruppen von Studierenden bearbeitet und dann gemeinsam mit dem Dozenten besprochen.

### **Lernergebnisse:**

Nach der Teilnahme am Modul sind die Studierenden in der Lage, die Funktionsweise, das Anwendungsgebiet und den Informationsgehalt der behandelten analytischen Methode zu beurteilen und relevanten Vor- und Nachteile zu beschreiben. Durch Praxisbeispiele und die Laborarbeit haben die Studierenden gelernt, wie analytische Methoden im Labor funktionieren und können deren Zeit und Materialaufwand abschätzen. Des Weiteren sind die Studierenden in der Lage die wesentlichen zur Charakterisierung von mineralischen Werkstoffen relevanten analytischen Methoden gezielt im Kontext einer aktuellen Problemstellung mit Bauwerkstoffen zu evaluieren.

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

In der Veranstaltung werden die theoretischen Lehrinhalte in Form einer klassischen Vorlesung mit ständiger Unterstützung durch eine PowerPoint-Präsentation vermittelt. Berechnungsbeispiele werden auf Overheadfolien oder an der Tafel unter Einbeziehung der Studierenden durchgeführt. Teilweise werden Anschauungsmaterialien zur besseren Darstellung und zum besseren Verständnis der Sachverhalte verwendet.

Um den Studierenden die besprochenen Analysemethoden zu zeigen, werden in den Laboren direkt im Anschluss zur Lehrveranstaltung Fallbeispiele von den Studierenden in Kleingruppen (2 – 3 Studierenden) weitgehend eigenständig durchgeführt. Die Auswertungen der gewonnenen Versuchs- und Prüfungsergebnisse werden von den Studierenden alleine durchgeführt und anschließend mit dem Dozenten besprochen. Hierbei lernen die Studierenden die neu gewonnenen theoretischen Kenntnisse mit der Praxis zu verbinden sowie die Ergebnisse wissenschaftlich darzustellen und zu interpretieren.

Ein wichtiger Baustein im Rahmen der Projektarbeit ist das Arbeiten im Team. Da jeder Studierende einer Kleinstgruppe gleich bewertet wird, ist ein zielorientiertes und zeiteffizientes Denken, Diskutieren und Ausarbeiten des Berichts für einen erfolgreichen Abschluss des Moduls von großer Bedeutung.

### **Medienform:**

Skripte, Demonstrationsversuche und eigene Experimente, Power-Point-Präsentationen

### **Literatur:**

Die Studierenden erhalten zu jedem Thema ein Skript. Darin ist eine Auflistung der empfohlenen Literatur für die Themengebiete enthalten

**Modulverantwortliche(r):**

Machner, Alisa; 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

### BV410004: Fluidmechanik Praktikum | Fluid Mechanics Lab [FMLAB]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2022

<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:

Ein wesentlicher Teil der Lehrveranstaltung sind Laborexperimente. Eine Teilnahme daran wird i.A. erwartet. Das Verfassen eines Laborberichtes (50% der Modulnote) zu den Experimenten und eine Kurzpräsentation der gewonnenen Ergebnisse (50% der Modulnote) stellen die benotete Prüfungsleistung des Moduls dar.

Durch das Verfassen des Laborberichtes wird das theoretische Verständnis der experimentellen Verfahren und die Fähigkeit die erfassten Daten auszuwerten und zu interpretieren geprüft. Im mündlichen Vortrag (30 min.) weisen die Studierenden nach, die Ergebnisse sowohl auf ihre Gültigkeit als auch in Bezug zur jeweiligen Strömungssituation beurteilen und in einer verständlichen Art und Weise präsentieren zu können.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Empfohlene Voraussetzung ist die Teilnahme an einer Vorlesung in höherer Strömungsmechanik wie z.B.: Fluid Mechanics and Groundwater Hydraulics (BGU41016), Fluid Mechanics and Transport Mechanisms (BGU41020), Advanced Fluid Mechanics (BGU41021), Physics of Fluids (MW2361) oder das Vorhandensein gleichwertiger Kompetenzen aus anderen Modulen.

#### Inhalt:

- Lichtwellen und ihre Eigenschaften
- Quantenmechanische Phänomene
- Partikel-Licht-Interaktion
- Laser als Lichtquelle
- Partikel und Partikeldynamik
- Einführung in die Statistik
- Laser-Doppler-Anemometry

- Particle-Image-Velocimetry
- Lasersicherheitsunterweisung
- Praktische Übung LDA
- Praktische Übung PIV

### **Lernergebnisse:**

Nach der erfolgreichen Teilnahme an den Modulveranstaltungen sind die Studierenden in der Lage:

- die Eigenschaften von Lichtwellen (Brechung, Reflexion) sowie quantenmechanische Phänomene (Absorption, Emission) darzustellen
- das Konzept und den Aufbau von Lasern zu verstehen
- Tracer-Partikel in Hinblick auf Messverfahren (LDA und PIV), Messaufgabe und Strömungssituation auszuwählen
- Messungen mit Hilfe der Methoden LDA und PIV durchzuführen
- Messergebnisse mit Hilfe ausgewählter statistischer Verfahren zu analysieren
- die Eignung der Messverfahren LDA und PIV mit Blick auf eine Messaufgabe einzuschätzen
- die Qualität und Plausibilität der gewonnenen Messdaten zu beurteilen

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

Das Modul gliedert sich in vier Abschnitte. Zu Beginn werden in Gruppenarbeit die wesentlichen physikalischen Grundlagen zur Anwendung Laser-optischer Messmethoden erarbeitet. Die Studierenden setzen sich mit der einschlägigen Literatur selbständig auseinander und stellen Ihre Ergebnisse in Form eines online-Wikis den anderen Teilnehmern der Lehrveranstaltung zur Verfügung. Im Anschluss daran wird die Theorie der experimentellen Methoden in einer Vorlesung detailliert erläutert. Im darauf folgenden praktischen Teil wenden die Studierenden in Gruppen (ca. 4-6 Studierende) die behandelten Messverfahren an einem ausgewählten Strömungsfall an und üben die typischen Arbeitsabläufe der Versuchsdurchführung. Abschließend werden die Ergebnisse von den Studierenden in einem Bericht dokumentiert und in Gruppen-Präsentationen dem gesamten Kurs vorgestellt. Die Ergebnisse, ihre Qualität und die Form von Aufarbeitung und Darstellung werden dann von allen Teilnehmern diskutiert und bewertet.

### **Medienform:**

Folien, Tafel, Skriptum, Experimente

### **Literatur:**

- Raffel, M. and Willert, C. and Kompenhans, J.: Particle Image Velocimetry, Springer, Berlin, Heidelberg, New York (1998),
- Adrian, R and Westerweel, J: Particle image velocimetry, Cambridge University Press (2011),
- Ruck, B.: Laser-Doppler-Anemometrie - eine berührungslose optische Strömungsgeschwindigkeitsmesstechnik, Stuttgart, AT-Fachverl. (1987),
- Bauckage, K. et al., Ruck, B. (Hrsg.): Lasermethoden in der Strömungsmesstechnik, AT-Fachverlag, Stuttgart (1990),
- Eckelmann, H.: Einführung in die Strömungsmesstechnik, Teubner, Stuttgart (1997)

**Modulverantwortliche(r):**

Michael Manhart (michael.manhart@tum.de)

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

Fluid Mechanics Lab (Praktikum, 2 SWS)

Quosdorf D

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

## Modulbeschreibung

### EI4585: Projektpraktikum: Wirtschaftliche Aspekte der Nanotechnologie | Project: Economic Aspects of Nanotechnology

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2025

<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 Prüfung setzt sich aus einem Bericht (50%) und einer Präsentation (50%) zusammen.

Die Verfassung des Berichts erfolgt in Teamarbeit. Dabei werden die im Seminar diskutierten Methoden wie beispielsweise Patentanalyse, Crowd-Funding, Marktanalyse oder Businessplan angewandt und wissenschaftlich ausgewertet, wobei die klare und präzise Zusammenfassung der wichtigsten Fakten und die daraus gezogenen Schlussfolgerungen im Vordergrund stehen (15-20-seitiger Bericht).

Bei der mündlichen Präsentation mit anschließender Diskussion zeigen die Studierenden, dass sie wichtige Anwendungen, Perspektiven und Chancen ausgewählter Technologien im Bereich der Nanotechnologie verstehen und im Rahmen einer Patentanalyse, Crowd-Funding, Marktanalyse oder Businessplan evaluieren können. Bei der Präsentation stehen die die Visualisierung der Ergebnisse und schlüssige Argumentationslinien im Vordergrund. (20 Minuten Präsentation, 20 Minuten anschließende Diskussion).

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Grundlegende Vorlesungen / Literatur

- Einführung in die Nanoelektronik
- Einführung in die Nanotechnologie

#### Inhalt:

Grundlagen der Nanotechnologie. Patentanmeldungen, Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten im Bereich der Nanotechnologie: Internationaler Vergleich. Überblick über wichtige

Anwendungsfelder der Nanotechnologie. Anwendungen der Nanotechnologie in ausgewählten Industriebranchen: Automobilindustrie, Luft- und Raumfahrt, Bauwesen, Textilindustrie,

Energiewirtschaft, Chemie, Informations- und Kommunikationstechnik, Medizin. Chancen und Risiken der Nanotechnologie. Nanotechnologie in Deutschland.

**Lernergebnisse:**

Nach erfolgreichem Abschluss des Kurses können die Studierenden Eigenschaften von nanotechnologisch relevanten Strukturen und Elementen interpretieren sowie Herstellungsmethoden dieser Bauelemente verstehen. Ebenso wird das Vergleichen verschiedener physikalischer Effekte von Elementen der Nanotechnologie vor dem Hintergrund von Systemanwendungen möglich sein. Nach der Teilnahme sind die Studierende in der Lage, wichtige Anwendungen, Perspektiven und Chancen ausgewählter Technologien im Bereich der Nanotechnologie zu verstehen und diesem im Rahmen einer Patentanalyse, Crowd-Funding, Marktanalyse oder eines Businessplanes zu evaluieren.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Im Rahmen des Seminars werden ausgewählte Themen im Team besprochen und in kleinen Vorlesung technische Zusammenhänge vorgestellt und vertieft. Durch selbständige Gruppenarbeit werden beispielsweise Patentanalyse und Businessplan erarbeitet, und im Seminar vorgestellt. Das Verfassen eines Berichtes und einer Präsentation erfolgt ebenfalls im Team.

**Medienform:**

Informations- und Lehrmaterial wird in Form von Präsentationsfolien, wissenschaftlichen Publikationen, Handouts und themenspezifischen Skripten zur Verfügung gestellt.

**Literatur:**

Präsentationsfolien, themenspezifische kurze Anleitungen, technische Beschreibungen und wissenschaftliche Publikationen werden während des Kurses vom Tutor ausgehändigt.

Folgende Literatur wird empfohlen:

- H. Paschen et al., Nanotechnologie Springer-Verlag, 2004.
- J. Schulte (ed.), Nanotechnology: Global Strategies, Industry trends and Applications, Wiley, 2005.

**Modulverantwortliche(r):**

Weig, Eva; Prof. Dr. rer. nat.

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

Projektpraktikum: Wirtschaftliche Aspekte der Nanotechnologie (Forschungspraktikum, 4 SWS)  
Becherer M [L], Becherer M, Wilke M

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

## Modulbeschreibung

### MW0270: Energietechnisches Praktikum | Thermal Power Systems [EnP]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2023

<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:

Das Praktikum besteht aus 6 unterschiedlichen Versuchen. Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer müssen zu jedem Versuch eine Ausarbeitung, in Form eines technischen Berichts (ca. 10 – 20 Seiten), anfertigen, die bewertet wird. Vor jedem Versuch müssen die Studierenden ein 10-minütiges benotetes Antestat bestehen, um am Experiment teilnehmen zu dürfen.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

#### Inhalt:

Die folgenden sechs Versuche werden im Rahmen des Praktikums von den Studierenden durchgeführt und bearbeitet.:

- Temperaturmessung (Vergleich und Anwendung verschiedener Temperaturmesstechniken)
  - Wirbelschicht (Einblicke in das grundlegende Konzept einer Wirbelschicht und deren Anwendungen).
  - Rechnergestützte Prozessoptimierung (Kreislaufrechnung, Thermodynamische Optimierung eines Kreisprozesses am PC)
  - HKW München Nord (Besichtigung des Heizkraftwerks München Nord in Unterföhring)
  - Cheng-Cycle (wirtschaftliche Optimierung der Fahrweise des Heizkraftwerks Garching)
  - Verdampferstrecke (nähere Betrachtung verschiedener Phänomene in einem Verdampferrohr)
- Zu jedem Versuch wird eine Ausarbeitung in 2er/3er Gruppen in Heimarbeit angefertigt.

#### Lernergebnisse:

Die Teilnehmer sollen einen Einblick in praktische Messinstrumente, Kraftwerksaufbau und Simulationstools in der Kraftwerkstechnik erhalten. Nach Teilnahme haben die

Studierenden Erfahrungen im experimentellen Arbeiten gesammelt und können einen ingenieurwissenschaftlichen Bericht verfassen. Theoretische Kenntnisse der Energietechnik wurden durch praxisnahe Versuche ausgebaut.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Den Studierenden wird empfohlen sich schon im Vorhinein auf die Versuche vorzubereiten. Zu Beginn des Praktikums findet jeweils eine Vorbesprechung statt, in der den Studierenden wesentliche theoretische Grundlagen, Hinweise zur Versuchsdurchführung sowie Sicherheitsanweisungen vermittelt werden. Anschließend findet die Versuchsdurchführung statt. Nach jedem Versuch fertigen die Studierenden Ausarbeitungen an.

Vortrag mit Powerpointpräsentation, Arbeiten an Versuchsständen und im Labor sowie mit Simulationssoftware, Exkursionen, Anfertigung von Ausarbeitungen als Gruppe.

**Medienform:**

Power Point Präsentationen, Skripte

**Literatur:**

- 1: Energie aus Biomasse – Grundlagen, Techniken und Verfahren, Martin Kaltschmitt, Berlin, Springer-Verlag GmbH, 3. aktualisierte und erweiterte Auflage, 2016
- 2: Power Generation from Solid Fuels, Hartmut Spliethoff, Berlin, Springer-Verlag GmbH, 2006
- 3: Ausgeteiltes Praktikumsskript

**Modulverantwortliche(r):**

Spliethoff, Hartmut; Prof. Dr.-Ing.

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

Energietechnisches Praktikum (Praktikum, 4 SWS)

Haimerl J [L], Anthofer L, Brandstetter J, Eyberg V, Fierro Rivas M, Haimerl J, Kerschbaum M, Knösch S, Kramer N, Trentmann L, Waßmuth J, Wesemann A

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

## Modulbeschreibung

### MW0285: Mechanikpraktikum | Lab on Mechanics for Advanced Students [PraktMS]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2025/26

<b>Modulniveau:</b> 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> 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:

Schriftliche Prüfungen, je 20 min, keine Hilfsmittel 5x Test, jeweils zum Theorieteil aller 5 Versuche, doppelt bewertet

5x Versuchsdurchführung im Lab einschließlich Gespräch, einfach bewertet

5x Hausaufgabe (Fragen aus der Versuchsanleitung), einfach bewertet

Alle 5 Tests und Versuche müssen absolviert und bestanden werden, es wird daraus eine Note gebildet

#### Wiederholungsmöglichkeit:

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Grundkenntnisse zur Technischen Mechanik , besonders lineare Schwinger mit einem und zwei Freiheitsgraden

Regelungstechnik: Abtasttheorem, Frequenzgangfunktion, PT2-System

Mathematik: Fouriertransformation, Differentialgleichungen, Eigenwerte

#### Inhalt:

echanikkenntnisse werden vertieft und ergänzt im Gebiet Dynamik und Schwingungen. Ein Schwerpunkt ist die physikalische Interpretation von Schwingungsphänomenen.

Inhalt der 5 Versuche:

1. MTM -- Bestimmung der Massenträgheitsmomente und Trägheitsachsen mit einem Torsionspendel
2. Auswuchten -- Auswuchten eines starren Rotors
3. Rüttelpendel -- Stabilität parametererregter Schwingungen
4. Reibpendel -- Phasenkurven selbsterregter Schwingungen

5. Balancierstab -- Stabilisierung eines stehenden Pendels auf einem magnetgetriebenen Wagen durch einen Regelkreis (MATLAB/SIMULINK)

**Lernergebnisse:**

Nach der Teilnahme an der Modulveranstaltung ist der Studierende in der Lage, Schwingungen nach ihrem Entstehungsmechanismus zu unterscheiden, deren physikalischen Ursachen und mathematische Beschreibung zu verstehen und anzuwenden.

Speziell kann der Teilnehmer die freien, erzwungenen, parametererregten und selbsterregten Schwingungen bewerten und praktischen Anwendungen zuordnen. Er versteht damit die Zusammenhänge (z.B. Grenzykel, Stabilität), kennt die Parameter und kann Maßnahmen der Schwingungsminderung oder zur gezielten Nutzung ableiten.

Mechanikkenntnisse werden vertieft und ergänzt im Gebiet Dynamik und Schwingungen. Ein Schwerpunkt ist die physikalische Interpretation von Schwingungsphänomenen.

Speziell kann der Teilnehmer die freien, erzwungenen, parametererregten und selbsterregten Schwingungen bewerten und praktischen Anwendungen zuordnen. Er versteht damit die Zusammenhänge (z.B. Grenzykel, Stabilität), kennt die Parameter und kann Maßnahmen der Schwingungsminderung oder zur gezielten Nutzung ableiten.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Umfangreiches Selbststudium der Versuchsanleitung (ca. 20 Seiten). Beantwortung der Kontrollfragen als Hausaufgabe.

Nutzung von Sprechstunden vor dem Versuch beim Versuchsleiter (je Versuch ein anderer Doktorand des Lehrstuhles)

Präsentation (Versuchsleiter) jeweils im Theorieteil vorzu jedem Versuch, sowie Demo von Lehrmodellen zu Schwingungsphänomenen

Arbeit in 3er Gruppen an den Versuchs- und Messtechnikaufbauten im Labor, Demo durch den Versuchsleiter und eigene Aktivitäten, Gespräch und Diskussion am Versuchsstand mit dem Versuchsleiter

Hinweis zur Sprache: Das Material (Vorbereitungsskript, Theorievorträge, Hausaufgaben) ist in Deutsch gegeben. Die Tests sind in der Hauptsprache Deutsch, aber es gibt zu jeder Frage im Test eine englische Übersetzung. Antworten im Test und in der Hausaufgabe können auf Deutsch oder Englisch gegeben werden. Auf Wunsch und nach Absprache mit den anderen Gruppenteilnehmern kann die Versuchsdurchführung auch auf Englisch erfolgen. Das Praktikum richtet sich hauptsächlich an deutschsprachige Studierende.

**Medienform:**

eder Teilnehmer erhält eine ausführliche gedruckte Theorie- und Versuchsbeschreibungen (ca. 20 Seiten). Diese beinhaltet auch Kontrollfragen als Hausaufgabe.

Präsentation (Tablet-PC oder PowerPoint) jeweils im Theorieteil zu jedem Versuch, ergänzt durch Videos von Praxisbeispielen und Animationen zu Schwingungsvorgängen, Lehrmodelle zu Schwingungsphänomenen

Versuchs- und Messtechnikaufbauten im Labor, Übersichtstafel bzw. Poster an jedem Versuchsstand

Handouts (gedruckt) zu charakteristischen erwarteten Messergebnissen

**Literatur:**

Versuchsanleitung, für jeden der 5 Versuche einzeln (ca. 20 Seiten)

Beitelschmidt, Michael., Hans Dresig, H.: "Maschinendynamik. 13. Auflage," ( 2024).Dresig, H.; Holzweißig, F.: Maschinendynamik.9. neu bearb. Auflage unter Mitarbeit von L. Rockhausen, mit CD-ROM, 533 Seiten, 235 Abb., Softcover, mit 60 Aufgaben und Lösungen, Springer Verlag - Berlin Heidelberg New York 2009 <https://doi.org/10.1007/978-3-662-60313-0>

Magnus, K., Popp, K., Sextro, W.: Schwingungen: Grundlagen–Modelle–Beispiele, 2021. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-31116-2>

Experimental Vibration Analysis, Module MW1995, Lecture Script.

Skript zur Vorlesung Experimentelle Schwingungsanalyse bzw. Experimental Vibration Analysis

Harris, C.M.; Piersol, A.G.: Harris' Shock and Vibration Handbook. Fifth Edition, McGraw-Hill Book Company, New York Toronto London, 2002. ISBN 978-0071370813

**Modulverantwortliche(r):**

Rixen, Daniel; Prof. Dr.

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

Praktikum Mechanische Schwingungsphänomene (Modul MW0285) (Praktikum, 4 SWS)

Rixen D [L], Kist A, Kreutz M, Todorov B, Zobel O

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

## Modulbeschreibung

### MW0288: Thermische Strömungsmaschinen und Flugantriebe | Thermal Fluid Machinery and Flight Propulsion [TSF]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2020

<b>Modulniveau:</b> 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> 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 wesentlichen Inhalte und Ergebnisse eines von der Gruppe durchgeführten Versuchs sollen im Rahmen eines Vortrages aufgezeigt werden. In einer mündlichen Prüfung sind die vermittelten Inhalte auf verschiedene Problemstellungen anzuwenden.

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:

Semesterende

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Flugantriebe 1 oder Grundlagen der Strömungsmaschinen (empfohlen)

#### Inhalt:

Unter der Leitung eines Betreuers bearbeitet jeder Student im Team mit zwei bis drei Kommilitonen eines der unten genannten Themen. Die Ergebnisse sind in Form einer Präsentation den anderen Studenten des Praktikums vorzustellen. Das Praktikum wird außerdem mit Exkursionen ergänzt. Themen:

Gebälse-Betriebscharakteristiken.

Hubschraubergasturbine: Stationärer und dynamischer Betrieb.

Raketenbrennkammer: Bestimmung des Verbrennungswirkungsgrades.  
Modellgasturbine: Kreisprozessrechnung basierend auf Versuchsdaten.  
Luftatmende Antriebe: Stoßvisualisierung im Überschall.  
MTR390 Triebwerksprüfstand (Hubschrauber Tiger).  
Strukturmechanische Nachrechnung einer Turbinenschaufel

**Lernergebnisse:**

Nach erfolgreicher Teilnahme am Modul sind die Studierenden in der Lage:

- verschiedene Strömungsmesstechniken zu erinnern
- Unterschiede zwischen den Messtechniken im Bereich der thermischen Strömungsmaschinen und die Vor- und Nachteile dieser zu verstehen
- Herausforderungen bei der Implementierung von Messtechniken in experimentelle Versuchsaufbauten zu verstehen
- Messgenauigkeiten kritisch zu analysieren
- Grenzen und Anwendungsmöglichkeiten experimenteller Untersuchungen zu bewerten

**Lehr- und Lernmethoden:**

Praktische Übungen am Prüfstand/ im Labor

Vortrag/Präsentation

Lehrgespräch mit Gruppenbetreuer

in den Sprechstunden des Dozenten sowie in speziellen Tutorensprechstunden kann individuelle Hilfe gegeben werden.

**Medienform:**

PC mit Beamer, Online-Lehrmaterialien

**Literatur:**

Allg. Messtechnikliteratur, Internet

**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

### MW0305: Experimentelle Strömungsmechanik | Experimental Fluid Mechanics [EXPSM]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2017/18

<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> 68	<b>Präsenzstunden:</b> 52

\* 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 Form einer Laborleistung, ergänzt durch eine Präsentation, erbracht. Dabei weisen die Studierenden nach, dass sie die theoretischen Grundlagen der Strömungsmechanik verstanden haben und ein Strömungsproblem mit experimentellen Methoden untersuchen können. Die Studierenden halten ihre Erkenntnisse und Ergebnisse in einem Bericht (ca. 10-15 Seiten) fest und beurteilen diese vor dem Hintergrund der Sensitivität von Messgrößen und Messmitteln. Sie präsentieren ihre Ergebnisse einzeln in Form eines Kurzreferats am Ende des Praktikums, wobei sie rhetorisch und fachlich vor einem kritischen Fachpublikum überzeugen müssen.

Die Modulnote ergibt sich aus den Einzelnoten für den Bericht und das Kurzreferat, wobei diese gleich gewichtet werden.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Fluidmechanik I, Fluidmechanik II, Turbulente Strömungen, Gasdynamik oder Continuum Mechanics

#### Inhalt:

Einführung in die Verwendung experimenteller Methoden in der Strömungsmechanik an Hand der Bearbeitung von fluidmechanischen Problemstellungen.

#### Lernergebnisse:

Nach der erfolgreichen Teilnahme an diesem Modul besitzen die Studierenden die Fähigkeit, ein Strömungsproblem mittels experimenteller Methoden in einem strukturierten Prozess zu

untersuchen. Zudem haben sie die Fähigkeit der kritischen Beurteilung der Ergebnisse und verstehen die Sensitivität von Messgrößen und Messmitteln und wissen Messfehler einzuschätzen.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Die theoretisch vermittelten Kenntnisse werden in Versuchen, die unter Anleitung der Versuchsbetreuer möglichst selbstständig an Anlagen und Versuchsständen im Technikum und Labor des Lehrstuhls in Gruppen durchgeführt werden, angewendet. Dabei werden technische und labortechnische Fertigkeiten sowie die Zusammenarbeit in einer Gruppe geübt. Um die Versuche mit maximalem Lernerfolg absolvieren zu können, wird vor Beginn des Versuches in einem Gespräch in der Gruppe (Vorkolloquium) die zum Versuch notwendigen Grundkenntnisse überprüft und ggf. vorhandene Unklarheiten beseitigt. Zur Vorbereitung wird den Studierenden zu jedem Versuch eine Versuchsanleitung mit den wichtigsten Grundlagen zur Verfügung gestellt. Der Ablauf des Versuchs und die dabei durchzuführenden Messungen werden gemeinsam erarbeitet. Die erzielten Versuchsergebnisse werden in einer schriftlichen Auswertung dokumentiert, die in Gruppenarbeit anzufertigen und fristgerecht abzugeben ist. Die schriftliche Prüfung soll das im Praktikum erworbene Wissen abschließend überprüfen.

**Medienform:**

Skript zum Praktikum mit Beschreibung der Theorie und Anleitung zum jeweiligen Versuch.

**Literatur:**

Goldstein: Fluid Mechanics Measurements

**Modulverantwortliche(r):**

Indinger, Thomas; Prof. Dr.-Ing. habil.

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

Praktikum Experimentelle Strömungsmechanik (MW0305) (Praktikum, 3 SWS)

Indinger T, Rugerri E, Sleight M

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

## Modulbeschreibung

### MW0312: Thermofluiddynamisches Praktikum | Thermofluid-dynamic Lab [TFDPrak]

*Wechselnde Themenstellung zu thermofluiddynamischen Technologien*

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2012

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Deutsch/Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester
<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. Bestandteile davon sind ein kurzer schriftlicher Test (Bearbeitungsdauer 30 min, ohne Hilfsmittel, Gewichtung 20%), die Planung, Vorbereitung und Durchführung der Untersuchungen zur Aufgabenstellung (Gewichtung 40%), eine Abschlussdokumentation (Bericht, Gewichtung 20%) und eine Abschlusspräsentation (Dauer 30 min, Gewichtung 20%). Diese Art der Prüfung ermöglicht es, die Fähigkeit Studierender zu überprüfen, bereits erworbene, sowie neue Kompetenzen auf den Untersuchungsgegenstand praktisch anzuwenden, die erzielten Ergebnisse zu bewerten und zu deuten. Mit Hilfe des schriftlichen Testes soll überprüft werden, ob die Studierenden in der Lage sind, die Theorie des Untersuchungsgebietes in ihr bisheriges Studienwissen zu integrieren und neues Wissen eigenständig zu erarbeiten und anzuwenden. Bei der Planung, Vorbereitung und Durchführung der Untersuchungen wird überprüft inwieweit die Studierenden im Team eigene Lösungen mit Blick auf das Gesamtergebnis erarbeiten und diese anwenden können. In der Abschlussdokumentation und -präsentation sollen die Studierenden nachweisen, dass sie die Untersuchung und ihre Ergebnisse schriftlich zusammenfassen und wiedergeben können und diese didaktisch gekonnt einem Fachpublikum präsentieren und in der Diskussion erläutern können.

#### **Wiederholungsmöglichkeit:**

Semesterende

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

Thermodynamik 1 (empfohlen), Wärmetransportphänomene (empfohlen), Fluidmechanik 1 (empfohlen)

**Inhalt:**

Im Rahmen des "Thermofluid-dynamischen Praktikums" wird eine aktuelle Fragestellung aus dem Forschungsbereich des Lehrstuhls bearbeitet. Daher unterscheidet sich das Praktikum wesentlich vom klassischen Ansatz vieler Praktika, in denen vorgegebene Versuche von den Studierenden lediglich "abgearbeitet" werden müssen. Die Studierenden bearbeiten dabei ihr Projekt selbstständig in einer kleinen Gruppe von sechs Personen, wobei der Betreuer stets als Ansprechpartner für fachliche und arbeitstechnische Fragen zur Verfügung steht.

**Lernergebnisse:**

Ziel des Praktikums ist, die Fähigkeit zu erlernen sich in eine neue und eventuell unbekannte Aufgabenstellung einzuarbeiten. Weiter sollen die Studierenden dann in der Lage sein, sich in einer neuen Arbeitsgruppe schnell zurecht zu finden und dort auftretende Konflikte souverän zu lösen. Das Praktikum bietet außerdem die Möglichkeit die persönlichen Fähigkeiten auf dem Gebiet des Vortrags und bei der Dokumentation wissenschaftlicher Arbeiten zu verbessern. Auch sollen nützliche fachliche Fähigkeiten erlernt werden, die stark mit der Themenstellung korrespondieren.

**Lehr- und Lernmethoden:**

In der Vorbesprechung wird das Skript verteilt, in dem die Aufgabenstellungen, Grundlagen und die wichtigsten Regeln für das Praktikum beschrieben sind. Jede Gruppe vereinbart einen wöchentlichen Termin, bei dem Fortschritte, Probleme und die Arbeitsteilung besprochen werden. Die einzelnen Arbeitspakete werden selbstständig während der Woche bearbeitet. Die Betreuer sind bei den wöchentlichen Terminen anwesend und stehen sonst nach Vereinbarung für Fragen zur Verfügung. Die Leitung der Treffen, d.h. Erstellung der Agenda und Moderation, übernimmt ein Gruppenmitglied. Ein zweites Mitglied hält die Besprechung in einem Protokoll fest. Die Ergebnisse werden in einer Dokumentation festgehalten und bei der Abschlusspräsentation den anderen Gruppen vorgestellt.

**Medienform:**

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

**Literatur:**

wird spezifisch je nach Aufgabenstellung angegeben

**Modulverantwortliche(r):**

Wen, Dongsheng; 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

### MW0450: Praktikum Industrielle Softwareentwicklung für Ingenieure / C++ | Practical Course Industrial Software Engineering / C++ [SEPR]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2014

<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 schriftlichen Klausur (Prüfungsleistung, 60 min, am letzten Praktikumstag) und praktikumsbegleitenden Übungsleistungen. Das Modul ist bestanden, wenn die Klausur und die Übungsleistungen bestanden sind. Die Modulnote entspricht der Note der schriftlichen Klausur.

Die Übungsleistungen umfassen 39 (+1 optionale) Praktikumsaufgaben über einen Zeitraum von 5 Werktagen sowie eine finale Abnahme des Programmcodes am realen Roboter. Die Praktikumsaufgaben führen die Studierenden schrittweise in die Softwareentwicklung und C++-Programmierung ein und dienen dazu, die Fertigkeiten (praktische Umsetzung, Anwendung und Nutzung des Fach- und Methodenwissens) kontinuierlich inkl. Lernfortschritt zu überprüfen. Die Praktikumsaufgaben gelten als bestanden, wenn die 39 Aufgaben und die Inbetriebnahme erfolgreich (Überprüfung per Test und mündlicher Abnahme) abgeschlossen wurden.

Am Ende des Praktikums findet eine schriftliche Prüfung statt (60 min, keine Hilfsmittel erlaubt), in der Fach- und Methodenwissen zur objektorientierten Programmierung in C++ sowie die Anwendung auf Implementierungsbeispiele geprüft wird.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

MW2206: Vorlesung Grundlagen der modernen Informationstechnik I+II (empfohlen)

MW1918: Vorlesung Industrielle Softwareentwicklung für Ingenieur:innen (empfohlen)

**Inhalt:**

Das Praktikum Industrielle Softwareentwicklung für Ingenieure / C++ vermittelt grundlegende Fähigkeiten und Fertigkeiten im Umgang mit Software für eingebettete Systeme. Hierfür werden die Kenntnisse aus dem Grundstudium in C-Programmierung aufgefrischt und mit den Besonderheiten der Programmiersprache C++ ergänzt. Neben der Einführung in das Paradigma der objektorientierten Programmierung wird die Verwendung von C++ in eingebetteten Systemen vermittelt.

**Lernergebnisse:**

Nach der Teilnahme am Praktikum Industrielle Softwareentwicklung für Ingenieure / C++ besitzen die Studierenden theoretische und praktische Kenntnisse für die selbstständige Entwicklung objektorientierter Programme in C++ sowie grundlegende Strategien und Fertigkeiten zur Anbindung von Sensorik, Ansteuerung von Aktorik sowie die Anbindung von Peripheriegeräten in eingebetteten Systemen.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Umsetzung der praktischen Aufgaben im Computerraum unter persönlicher Anleitung und Betreuung, Schriftliches Testat am Ende des Praktikums

**Medienform:**

Einführungspräsentation, Praktikumsskript inklusive Aufgaben

**Literatur:**

- Helmut Elenkötter: C++ Objektorientiertes Programmieren von Anfang an; ISBN 3-499-60077-3
- Bjarne Stroustrup: Einführung in die Programmierung in C++; ISBN 3-868-94005-7
- Jürgen Wolf: Grundkurs C++: C++-Programmierung verständlich erklärt; ISBN 3-836-22294-9

**Modulverantwortliche(r):**

Vogel-Heuser, Birgit; Prof. Dr.-Ing.

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

Praktikum Industrielle Softwareentwicklung für Ingenieure / C++ (Praktikum, 4 SWS)

Vogel-Heuser B, Zhao J, Land K

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

## Modulbeschreibung

### MW0690: CFD-Auslegung von Turbomaschinen | CFD Design of Turbo Machinery

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2020

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> 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:

Die Ergebnisse von selbständig bearbeiteten Projekten werden in einer Kurzpräsentation vorgestellt sowie eine kurze schriftliche Ausarbeitung angefertigt.

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:

Semesterende

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Bestandenes Vordiplom; Bestandene Prüfung der Vorlesung Flugantriebe<sup>1</sup> und Gasturbinen, Grundlagen der Strömungsmaschinen oder Turboverdichter.

#### Inhalt:

Zunächst wird eine anwendungsorientierte Einführung in den generellen Ablauf einer numerischen Strömungssimulation (CFD) gegeben.

Anschließend wird der aerodynamische Auslegungsprozess eines Axialverdichters anhand eines Beispiels durchgeführt. Das Betriebsverhalten wird mittels dreidimensionaler Rechnungen bewertet und auftretende Strömungsphänomene analysiert.

Darauf folgend werden eigenständig unterschiedliche Aufgaben in 2er-Gruppen bearbeitet, z.B.:

- " Veränderung der Rotorspalthöhe
- " Veränderung der Schaufelzahl in Stator oder Rotor
- " Simulation des Betriebs in Reiseflughöhe
- " Variation der Betriebsdrehzahl
- " Veränderung der Einlass-Bedingungen (radiale Profile, Grenzschichteinfluss)
- " Variation des Staffelungswinkels des Stators
- " Vergleich von Statoren mit und ohne Deckband

Abschließend werden die Ergebnisse in einer Kurzpräsentation vorgestellt, sowie eine kurze schriftliche Ausarbeitung angefertigt.

Für die Berechnungen wird das weit verbreitete Softwarepaket ANSYS CFX verwendet.

**Lernergebnisse:**

Nach der Teilnahme an der Lehrveranstaltung sind die Studierenden in der Lage, numerische Methoden zur aerodynamischen Auslegung und Bewertung von Turbomaschinen zu verwenden sowie anhand von Simulationsergebnissen Verbesserungsvorschläge für die untersuchte Maschine zu erarbeiten. Darüber hinaus werden die Grenzen der numerischen Strömungssimulation erlernt, um Fehlinterpretationen von Ergebnissen zu vermeiden.

**Lehr- und Lernmethoden:**

In der Vorlesung werden die für die Anwendung relevanten Grundlagen in kurzen Präsentationen vermittelt. Den Hauptteil der Lehrveranstaltung stellt die praktische Anwendung in Rechnerübungen dar.

**Medienform:**

Vortrag, Präsentation, Handzettel, Tafelanschrieb, Rechnerübungen

**Literatur:**

**Modulverantwortliche(r):**

Gümmer, Volker; Prof. Dr.-Ing.

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

CFD-Auslegung von Turbomaschinen - Praktikum (Praktikum, 4 SWS)

Gümmer V [L], Ioannidou S

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

## Modulbeschreibung

### MW1068: Composite-Bauweisen - Praktikum | Practical Training in Materials and Process Technologies for Carbon Composites [PCB]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2020

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Deutsch/Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester
<b>Credits:*</b> 4	<b>Gesamtstunden:</b> 120	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 70	<b>Präsenzstunden:</b> 50

\* 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 wird das Erreichen der angestrebten Lerninhalte überprüft.

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:

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Faser-, Matrix-, und Verbundwerkstoffe mit ihren Eigenschaften  
Fertigungsverfahren für Composite-Bauteile  
Auslegung und Bauweisen von Composite-Strukturen

#### Inhalt:

Werkstoffauswahl , Fertigungstechnologien und Konstruktionsvorgaben zur faserverbundgerechten Auslegung werden an konkreten Bauteilen aus unterschiedlichen Anwendungsbranchen erörtert. Neben den technologischen Anforderungen stehen auch die wirtschaftlichen Gesichtspunkt im Fokus. Exkursionen zu Firmen mit Besichtigung der Serienproduktion von Faserverbundbauteilen runden das Praktikum ab.

**Lernergebnisse:**

Nach der Teilnahme an der Modulveranstaltung "Praktikum für Composite-Bauweisen" sind die Studierenden in der Lage Materialien und Fertigungstechnologien nach entsprechenden Spezifikationen für einen konkreten Anwendungsfall auszuwählen. Sie können die Einflußgrößen in der Auslegung von Bauteilkomponenten nach wirtschaftlichen und technologischen Gesichtspunkten analysieren und bewerten. Die Studierenden sind in der Lage neue Erkenntnisse aus der Forschung auf den Praxisfall umzulegen.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Die Praktikumstermine gliedern sich in theoretische und Exkursionstermine. Im Rahmen der theoretischen Veranstaltungen werden die Fragestellungen mittels Power Point Folien präsentiert und anschließend in der Gruppe diskutiert. Danach werden spezifischen Aufgaben in Kleingruppen erarbeitet und anschließend vorgetragen. Bei den Exkursionsterminen werden die Unternehmen von Firmenvertretern vorgestellt und die Produktion in Rundgängen besichtigt.

**Medienform:**

Vortrag, Präsentation mit Powerpoint Folien, Tafelbild, Beamer

**Literatur:**

Neitzel Manfred; Mitschang, Peter; Handbuch Verbundwerkstoffe: Werkstoffe, Verarbeitung, Anwendung (3-446-22041-0); Faserverbundbauweisen Eigenschaften Mechanische. konstruktive. thermische. elektrische. ökologische. wirtschaftliche Aspekte (3-540-00636-2)

**Modulverantwortliche(r):**

Drechsler, Klaus; Prof. Dr.-Ing.

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

Praktikum zu Composite-Bauweisen (Praktikum, 4 SWS)

Drechsler K [L], Dörr P, Jäger C, Kind K, Wettemann T

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

## Modulbeschreibung

### MW1381: Fertigungstechnologien für Composite-Bauteile | Manufacturing Technologies for Composite Parts [FCB]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2020

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> 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:

Die Modulprüfung erfolgt in Form einer Projektarbeit. Diese beinhaltet neben der Bearbeitung der Aufgabenstellung (Gliederung in Ideenfindung (Erarbeiten von Konzepten), Durchführung (Herstellung der Bauteile) und Bewertung (Bauteilversuche); Gewichtung: 55%) ein schriftliches Testat (Gewichtung: 25%) und eine Abschlusspräsentation (Gewichtung: 20%). Das schriftliche Testat (Bearbeitungsdauer: 15 min, Hilfsmittel: keine) erfolgt am dritten Abhaltungstermin des Moduls. Damit weisen die Studierenden ihr theoretisches Wissen hinsichtlich der Fertigungstechnologien nach, was die Grundlage für die restlichen Arbeitsschritte der Projektarbeit bildet. Die Studierenden weisen während der Projektarbeit ihre Kompetenzen beim praktischen Arbeiten also beim Erarbeiten von Herstellkonzepten, bei der Kostenrechnungen, bei der Herstellung der Bauteile (Preforming, Vakuuminfiltration, Endbearbeitung) sowie bei der Durchführung und Bewertung der Bauteilversuche nach. Anhand einer Abschlusspräsentation am letzten Abhaltungstermin des Moduls wird überprüft (Dauer des Vortrags: 20 min), ob die Studierenden in der Lage sind, Herstellkonzepte für Bauteile zu entwerfen und unter der Berücksichtigung der Kosten die geeignetsten Fertigungstechnologien zu finden. Somit sollen die Studierenden zeigen, dass sie fähig sind, die Bauteile mit den vorhandenen Fertigungstechnologien herzustellen und die Methoden, Konzepte und Ergebnisse rhetorisch sicher einem Fachpublikum präsentieren und auf Fragen, Kritik und Anregungen eingehen zu können.

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:**

**(Empfohlene) Voraussetzungen:**

Vorlesungen: Faser-, Matrix-, und Verbundwerkstoffe mit ihren Eigenschaften; Fertigungsverfahren für Composite-Bauteile

**Inhalt:**

Im Rahmen des Praktikums werden Fertigungstechnologien aus dem Bereich Preforming und Infiltration erarbeitet. Aus dem Bereich Preforming werden das Drapieren von trockenen Halbzeugen, Fiber Patch Preforming, das Umflechten von Kernstrukturen sowie das automatisierte Ablegen von Fasern behandelt. Aus dem Bereich Infiltration bzw. Tränkung von Fasern mit Harz werden das klassische Handlaminieren und Prozesse wie VARI, VAP und RTM vorgestellt. Die theoretischen Grundlagen werden durchgenommen. Die Studierenden lernen anhand von einfachen Geometrien wie Platten und Rohren die verschiedenen Prozesse und setzen sie anhand von Beispielbauteilen selbstständig um.

**Lernergebnisse:**

Nach der Teilnahme am Modul "Fertigungstechnologien für Composite Bauteile" sind die Studierenden in der Lage, die behandelten Technologien praktisch anzuwenden. Sie verstehen die Vor- und Nachteile von Preforming-Prozessen wie dem Fiber Patch Placement, dem Flechten, der sequentiellen Preformherstellung sowie von den Infiltrationsprozessen VARI und VAP. Sie sind in der Lage die Eignung dieser Fertigungstechnologien für unterschiedliche Bauteile zu bewerten und daraus Herstellkonzepte zu entwickeln. Weiterhin sind sie fähig diese Fertigungstechnologien praktisch anzuwenden und daraus Bauteile herzustellen und sie lernen die hergestellten Bauteile mit Hilfe von Testmethoden zu analysieren.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Zu Beginn des Moduls wird theoretisches Fachwissen über die Fertigungstechnologien sowie über Kostenrechnungen anhand von Vorlesungen übermittelt. Die theoretisch vermittelten Kenntnisse werden in der Bauteilherstellung angewendet. Sie erfolgt nach der Einarbeitung durch die Bauteilbetreuer möglichst selbstständig an Anlagen und Versuchsständen im Technikum und Labor des Lehrstuhls in Gruppen von bis zu vier Teilnehmern. Dazu werden die Fertigungstechnologien zunächst von den jeweiligen Fachleuten am Lehrstuhl demonstriert. Im weiteren Verlauf werden die Infiltrationsprozesse anhand von einfachen Aufbauten (Platte) geübt. Dabei werden technische und labortechnische Fertigkeiten sowie die Zusammenarbeit in einer Gruppe geübt. Die Projektarbeit erfolgt dann unter Beachtung des von der jeweiligen Gruppe erstellten Projektplans. Der Hauptteil der Projektarbeit ist die Bauteilherstellung, worauf das Testen der Bauteile folgt. Hierfür stellen die Studierenden Testkonzepte vor, anhand deren in Zusammenarbeit mit den Fachleuten des Lehrstuhls die Tests erarbeitet und durchgeführt werden. Die Ergebnisse der Herstellkonzepte, der Kostenrechnungen, der Herstellung der Bauteile

(Preforming, Vakuuminfiltration, Endbearbeitung) und der Bauteilversuche werden schließlich von den Studierenden in einer Abschlusspräsentation dokumentiert und vorgetragen.

**Medienform:**

Vortrag, Präsentation, Tafelanschrieb, Beamer, Online-Lehrmaterialien, Anlagentechnik für die verschiedenen Verfahren

**Literatur:**

Flemming, Manfred ;Ziegmann, Gerhard; Roth, Siegfried; Faserverbundbauweisen Fasern Matrices (3-540-58645-8); Faserverbundbauweisen Halbzeuge und Bauweisen (3-540-60616-5); Faserverbundbauweisen Eigenschaften  
Mechanische. konstruktive. thermische. elektrische. ökologische. wirtschaftliche Aspekte (3-540-00636-2)

**Modulverantwortliche(r):**

Drechsler, Klaus; Prof. Dr.-Ing.

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

Fertigungstechnologien für Composite-Bauteile (Praktikum, 4 SWS)

Drechsler K [L], Dörr P, Falk F, Lachner J, Luengo Scotto R, Seitenglanz P, Strobel M, Wettemann T

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

## Modulbeschreibung

### MW1382: Simulation von Composites | Simulation of Composites [SOC]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab 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:

In einer mündlichen bzw. schriftlichen Prüfung sind die vermittelten Inhalte auf verschiedene Problemstellungen anzuwenden. Zu Beginn jedes Praktikumtermins werden zum jeweiligen Thema Fragen in schriftlicher Form gestellt.

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:

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Faser-, Matrix-, und Verbundwerkstoffe mit ihren Eigenschaften ; Fertigungsverfahren für Composite-Bauteile  
 Prozesssimulation und Materialmodellierung von Composites  
 Finite Elemente

#### Inhalt:

In diesem Modul werden theoretische Grundlagen der Simulation in praktischen Beispielen und durch selbstständige Arbeit vertieft. Dabei wird im Besonderen auf die Relevanz der Simulation der Fertigungsprozesskette von CfK-Bauteilen eingegangen. Einzelne Lehrinhalte sind u.a.:

- Mikro-/ Mesomechanik
- Klassische Laminattheorie

- Versagsmodellierung
- Preform-Simulation
- Liquid Composite Moulding Simulation
- Process-induced Deformations Simulation
- Struktursimulation
- fertigungsgerechte Optimierung

**Lernergebnisse:**

Nach der Teilnahme an der Modulveranstaltung "Simulation von Composites" sind die Studierenden in der Lage, eigenständig Simulationsmodelle zu den verschiedenen Problemstellungen zu erstellen, die Simulationen durchzuführen und die Ergebnisse der Simulationen in die Praxis zu übertragen.

Dadurch ist der Student in der Lage verschiedenste Prozessschritte simulativ zu untersuchen und entsprechend zu bewerten.

**Lehr- und Lernmethoden:**

In der Vorlesung werden die Lehrinhalte anhand von Vortrag, Präsentation vom Lehrenden vermittelt. Zusätzlich führen die Studenten nach Einleitung des Lehrenden selbstständig Simulationen durch, um durch praktische Umsetzung das erlernte Wissen zu vertiefen.

**Medienform:**

Vortrag, Präsentation, Tafelanschrieb, Beamer, Online-Lehrmaterialien, Simulationssoftware

**Literatur:**

Flemming, Manfred ;Ziegmann, Gerhard; Roth, Siegfried; Faserverbundbauweisen Fasern Matrices (3-540-58645-8); Faserverbundbauweisen Halbzeuge und Bauweisen (3-540-60616-5); Faserverbundbauweisen Eigenschaften Mechanische. konstruktive. thermische. elektrische. ökologische. wirtschaftliche Aspekte (3-540-00636-2)  
Long, A. C., Composite Forming Technologies, Woodhead Publishing Limited, 2007, 978-1-84569-033-5  
Schürmann, H. Konstruieren mit Faser-Kunststoff-Verbunden Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2007, 978-3540721895  
Long, A.C. Design and Manufacture of Textile Composites; Woodhead Publishing Ltd; 2005; 978-1855737440

**Modulverantwortliche(r):**

Drechsler, Klaus; 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

### MW1383: Konstruktion von Composite-Strukturen mit Catia V5 | Design of Composite Structures with CATIA V5 [KCS]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2023/24

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester
<b>Credits:*</b> 4	<b>Gesamtstunden:</b> 120	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 70	<b>Präsenzstunden:</b> 50

\* 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 praktikumsbegleitenden Testaten wird das Erreichen der Lehrinhalte fortlaufend überprüft. Durch das Lösen einer Konstruktionsaufgabe im Rahmen einer Abschlussprüfung wird die praktische Umsetzung des Erlernten bestätigt.

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:

Faser-, Matrix-, und Verbundwerkstoffe mit ihren Eigenschaften

Fertigungsverfahren für Composite-Bauteile

Auslegung und Bauweisen von Composite-Strukturen

#### Inhalt:

Auf Basis eines Überblicks über die Bauweisen wird die faserverbundspezifische Konstruktionsmethodik vermittelt. Die besonderen Eigenschaften von Faserverbunden, die sich aus der Drapierung und Verklebung von Einzellagen ergeben, das orthotrope Materialverhalten sowie die Umsetzung einer integralen Bauweise, verlangen nach besonderen Konstruktionsrichtlinien. Die Verknüpfung der Methodik mit dem CAD-System CATIA V5 im Sinne

von Funktionsweise, Philosophie und Handling wird während den praktischen Einheiten hergestellt und durch selbstständiges Erarbeiten von Konstruktionslösungen verinnerlicht.

**Lernergebnisse:**

Nach der Teilnahme am Praktikum "Konstruktion von Composite Strukturen mit CATIA V5" sind die Studierenden in der Lage, zielgerichtet unter Verwendung der wichtigsten Umgebungen und Funktionen des Softwaresystems CATIA V5 Composite Strukturen zu konstruieren. Abhängig von den Anforderungen wie Bauraum, Steifigkeit, Anbindungen und Herstellprozess wird ein effektiver Konstruktionsprozess von der Einzelteil- bis zur Zeichnungserstellung umgesetzt.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Der jeweilige Praktikumstermin gliedert sich in Vorlesung, Vortragsübung und praktische Umsetzung. In der Vorlesung werden die Lehrinhalte anhand von Vortrag, Präsentation mit Powerpoint Folien, Tafelbild und Beamer vermittelt. Anhand von Beispielen aus der Praxis wird zuerst der "rote Faden" erklärt und ein grundlegendes Verständnis für die Aufgabenstellungen geschaffen. Die theoretischen Grundlagen werden im Anschluß über Folienpräsentation und Tafelbild und über Rückfragen vermittelt und gemeinsam erarbeitet. In der Vortragsübung werden die "Knackpunkte" des jeweiligen Termins beleuchtet. Das erlernte Wissen wird in den Übungen an praxisnahen Beispielen angewandt (z.B. Konstruktion einer sandwich-versteiften Schalenstruktur), wobei gegen Ende der Einheiten eine Musterlösung zur selbstständigen Kontrolle zur Verfügung gestellt wird. Den Studierenden wird eine Foliensammlung zugänglich gemacht.

**Medienform:**

Vortrag, Präsentation mit Powerpoint Folien, Tafelbild, Beamer, Online-Lehrmaterialien, Fachspezifische Software (Konstruktion)

**Literatur:**

H. Schürmann: Konstruieren mit Faser-Kunststoff-Verbunden, ISBN-10: 3540721894, ISBN-13: 978-3540721895

**Modulverantwortliche(r):**

Drechsler, Klaus; Prof. Dr.-Ing.

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

Konstruktion von Composite-Strukturen mit CATIA V5 (Praktikum, 4 SWS)

Drechsler K [L], Chen C, Rojas Valenzuela G, Schuster M, Steinhardt M, Wettemann T

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

## Modulbeschreibung

### MW2079: Weltraumthermalsimulation | Thermal Space Simulation

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2020

<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> 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:

Nach Abschluss des Praktikums findet eine schriftliche Prüfung statt, in der das in der Lehrveranstaltung vermittelte theoretische und praktische Wissen abgefragt wird.

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:

Besuch der Vorlesung "Grundlagen der Raumfahrttechnik" und/oder "Raumfahrzeuentwurf". Erfahrung mit der Programmiersprache MATLAB. Eigenständiges Arbeiten.

#### Inhalt:

Im Praktikum werden die Grundlagen der Wärmeübertragung im Weltraum, der Thermalkontrolle von Raumfahrzeugen, der Thermalmodellierung und Thermalanalyse vermittelt. Hauptaugenmerk ist die Anwendung der professionellen Thermalsoftware ESATAN TMS, die in der Raumfahrtindustrie häufig verwendet wird. Anhand des Fallbeispiels eines CubeSat-Modells soll das thermische Verhalten für verschiedene Anwendungsfälle mithilfe von ESATAN TMS simuliert und analysiert werden. Die Ergebnisse der Thermalanalyse werden anschließend in Thermal-

Vakuum Tests validiert. Die Vorbereitung, Durchführung und Auswertung der Thermal-Vakuum Tests wird von den Studenten im Labor durchgeführt.

**Lernergebnisse:**

Die Studenten lernen neben den Grundlagen der Thermalmodellierung und -Simulation von Raumfahrzeugen an konkreten Beispielen die Verwendung von einschlägiger Software und den Ablauf von Thermal-Vakuum-Tests. Die praktischer Erfahrung auf diesen Gebieten ist eine wichtige Zusatzqualifikation für eine spätere Anstellung im Bereich Raumfahrttechnik. Darüber hinaus werden den Studenten praktische Herangehensweisen an Modellierung und Test vermittelt, die sich auch auf andere Fachbereiche anwenden lassen. Zusätzlich können die in verwandten Vorlesungen vermittelten Lehrinhalte praktisch angewandt und damit vertieft werden.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Die Termine setzen sich aus Theorie-Vermittlung durch Präsentationen, Expertenvorträgen zu ausgewählten Themenbereichen und regelmäßiger praktischer Arbeit, z.B. Thermal-Modellierung, Simulation, Versuchsplanung und -Durchführung im Labor zusammen.

**Medienform:**

Präsentationen, Gruppenarbeit, Software-Tutorials, Laborarbeit

**Literatur:**

Präsentationsfolien aus der Lehrveranstaltung, ggf. zusätzliche Standardliteratur (wird in der Lehrveranstaltung zur Verfügung gestellt)

**Modulverantwortliche(r):**

Ulrich Walter (walter@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

### MW2134: Computational Thermo-Fluid Dynamics | Computational Thermo-Fluid Dynamics [CTFD]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2014/15

<b>Modulniveau:</b> Bachelor/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:

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Semesterende

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Es wird empfohlen, dass die Studierenden vor der Anmeldung zu diesem Kurs Wärme- und Stoffübertragung sowie Numerische Methoden für Ingenieure (Lehrstuhl für Computational Mechanics) besuchen.

#### Inhalt:

Der Kurs bietet einen Überblick über grundlegende numerische Methoden, die in der Thermofluidynamik verwendet werden, sowie eine Einführung in gute Programmierpraktiken in einer Hochsprache (Matlab). Der Ansatz des Kurses besteht darin, sowohl die Struktur der partiellen Differentialgleichungen, die den Wärmetransport beschreiben, als auch die numerischen Algorithmen, die sich am besten zur Lösung dieser Gleichungen eignen, miteinander zu verbinden. Dieser Ansatz wird zur Lösung typischer Probleme der Thermofluidynamik verwendet, insbesondere der Wärmeleitung (Fourier-Gleichung). Es wird erwartet, dass die Studierenden am Ende des Kurses ihr Verständnis für Wärmeübertragungsphänomene durch die Durchführung mathematischer, numerischer und physikalischer Analysen der partiellen Differentialgleichungen, die den Wärmetransport beschreiben, verbessern.

Während der 8 Kurseinheiten werden die Studenten Matlab-Algorithmen schreiben, die bestimmte Aufgaben erfüllen, um ein gegebenes thermofluidynamisches Problem zu lösen. Die Studenten werden in Zweiergruppen im Studentenrechnerraum des Lehrstuhls für Thermodynamik arbeiten.

Zu Beginn jeder Sitzung werden in einer kurzen Vorlesung sowohl die zu untersuchenden physikalischen Phänomene als auch die zu verwendenden numerischen Algorithmen vorgestellt.

Im letzten Drittel des Semesters führen die Studierenden individuelle Projekte durch. Es wird bewertet, wie gut die Studierenden in der Lage sind, Probleme der Thermofluidynamik als Summe von zwei Beiträgen zu behandeln: physikalisches Verständnis der Gleichungen, die ein bestimmtes Phänomen beschreiben, und Implementierung des dazugehörigen, am besten geeigneten numerischen Algorithmus.

Die folgenden Methoden werden berücksichtigt (die zugehörigen physikalischen Probleme sind in Klammern angegeben):

Finite-Differenzen-Methode (2D-Wärmegleichung mit variabler Temperaturleitfähigkeit); Finite-Volumen-Methode (2D-Wärmegleichung in einem strukturierten unregelmäßigen Netz, Wärmeübertragung durch eine Rippe); Finite-Elemente-Methode (1D-Wärmegleichung); Gauß-Seidel-, SOR-Ansätze als iterative Methoden zur Lösung großer linearer Systeme, die aus Finite-Differenzen-, Finite-Volumen- oder Finite-Elemente-Methoden abgeleitet sind (1D/2D-Wärmegleichung); instationäre Probleme: Fourier-Analyse des Fehlers, explizite und implizite Schemata, Runge-Kutta-Methoden, Charakteristiken und CFL-Bedingungen (instationäre 2D-Wärmegleichung, 1D-Konvektionsgleichung); Green-Funktionen und numerische Integration (2D-Wärmegleichung mit verteilter Quelle); Lösen nichtlinearer Systeme: Newton-Raphson (1D stetige Euler-Gleichungen), Optimierung: Suchmethoden, Gradientenmethoden, Constraint-Optimierung (Optimierung einer Rippenform zur Maximierung des Wärmeübergangs).

Die Studierenden haben die Möglichkeit, an einem Teamworkshop und einem Präsentationscoaching in Kleingruppen teilzunehmen, die vom ZSK angeboten werden.

**Lernergebnisse:**

**Lehr- und Lernmethoden:**

Team- und Einzelarbeit, Präsentationen der Studierenden, Vorträge.

**Medienform:**

**Literatur:**

KUZMIN D. A guide to numerical methods for transport equations. Friedrich-Alexander-Universität, 2010.

MORTON, K. W., AND MAYERS, D. F. Numerical solution of partial differential equations. Cambridge University Press, 2005.

Kevin D. Cole, James V. Beck, A. Haiji-Sheik, and Bahman Litkouhi. Heat conduction using Green's functions. CRC Press, 2011.

**Modulverantwortliche(r):**

Silva Garzon, Camilo Fernando; Dr. habil.

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

Computational Thermo-Fluid Dynamics (Praktikum, 4 SWS)

Polifke W [L], Varillon G, Silva Garzon C

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

## Modulbeschreibung

### MW2138: Verbrennungstechnisches Praktikum | Combustion Technology Lab [VbtPrak]

*Wechselnde Themenstellung zu verbrennungstechnischen Technologien*

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2013/14

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Deutsch/Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester
<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:

Zur Leistungsbewertung werden die Mitarbeit während des Praktikums und eine schriftliche Prüfung (Dauer 30 Minuten) herangezogen. Außerdem wird die Gruppenleistung bewertet. Zusätzlich wird die Abschlussdokumentation sowie die Präsentation benotet. Somit ergeben sich 5 Bewertungsteile, die mit einem Gewicht von je 20% den Mittelwert für die Gesamtnote ergeben.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Semesterende

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Thermodynamik 1 (empfohlen), Wärmetransportphänomene (empfohlen), Fluidmechanik 1 (empfohlen)

#### Inhalt:

Im Rahmen des "Verbrennungstechnischen Praktikums" wird eine aktuelle Fragestellung aus dem solaren Forschungsbereich des Lehrstuhls bearbeitet. Daher unterscheidet sich das Praktikum wesentlich vom klassischen Ansatz vieler Praktika, in denen vorgegebene Versuche von den Studenten lediglich "abgearbeitet" werden müssen. Die Studenten bearbeiten dabei Ihr Projekt selbstständig in einer kleinen Gruppe von sechs Personen, wobei der Betreuer stets als Ansprechpartner für fachliche und arbeitstechnische Fragen zur Verfügung steht.

#### Lernergebnisse:

Ziel des Praktikums ist, die Fähigkeit zu erlernen sich in eine neue und eventuell unbekannte Aufgabenstellung einzuarbeiten. Weiter soll der Student dann in der Lage sein sich in einer neuen Arbeitsgruppe schnell zurecht zu finden und dort auftretende Konflikte souverän zu lösen. Das Praktikum bietet außerdem die Möglichkeit, seine persönlichen Fähigkeiten auf dem Gebiet des

Vortrags und bei der Dokumentation wissenschaftlicher Arbeiten zu verbessern. Auch sollen nützliche fachliche Fähigkeiten erlernt werden, die stark mit der Themenstellung korrespondieren.

**Lehr- und Lernmethoden:**

In der Vorbesprechung wird das Skript verteilt, in dem die Aufgabenstellungen, Grundlagen und die wichtigsten Regeln für das Praktikum beschrieben sind. Jede Gruppe vereinbart einen wöchentlichen Termin, bei dem Fortschritte, Probleme und die Arbeitsteilung besprochen werden. Die einzelnen Arbeitspakete werden selbständig während der Woche bearbeitet. Die Betreuer sind bei den wöchentlichen Terminen anwesend und stehen sonst nach Vereinbarung für Fragen zur Verfügung. Die Leitung der Treffen, d.h. Erstellung der Agenda und Moderation, übernimmt ein Gruppenmitglied. Ein zweites Mitglied hält die Besprechung in einem Protokoll fest. Die Ergebnisse werden in einer Dokumentation festgehalten und bei der Abschlusspräsentation den anderen Gruppen vorgestellt.

**Medienform:**

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

**Literatur:**

wird spezifisch je nach Aufgabenstellung angegeben

**Modulverantwortliche(r):**

Wen, Dongsheng; 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

### MW2181: Praktikum Windkraftanlagen Simulation | Lab Course Wind Turbine Simulation

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2014

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Zweisemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester
<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:

Students will be evaluated on an individual basis based on participation, outputs of the preliminary assignments and from the output of the last assignment. The last assignment will need to be presented in the last session. Pass or fail policy, no final grade will be issued

#### Wiederholungsmöglichkeit:

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Knowledge in engineering mechanics and aerodynamics. Wind turbine design knowledge is welcome but not mandatory

#### Inhalt:

The course primary aims at develop basic understanding of simulation models and methods to design modern multi-megawatt wind turbines. First, the students will gain the ability to perform simulations of wind turbines in a variety of operating conditions, using the aeroelastic code Cp-Lambda. Secondly, students will become able to evaluate the performance of a wind turbine, to conduct load analyses according to certification guidelines and finally to process and interpret the results of simulations.

Students will be asked to develop small week assignments in order to build up the technical knowledge in preparation for the last larger assignment. The last assignment consists of analyzing a turbine that shows a design issue. The goal is to first identify the problem and then provide design suggestions to solve it.

### **Lernergebnisse:**

After successfully completing the course, students will have an understanding of the modern methods to model, simulate and design multi-megawatt conventional wind turbines. They will have a knowledge of wind turbine aerodynamics and structural dynamics, and they will understand the main strategies used for controlling these machines over their complete operating range. They will be able to develop simulation and evaluate the performance of a wind turbine. They will also be able to conduct load analysis following the international certification guidelines. Finally, particular emphasis will be placed on the machine design, with the students that will be able to identify potential issues in the design of a wind turbine and will be able to suggest design improvements.

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

Learning method:

In addition to the individual methods of the students consolidated knowledge is aspired by repeated lessons in exercises and tutorials.

Teaching method:

2 introductory theoretical lectures on aeroelasticity, wind turbine modeling and wind turbine design. 7 exercise sessions using computers, with discussion and correction of the preliminary assignments. 5 last sessions to help the students developing their final assignment.

### **Medienform:**

The following kinds of media are used:

- Class room lectures with and without the use of PC
- Lecture notes (handouts)
- Exercises with the wind turbine modeling tool Cp-Lambda that will be provided to students together with a full wind turbine model

### **Literatur:**

Course material will be provided by the instructor. Students will receive the aeroelastic code Cp-Lambda together with a full model of a multi-megawatt wind turbine.

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):**

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

## Modulbeschreibung

### MW2233: Praktikum Additive Fertigung | Practical Course Additive Manufacturing

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2023/24

<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 durch eine Übungsleistung. Die Übungsleistung erfolgt in Form eines schriftlichen Testats (Bearbeitungsdauer 45 min, keine Hilfsmittel erlaubt, 40 % der Gesamtnote) sowie einer praktischen Arbeit (40 % der Gesamtnote) und einer Gruppenpräsentation dieser (20 % der Gesamtnote). Es wird überprüft, ob die Studierenden beispielsweise das Konstruieren für die Additive Fertigung anwenden, die verfahrensspezifischen Einschränkungen verstehen, die Möglichkeiten und Grenzen der Additiven Fertigung kennen, geeignete und ungeeignete Anwendungsbereiche identifizieren und die Wirtschaftlichkeit abschätzen können.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Grundkenntnisse eines CAD-Programms (Voraussetzung)

Kenntnisse der konventionellen Fertigungsverfahren (von Vorteil)

#### Inhalt:

1. Einführung
2. Prozesskette
3. Werkstoffe
4. Aspekte der Wirtschaftlichkeit

#### Lernergebnisse:

Nach der Teilnahme am Modul sind die Studierenden in der Lage,

- das Konstruieren für die Additive Fertigung anzuwenden, z. B. in Hinblick auf geometrisch komplexe Bauteile, Hinterschneidungen, funktionsintegrierte Werkstücke und topologieoptimierte Strukturen.

- verfahrensspezifische Einschränkungen zu verstehen, wie z. B. die der draht- und lichtbogenbasierten Additiven Fertigung oder die der pulverbettbasierten Verfahren.
- Möglichkeiten und Grenzen der Additiven Fertigung zu kennen.
- geeignete und ungeeignete Anwendungsbereiche zu identifizieren und diese nach objektiven Kriterien zu bewerten.
- die Wirtschaftlichkeit abzuschätzen.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Die theoretischen Grundlagen werden in Form von kurzen Vorlesungseinheiten vermittelt. Im Rahmen von studentischen Gruppenvorträgen werden unterschiedliche Aspekte der Additiven Fertigung weiter vertieft. An Anlagen für die Additive Fertigung (FLM-Drucker) erlernen die Studierenden den praktischen Umgang mit der Technologie. Eine Exkursion in einem Unternehmen bzw. ein Praxistag in den lehrstuhleigenen Additivlaboren vermitteln tiefere Einblicke in den Stand der Technik der Additiven Fertigung.

Damit lernen die Studierenden beispielsweise geeignete und ungeeignete Anwendungsbereiche zu erkennen, das Konstruieren für die Additive Fertigung anzuwenden, die verfahrensspezifischen Einschränkungen zu verstehen, die Möglichkeiten und Grenzen der Additiven Fertigung zu kennen, geeignete und ungeeignete Anwendungsbereiche zu identifizieren und die Wirtschaftlichkeit abzuschätzen.

**Medienform:**

Präsentationen

**Literatur:**

Andreas Gebhardt: Additive Fertigungsverfahren (ISBN: 978-3-446-44401-0)

Ian Gibson, David Rosen, Brent Stucker, Mahyar Khorasani: Additive Manufacturing Technologies (ISBN: 978-3-030-56126-0)

**Modulverantwortliche(r):**

Zäh, Michael; Prof. Dr.-Ing.

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

Praktikum additive Fertigung (Praktikum, 4 SWS)

Zäh M, Beuerlein K, Melzig L, Panzer H

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

## Modulbeschreibung

### MW2313: MATLAB/Simulink for Computer Aided Engineering Lab | MATLAB/Simulink for Computer Aided Engineering Lab [P-MSCAE]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2023/24

<b>Modulniveau:</b> Bachelor/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 Modulprüfung besteht aus einer schriftlichen Klausur mit 90 Minuten Bearbeitungszeit.

Zusätzlich zur Abschlussprüfung werden Studierende ermutigt, im Rahmen des Praktikums einen konstanten Lerneffekt zu erzielen, indem sie ihre erarbeiteten Lösungen zu wöchentlich gestellten Programmieraufgaben auf freiwilliger Basis einreichen. Diese werden vom Dozenten korrigiert und eine detaillierte Rückmeldung auf Anfrage hin bereitgestellt.

Das theoretische und praktische Wissen, das Verständnis und die richtige Anwendung der in den Praktikumseinheiten behandelten MATLAB / Simulink Methoden werden mit einer schriftlichen Prüfung (90 Minuten Bearbeitungszeit) am Ende des Semesters überprüft. Die Gesamtnote ergibt sich aus der Benotung der schriftlichen Prüfung.

Zusätzlich wird Studierenden, die die Programmieraufgaben erfüllt haben, ein Bonus von 0,3 Notenpunkten gewährt. Nicht erfüllte Programmieraufgaben haben keinen Einfluss auf die Gesamtnote.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

- Vorheriger / paralleler Besuch des Ergänzungsfachs MATLAB / Simulink for Computer Aided Engineering;
- Grundlagen in Regelungstechnik und ein gewisses Verständnis von Mechanik.
- Grundlagen in Programmierung.

**Inhalt:**

Sowohl MATLAB als auch Simulink sind in der Industrie mehr als gängige Tools für Ingenieure. Als Ergänzung zu der heutigen Ingenieursausbildung und dem bereits existierenden Ergänzungsfach eignet sich diese „Hands on“ Veranstaltung perfekt um den praktischen Umgang mit dieser Toolkette zu erlernen.

Das Praktikum deckt die folgenden Themenbereiche ab:

1. Introduction and MATLAB Fundamentals
2. MATLAB Data Handling and Visualization
3. MATLAB Toolboxes (Control System Toolbox, Optimization Toolbox, Statistics Toolbox)
4. Symbolic Math
5. Simulink Fundamentals
6. Simulink Toolboxes (Design Optimization, Control Design)
7. Stateflow
8. Code Generation from MATLAB / Simulink
9. Physical Modelling (Simscape / SimMechanics)

**Lernergebnisse:**

Nach erfolgreichem Abschluss besitzen Studierende ein fundiertes und breites Verständnis über MATLAB / Simulink und können die wichtigsten Toolboxes anwenden. Darüber hinaus sind die Studierenden im Stande, mit Hilfe der Toolboxes eigenständig Regelungssysteme und Simulationsmodelle zur Lösung ingenieurwissenschaftlicher Probleme zu entwickeln.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Theoretische und methodische Grundlagen werden in Form von Folienpräsentationen und Videos vermittelt. Studierende entwickeln Lösungen zu Aufgaben, die online gestellt werden. Die Ergebnisse werden vom Dozenten korrigiert, eine detaillierte Rückmeldung zur Korrektur einzelner Aufgaben wird auf Anfrage hin bereitgestellt.

Studierende können aufkommende Fragen in dafür vorgesehenen Online-Foren stellen, welche durch die Dozenten beantwortet werden. Darüber hinaus besteht in wöchentlichen Sprechstunden vor Ort die Möglichkeit offene Fragen persönlich zu klären.

**Medienform:**

Powerpoint Folien, Skripte, Aufgabenblätter (Workbooks), Rechnerübungen (MATLAB / Simulink)

**Literatur:**

Ausführliche Vorlesungsunterlagen und Übungsaufgaben

MATLAB Dokumentation: <https://www.mathworks.com/help/index.html>

**Modulverantwortliche(r):**

Evangelos Huber, M.Sc. (evangelos.huber@tum.de)

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

MATLAB/Simulink for Computer Aided Engineering Lab (Praktikum, 4 SWS)

Holzappel F [L], Steinert A, Huber E

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

## Modulbeschreibung

### MW2326: Industrienähe FE-Analyse in der Vibroakustik | Industry related FE-Analysis in Vibroacoustics

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2018

<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 findet in Form einer Übungsleistung statt. In den Einführungsübungen führen die Studierenden kurze Programmieraufgaben/Modellierungen durch. Anhand der Dokumentation ihrer Ergebnisse und Erkenntnisse (kurze Einzelberichte, Anzahl wird zu Beginn des Praktikums festgelegt) zeigen sie, dass sie Modelle der Vibroakustik mittels ABAQUS/CAE aufbauen können und die Berechnungsergebnisse richtig interpretieren. Die Einführungsübungen befähigen die Studierenden zur Bearbeitung eines semesterbegleitenden Projektes mit einer umfassenderen Aufgabenstellung im Bereich der „Motorschwingungen“. Im Abschlussbericht des semesterbegleitenden Projektes sollen die Studierenden ihre Fähigkeit zeigen, ein komplexes vibroakustisches Problem mit der richtigen Methodik eigenständig lösen zu können. Für die Berechnung der Gesamtnote werden der einfache Notendurchschnitt der Einzelberichte mit 30% und die Note des Abschlussberichts mit 70% gewichtet.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

keine

#### Inhalt:

Grundlagenwissen in der Modellbildung diskreter Systeme; Methodische Herangehensweise zur virtuellen Abbildung des physikalischen Verhaltens an einfachen monolithischen Strukturen; Nach abgeschlossener Einführung, selbstständiger Aufbau vereinzelter Baugruppen eines vereinfachten Motor-Getriebe-Verbandes; Grundlagen, Vertiefung und Anwendung der, vor allem in der Automobilindustrie eingesetzten, kommerziellen FE-Software ABAQUS/CAE; Gegenüberstellung von analytischen und numerischen Modellergebnissen; Nähere Betrachtung von Modell- und

Parametergrößen; Beurteilung der Genauigkeit und Verlässlichkeit von numerischen Lösungen;  
Validierung der numerischen Modelle mit experimentellen Messdaten

**Lernergebnisse:**

Nach der Teilnahme an den Modulveranstaltungen wissen die Studierenden, wie man eine Modelllösung für ein reales strukturdynamisches Problem entwickelt. Sie sind in der Lage, die Genauigkeit und Verlässlichkeit von Finite-Element-(FE)-Modellen zu beurteilen und diese anhand von experimentell zur Verfügung gestellten Messdaten zu bewerten und zu validieren. Des Weiteren sind die Studierenden in der Lage, verschiedenste Einflüsse von Modell- und Parameterunsicherheiten auf die Modelllösung zu analysieren. Sie können die kommerzielle FE-Software ABAQUS/CAE in dessen Grundzügen anwenden und verstehen den kompletten Strukturbaum des Programmes. Sie sind in der Lage, die Grenzen von analytischen und numerischen virtuellen Modellen aufzuzeigen.

**Lehr- und Lernmethoden:**

In Form einer Präsentation werden den Studierenden physikalische, mathematische und methodische Grundlagen verschiedenster analytischer und numerischer Modelle vermittelt. Den Studentinnen und Studenten werden die grundlegenden Herangehensweisen beim Aufbau eines virtuellen Modelles in ABAQUS/CAE in Form einer geführten Übung dargestellt, wobei Dokumentationen und Tutorials zur Unterstützung eigenständiger Fortbildung angeboten werden. Dieses Wissen festigen die Studierenden in betreuter Einzelarbeit am Computer, in denen sie sich selbstständig Modell- und Parameterunsicherheiten erarbeiten und deren Einfluss auf die Modelllösung darstellen. In einem Abschlussprojekt bearbeiten die Studentinnen und Studenten eine komplexere Aufgabenstellung in Form eines vereinfachten Motor-Getriebe-Verbandes, um die Grundlagen der Modellbildung zu festigen, die Nutzung von ABAQUS/CAE zu vertiefen und die Komplexität strukturdynamischer Probleme zu verstehen. Dazu werden die Studierenden die numerischen Lösungen mit bereitgestellten experimentellen Messdaten validieren.

**Medienform:**

Vortrag, Präsentation, Tafelanschrieb, betreute Rechnerübungen, Online-Lehrmaterialien

**Literatur:**

Einführungsfolien mit Literaturhinweisen, Manuals, Übungsaufgaben mit Lösungen und Beispielprogrammen.

**Modulverantwortliche(r):**

Prof. Dr.-Ing. Steffen Marburg

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

Industrienähe FE-Analyse in der Vibroakustik (Praktikum, 4 SWS)

Marburg S [L], Scholz M, Mörwald M, Yang T

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

## Modulbeschreibung

### MW2382: Visualisierungstechniken in der Numerischen Mechanik Praktikum | Visualization Techniques in Computational Mechanics Practical Course [VNMP]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2018/19

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Deutsch/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 Modulprüfung findet in Form einer Projektarbeit statt. Diese beinhaltet die Bearbeitung einer konkreten Aufgabenstellung (Programmieraufgabe) und deren Dokumentation (schriftlich, 3-5 Seiten) sowie einer abschließenden Präsentation (mündlich, 15 min) der erzielten Ergebnisse. Die Bearbeitung der Aufgabenstellung, die in Form von (aufeinander aufbauenden) Hausaufgaben und somit unter keiner Beschränkung von Hilfsmitteln erfolgt, läuft in mehreren Stufen, von der Definition des Problems, der Methodenauswahl bis hin zur Durchführung und Lösung, ab. Die Studierenden weisen damit nach, dass sie existierende Simulationsergebnisse mit modernen Visualisierungswerkzeugen eigenständig bearbeiten, darstellen und vor einem Fachpublikum vorstellen und rechtfertigen können. Die Modulnote berechnet sich aus der Bewertung der Bearbeitung und Dokumentation der Aufgabenstellung (Gewichtung 75%) und der Präsentation der Ergebnisse (Gewichtung 25%).

#### Wiederholungsmöglichkeit:

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Die Inhalte der Vorlesungen Numerische Methoden für Ingenieure oder Finite Elemente (Maschinenwesen) bzw. Numerical Methods for Partial Differential Equations (Mathematik) oder vergleichbaren Veranstaltungen werden vorausgesetzt.

#### Inhalt:

In diesem Praktikum werden moderne Ansätze zur Visualisierung von numerischen Simulationsergebnissen eingeführt. Der Schwerpunkt liegt auf der Darstellung von Lösungen basierend auf Rechnungen von Differentialgleichungen diskretisiert mit finiten Elementen

oder Partikel-Ansätzen in der Open-Source-Software ParaView. Dabei wird neben der Grundfunktionalität bei der Darstellung von skalaren und vektorwertigen Größen insbesondere auch das Erstellen von einfachen Tools zur erweiterten Lösungsanalyse gezeigt und geübt. Die Studierenden lernen dabei problemspezifische Lösungen für den Bereich der Festkörper- und Strömungsmechanik kennen und erhalten einen Einblick in weiterführende Fragestellungen. Im Praktikum werden neben den klassischen Visualisierungskonzepten wie Erstellung von Grafiken und Videos auch neuartige Konzepte wie dreidimensionale und interaktive Visualisierung basierend auf Virtual-Reality-Techniken erarbeitet. Dazu werden zwei leicht versetzte Darstellungen gerendert. Zur Verifikation wird diese Darstellung auf VR-Brillen überprüft.

### **Lernergebnisse:**

Nach der erfolgreichen Teilnahme der Veranstaltung sind die Studierenden in der Lage, Simulationsergebnisse mit modernen Visualisierungswerkzeugen darzustellen. Dies umfasst neben der Benutzung der eingebauten Visualisierungsmethoden auch das Erstellen von eigenen Modulen für spezifischen Bedarf auch bei anderen ingenieurrelevanten Problemstellungen.

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

Wichtige Aspekte der zugrundeliegenden Simulationsmethoden und der verwendeten Visualisierungsprogramme werden bei der Einführung der Problemstellungen in Einzelbetreuung am konkreten Beispiel vorgestellt. Dadurch lernen die Studierenden die zugrundeliegende Theorie und die Funktionsweise der Visualisierungsmethoden kennen. Sie werden zunächst dabei unterstützt und angeleitet, wie sie diese eigenständig und zielgerichtet nutzen können. Schließlich arbeiten die Studierenden selbst an einer vorgegebenen Aufgabenstellung (in Form von aufeinander aufbauenden Hausaufgaben) an den lehrstuhleigenen Computerarbeitsplätzen, um die eigenständige Lösung konkreter Visualisierungsprobleme aus der ingenieurwissenschaftlichen Praxis zu erlernen. Die Bearbeitung dieser Aufgabenstellungen wird durch Einzelgespräche mit den Betreuern der Lehrveranstaltung unterstützt.

### **Medienform:**

Vortrag, PC-Arbeitsplätze am Lehrstuhl, Softwarepaket ParaView.

### **Literatur:**

<https://www.paraview.org/>

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

Wolfgang A. Wall

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

Visualisierungstechniken in der Numerischen Mechanik Praktikum (MW2382) (Praktikum, 4 SWS)  
Ludwig M, Wall W, Goderbauer B  
Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de) oder [hier](#).

## Modulbeschreibung

### **MW2477: Thermomechanisches Werkstoffverhalten in der additiven und schweißtechnischen Fertigung | Thermomechanical Material Behaviour in Additive Manufacturing and Welding [TMWV]**

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2022/23

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> 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:**

Die Prüfungsleistung erfolgt auf Basis einer Laborleistung. Die fünf Versuche werden von den Studierenden mit zur Verfügung gestellten Unterlagen selbstständig vorbereitet und unter Anleitung durchgeführt. Die Vorbereitung wird im Rahmen der Vorbesprechung eines jeden Versuchs qualitativ überprüft und ist Voraussetzung für die praktische Durchführung. Nach Abschluss des Praktikums ist ein Bericht über alle Versuche zu verfassen, in dem Durchführung und Ergebnisse zu dokumentieren sind. Letztere sollen darüber hinaus versuchsübergreifend verknüpft, diskutiert und anhand theoretischer Kenntnisse interpretiert werden. Die Studierenden weisen damit z.B. nach, dass sie verschiedene experimentelle Möglichkeiten zur Charakterisierung des Verhaltens metallischer Werkstoffe infolge der Temperaturen, die bei der additiven und schweißtechnischen Fertigung auftreten, und die sich ergebenden Eigenschaften kennen. Darüber hinaus zeigen sie, dass sie experimentelle Ergebnisse wissenschaftlich dokumentieren und verarbeiten können. Die Note des Berichts entspricht der Modulnote.

#### **Wiederholungsmöglichkeit:**

Folgesemester

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

- Absolviertes Bachelorstudium (Maschinenwesen, Physik, Materialkunde, Ingenieurwissenschaften, Elektrotechnik o.Ä.)
- Grundlagenkenntnisse in den Gebieten Werkstoffkunde / Werkstofftechnik (Metalle), Physik, Technische Mechanik, Elektrotechnik

### **Inhalt:**

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

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

### **Lernergebnisse:**

Nach erfolgreicher Teilnahme am Modul verfügen die Studierenden über Kenntnisse des Verhaltens ausgewählter metallischer Werkstoffe infolge der Temperaturen, die bei der additiven und schweißtechnischen Fertigung auftreten. Sie kennen verschiedene experimentelle Möglichkeiten zur Charakterisierung dieses Verhaltens und der sich ergebenden Eigenschaften. Sie sind in der Lage, diese Versuche systematisch durchzuführen sowie die Ergebnisse auszuwerten, zu dokumentieren und kritisch zu diskutieren. Anhand der Resultate können sie das Verhalten unterschiedlicher Werkstoffe bewerten.

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

Durch das Selbststudium der zur Verfügung gestellten Praktikumsunterlagen und weiterführender Literatur erweitern die Studierenden ihr theoretisches Wissen zu den Versuchsinhalten. Dieses wird während der angeleiteten Durchführung der Versuche angewendet und durch praktische Erfahrungen bereichert. Damit lernen die Studierenden verschiedene experimentelle Möglichkeiten zur Charakterisierung des Verhaltens metallischer Werkstoffe infolge der Temperaturen, die bei der additiven und schweißtechnischen Fertigung auftreten, und die sich ergebenden Eigenschaften kennen. Durch die Ausarbeitung eines Berichts erlernen die Studierenden die wissenschaftliche Dokumentation und die kritische Auseinandersetzung mit den Ergebnissen.

### **Medienform:**

Skripten, Handzettel, Präsentationen

### **Literatur:**

Dilthey: Schweißtechnische Fertigungsverfahren 2 - Verhalten der Werkstoffe beim Schweißen, Springer 2005

Rösler, Harders, Bäker: Mechanisches Verhalten der Werkstoffe, Springer Vieweg, 2019

Böllinghaus et al.: Hot Cracking Phenomena in Welds I-IV, Springer, 2005-2016

Oettel, Schumann: Metallografie, Wiley, 2011

**Modulverantwortliche(r):**

Mayr, Peter; Prof. Dr. techn. Dipl.-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](#).

## PC\_MMP: Practical Courses: Multiscale Material Principles | Practical Courses: Multiscale Material Principles

### Modulbeschreibung

#### ED010003: Recognized Practical Courses | Recognized Practical Courses

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2024

<b>Modulniveau:</b>	<b>Sprache:</b>	<b>Semesterdauer:</b>	<b>Häufigkeit:</b>
<b>Credits:*</b> 4	<b>Gesamtstunden:</b>	<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:

#### Wiederholungsmöglichkeit:

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

#### Inhalt:

#### Lernergebnisse:

#### Lehr- und Lernmethoden:

#### Medienform:

#### Literatur:

**Modulverantwortliche(r):**

**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

### BGU64010: Zerstörungsfreie Werkstoffprüfung für Ingenieure | Non-destructive Material Testing for Engineers [ZFP-PR]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2022/23

<b>Modulniveau:</b> Bachelor/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 Prüfungsleistung ist eine Gruppenarbeit von maximal 5 Teilnehmern und besteht in der Anfertigung eines schriftlichen Berichts zu einem der 6 Versuche des Praktikums, mit einem Umfang von vier bis acht Seiten. Der Versuch, über den jeweils berichtet werden soll, wird den Studierenden per Losverfahren zugeteilt.

Durch den Praktikumsbericht kann geprüft werden, inwieweit die Studierenden die eigenständige Durchführung der Versuche wissenschaftlich dokumentiert und die wesentlichen Aspekte erfasst haben. Durch die Erstellung des Berichts weisen die Studierenden auf strukturierte Art und Weise und in schriftlicher Form nach, dass sie in der Lage sind, gegebene komplexe Prüfsituationen hinsichtlich der Möglichkeiten und Grenzen der verschiedenen Verfahren zu analysieren und eigenständige Messungen durchzuführen. Die bei den Versuchen erworbenen Erkenntnisse werden in schriftlicher Form diskutiert und interpretiert.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

#### Inhalt:

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

- Ultraschallprüfung
- Luftultraschallprüfung
- Schallemissionsanalyse

- Optische Lock-in Thermographie
- Computertomographie
- Bodenradar

### **Lernergebnisse:**

Nach erfolgreichem Absolvieren des Moduls sind die Studierenden in der Lage, wichtige Begriffe sowie die Aufgaben der zerstörungsfreien Prüfung zu definieren. Die Studierenden verstehen die physikalischen Hintergründe der Prüfverfahren auf Basis elastischer und elektromagnetischer Wellen und die grundlegende Funktionsweise der entsprechenden Prüfgeräte. Weiterhin sind die Studierenden in der Lage, die für das jeweilige zerstörungsfreie Prüfverfahren relevanten Materialeigenschaften zu benennen. Damit können die Studierenden die Prüfverfahren an verschiedenen Materialien und Bauteilgeometrien selbstständig anwenden. Sie werden in die Lage versetzt, komplexe Prüfsituationen hinsichtlich Bauteilgeometrie, Materialeigenschaften und Umgebungsbedingungen zu analysieren. Darauf aufbauend können die Studierenden ein für die jeweilige Prüfsituation geeignetes Verfahren auszuwählen. Weiterhin können die Studierenden die Ergebnisse der Experimentalarbeiten auswerten und Möglichkeiten und Grenzen der jeweiligen Verfahren einschätzen.

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

**Einführungsveranstaltung:** Während der Einführungsveranstaltung wird ein Überblick über die Arbeiten am Lehrstuhl und verschiedene Verfahren der Zerstörungsfreie Prüfung gegeben. Des Weiteren werden Grundlagen der guten wissenschaftlichen Praxis vermittelt und ein Sicherheitstraining für Laborarbeiten durchgeführt.

**Vorlesungen:** Die Vorlesungen beinhalten theoretischen Vorträge zu den jeweiligen Prüfverfahren und den physikalischen Wechselwirkungen, auf denen die Methoden aufbauen. In der Regel finden die Vorlesungen in den ersten zwei Praktikumstagen und für alle Teilnehmer parallel statt.

**Übungen:** Im Rahmen der Übungen bearbeiten die Teilnehmer theoretische Fragen und Rechenaufgaben zu den jeweiligen Themengebieten in schriftlicher Form. Um den regen Austausch mit dem Betreuer und anderen Teilnehmer zu fördern, werden die Teilnehmer in Kleingruppen von maximal fünf Teilnehmer aufgeteilt und die Ergebnisse anschließend diskutiert.

**Laborversuche:** Die Laborversuche finden ebenfalls in Kleingruppen von bis zu fünf Teilnehmern und unter enger Betreuung statt. Es erfolgt die selbständige Aufnahme, Auswertung und Diskussion von Messergebnissen und Messungenauigkeiten, sowie die Betrachtung von Anwendungsbeispielen anhand ausgewählter Prüfobjekte. Die Auswertung von einfachen statistischen Versuchen wird geübt. Typische Einsatzbereiche, sowie Trends und Grenzen der behandelten Verfahren werden diskutiert. Die Ergebnisse und Erkenntnisse jedes Versuchs werden in einem Laborbericht dokumentiert.

### **Medienform:**

Moodle E-Learning, PowerPoint Präsentation, gedrucktes Manuskript, Praktikumsanleitung, Berichtvorlagen

**Literatur:**

Skript „Zerstörungsfreie Prüfung“

Eden & Gebhard: Dokumentation in der Mess- und Prüftechnik. Springer Vieweg, Wiesbaden 2014.

**Modulverantwortliche(r):**

Große, Christian; Prof. Dr.

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

Zerstörungsfreie Werkstoffprüfung für Ingenieure (Praktikum, 4 SWS)

Große C [L], Große C, Maier B, Menendez Orellana A, Moser K, Neugebauer M, Parikh F, Popovych O

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

## Modulbeschreibung

### BV410004: Fluidmechanik Praktikum | Fluid Mechanics Lab [FMLAB]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2022

<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:

Ein wesentlicher Teil der Lehrveranstaltung sind Laborexperimente. Eine Teilnahme daran wird i.A. erwartet. Das Verfassen eines Laborberichtes (50% der Modulnote) zu den Experimenten und eine Kurzpräsentation der gewonnenen Ergebnisse (50% der Modulnote) stellen die benotete Prüfungsleistung des Moduls dar.

Durch das Verfassen des Laborberichtes wird das theoretische Verständnis der experimentellen Verfahren und die Fähigkeit die erfassten Daten auszuwerten und zu interpretieren geprüft. Im mündlichen Vortrag (30 min.) weisen die Studierenden nach, die Ergebnisse sowohl auf ihre Gültigkeit als auch in Bezug zur jeweiligen Strömungssituation beurteilen und in einer verständlichen Art und Weise präsentieren zu können.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Empfohlene Voraussetzung ist die Teilnahme an einer Vorlesung in höherer Strömungsmechanik wie z.B.: Fluid Mechanics and Groundwater Hydraulics (BGU41016), Fluid Mechanics and Transport Mechanisms (BGU41020), Advanced Fluid Mechanics (BGU41021), Physics of Fluids (MW2361) oder das Vorhandensein gleichwertiger Kompetenzen aus anderen Modulen.

#### Inhalt:

- Lichtwellen und ihre Eigenschaften
- Quantenmechanische Phänomene
- Partikel-Licht-Interaktion
- Laser als Lichtquelle
- Partikel und Partikeldynamik
- Einführung in die Statistik
- Laser-Doppler-Anemometry

- Particle-Image-Velocimetry
- Lasersicherheitsunterweisung
- Praktische Übung LDA
- Praktische Übung PIV

### **Lernergebnisse:**

Nach der erfolgreichen Teilnahme an den Modulveranstaltungen sind die Studierenden in der Lage:

- die Eigenschaften von Lichtwellen (Brechung, Reflexion) sowie quantenmechanische Phänomene (Absorption, Emission) darzustellen
- das Konzept und den Aufbau von Lasern zu verstehen
- Tracer-Partikel in Hinblick auf Messverfahren (LDA und PIV), Messaufgabe und Strömungssituation auszuwählen
- Messungen mit Hilfe der Methoden LDA und PIV durchzuführen
- Messergebnisse mit Hilfe ausgewählter statistischer Verfahren zu analysieren
- die Eignung der Messverfahren LDA und PIV mit Blick auf eine Messaufgabe einzuschätzen
- die Qualität und Plausibilität der gewonnenen Messdaten zu beurteilen

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

Das Modul gliedert sich in vier Abschnitte. Zu Beginn werden in Gruppenarbeit die wesentlichen physikalischen Grundlagen zur Anwendung Laser-optischer Messmethoden erarbeitet. Die Studierenden setzen sich mit der einschlägigen Literatur selbständig auseinander und stellen Ihre Ergebnisse in Form eines online-Wikis den anderen Teilnehmern der Lehrveranstaltung zur Verfügung. Im Anschluss daran wird die Theorie der experimentellen Methoden in einer Vorlesung detailliert erläutert. Im darauf folgenden praktischen Teil wenden die Studierenden in Gruppen (ca. 4-6 Studierende) die behandelten Messverfahren an einem ausgewählten Strömungsfall an und üben die typischen Arbeitsabläufe der Versuchsdurchführung. Abschließend werden die Ergebnisse von den Studierenden in einem Bericht dokumentiert und in Gruppen-Präsentationen dem gesamten Kurs vorgestellt. Die Ergebnisse, ihre Qualität und die Form von Aufarbeitung und Darstellung werden dann von allen Teilnehmern diskutiert und bewertet.

### **Medienform:**

Folien, Tafel, Skriptum, Experimente

### **Literatur:**

- Raffel, M. and Willert, C. and Kompenhans, J.: Particle Image Velocimetry, Springer, Berlin, Heidelberg, New York (1998),
- Adrian, R and Westerweel, J: Particle image velocimetry, Cambridge University Press (2011),
- Ruck, B.: Laser-Doppler-Anemometrie - eine berührungslose optische Strömungsgeschwindigkeitsmesstechnik, Stuttgart, AT-Fachverl. (1987),
- Bauckage, K. et al., Ruck, B. (Hrsg.): Lasermethoden in der Strömungsmesstechnik, AT-Fachverlag, Stuttgart (1990),
- Eckelmann, H.: Einführung in die Strömungsmesstechnik, Teubner, Stuttgart (1997)

**Modulverantwortliche(r):**

Michael Manhart (michael.manhart@tum.de)

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

Fluid Mechanics Lab (Praktikum, 2 SWS)

Quosdorf D

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

## Modulbeschreibung

### CH1046: Materialchemisches Praktikum | Laboratory Course in Materials Chemistry

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2019/20

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Deutsch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester/ Sommersemester
<b>Credits:*</b> 8	<b>Gesamtstunden:</b> 240	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 120	<b>Präsenzstunden:</b> 120

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

#### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Bewertet werden die praktische Tätigkeit (60 %) und die Niederschrift der Ergebnisse (40 %).

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Alle Module der Anorganische Chemie des TUM-Bachelorstudiengangs Chemie.

#### Inhalt:

Synthesen auf dem Gebiet Festkörperchemie und Materialchemie, Charakterisierung der synthetisierten Verbindungen/Materialien.

#### Lernergebnisse:

Nach erfolgreicher Teilnahme am Modul sind die Studierenden in der Lage, Versuchsaufbauten zur Durchführung von Feststoffsynthesen zu konzipieren und zu realisieren, grundlegende Reaktionen selbstständig durchzuführen, Sicherheitsaspekte bei diesen Reaktionen zu erkennen und zu verstehen, sowie Ergebnisse verschiedener Analysetechniken zu interpretieren. Zudem wurde eine grundlegende, fachgerechte Dokumentation der Beobachtungen, Analysen und Ergebnisse erlernt.

#### Lehr- und Lernmethoden:

Das Modul besteht aus einem Praktikum (8 SWS). Im Praktikum arbeiten die Studierenden am Arbeitsplatz eines wissenschaftlichen Mitarbeiters mit, der ein festkörper- oder materialchemisches Projekt bearbeitet. Durch die Mitarbeit am Arbeitsplatz im Labor erlangen die Studierenden labortechnische Fertigkeiten. Zur Festigung des theoretischen Fachwissens und zur Vorbereitung auf die Experimente und deren Durchführung beschäftigen sich die Studierenden eingehend mit

empfohlener Fachliteratur. Durch geeignete Dokumentaion (schriftlicher Bericht) erlernen die Studierenden das Beschreiben von Ergebnissen und Beobachtungen.

**Medienform:**

Fachliteratur, Fachbücher, Laborarbeitsplatz, computergestützte Dokumentation.

**Literatur:**

Themenbezogene Literatur (wissenschaftliche Journale) wird vom Betreuer / der Betreuerin bekannt gegeben.

**Modulverantwortliche(r):**

Nilges, Tom; Prof. Dr.

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

Materialchemisches Praktikum für MSE (Praktikum, 8 SWS)

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

### EI74491: Modellierung von Lithium-Ionen-Zellen | Modelling of Lithium-Ion Cells [MLZ]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2022/23

<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> 75	<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 gesamte Prüfungsleistung ergibt sich aus den Praktikumsaufgaben (80 %) in der vorlesungsfreien Zeit und einer mündlichen Prüfung (20 %) am Ende der Praktikumswoche. In der einwöchigen Praktikumsphase werden die praktischen Aufgaben einzeln bewertet. Diese ergeben in Summe 80 % der Gesamtnote. Dabei werden zum einen Rechen- und Modellierungsergebnisse, zum anderen Fleiß und Engagement der Studenten bewertet. Die Bearbeitung der Aufgaben findet in Einzelarbeit oder Zweiergruppen statt, die Benotung wird hingegen aufgeteilt, so dass Rechenergebnisse für die Gruppe, Fleiß und Engagement aber individuell bewertet werden. Die mündliche Prüfung am Ende der Woche geht auf die Fähigkeit z.B. Modelle aufzubauen sowie auf die theoretischen Grundlagen, z.B. zur Analyse von Messmethoden ein und fragt Transferdenken diesbezüglich ab. Diese ist mit 15-20 Min. pro Studierenden angesetzt und wird in Gruppen oder einzeln in mündlicher Form abgehalten.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Idealerweise wurde zuvor die Vorlesung EI70810 Batteriespeicher gehört. Kenntnisse der Elektrochemie oder der FEM sind hilfreich, aber nicht notwendig.

#### Inhalt:

Lithium-Ionen-Zellen sind komplexe Systeme, bei denen viele Disziplinen der Wissenschaft angewandt werden müssen, um ein ganzheitliches Verständnis aufzubauen. Sobald die wesentlichen Mechanismen in einer Zelle bekannt sind, können diese mit den richtigen Tools adäquat dargestellt und somit modelliert werden. Für die Modellierung solcher Systeme liefern aktuelle Rechner ausreichend Leistung bei geringem Preis, sodass entsprechend komplexe Systeme in der täglichen Anwendung keine Problemstellung mehr sind.

Es zeigt sich deutlich, dass im Bereich der Simulation die Studierenden insbesondere bei Abschlussarbeiten viel zu geringe Vorkenntnisse aufweisen, um zielgerichtet arbeiten und forschen zu können. Dementsprechend soll dieses Modul durch die intensive Vermittlung und der direkten Anwendung der fundamentalen Theorie den Studierenden das richtige Handwerkszeug mitgeben, um zum einen das System Lithium-Ionen-Zelle tiefgreifend zu verstehen und zum anderen dieses Wissen in konkrete, messbare Ergebnisse umzusetzen.

Dieses Praktikum schließt nahtlos an die in Batteriespeicher (EI70810) vermittelten allgemeinen Grundlagen an. Zu Beginn werden dazu vertiefende Grundlagen in Form einer Kurzvorlesung vermittelt. Das Themenfeld erstreckt sich dabei von den Grundlagen der Elektrochemie, des Massentransports und des Wärmetransports bis hin zu mathematischen Methoden zur Lösung der Gleichungssysteme gekoppelter Modelle mittels Finite-Elemente-Methode (FEM). Im Anschluss daran findet nach der Vorlesungszeit ein einwöchiger praktischer Teil statt. Hier wird dann jede/r Studierende unter Betreuung Teilmodelle aufbauen, lösen und interpretieren. Die verwendete Software ist COMSOL Multiphysics und Matlab, zwei bekannte und in Forschung und Industrie häufig verwendete Softwarepakete. Die aufgebauten Teilmodelle werden dann zu einem umfassenden Zellmodell zusammengefügt, welches im Abschluss an echten (zur Verfügung gestellten) Messdaten validiert wird. Dazu werden die Studenten noch in einer abschließenden mündlichen Prüfung abgefragt. Dabei liegt der Fokus auf dem ganzheitlichen Verständnis eines elektrochemischen Systems und der praxisnahen Abbildung dieser.

Somit stellt diese Lehrveranstaltung den idealen Einstieg für eine tiefergehende Betrachtung von Lithium-Ionen-Systemen sowie deren Modellierung dar. Ferner werden Grundkenntnisse des FEM-Programms COMSOL Multiphysics – in der Forschung die Referenz für gekoppelte Modelle – sowie der Industriestandardsoftware Matlab vermittelt.

### **Lernergebnisse:**

Der Student ist nach erfolgreichem Bestehen in der Lage

- die wesentlichen Prozesse in einem elektrochemischen System zu benennen und deren Größenordnung abzuschätzen;
- die Lösung partieller Differentialgleichungen anzuwenden und die Grundzüge der Finiten-Elemente-Methode (FEM) umzusetzen;
- makroskopische Modelle ganzer Zellen durch geschickte Kopplung von Submodellen geringerer Dimension aufzubauen;
- die in der Forschung als Referenz geltende FEM-Software COMSOL Multiphysics zu bedienen;
- die in der Industrie so gut wie überall verwendete Software Matlab zur Ansteuerung und Auswertung der COMSOL-Modelle zu benutzen;
- Simulationsergebnisse im Kontext von Messdaten zu analysieren und bewerten.

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

Im Rahmen des Praktikums finden unterschiedliche Lehr- und Lernmethoden Anwendung. Frontalunterricht inkl. Skript und Folien während des Semesters dienen dazu, den Studierenden die nötige Theorie und die grundlegenden Prozesse in einer Lithium-Ionen-Zelle nahezubringen. Das so gewonnene Wissen soll dann während des Praktikum-Teils zunächst in eigenständiger Arbeit dazu genutzt werden, um die Aufgabenstellungen der Praktikumswoche zu lösen. Eine Diskussion unter den Praktikumssteilnehmern ist dabei ebenfalls explizit erwünscht, um alternative

Sichtweisen zu erhalten und das Transferdenken anzuregen. Da es sich um ein betreutes Arbeiten handelt, kommt es sowohl zu individuellen Diskussionen als auch letztlich zu Diskussionen mit der gesamten Praktikumsgruppe. Um die Darstellungsfähigkeit der Studierenden zu fördern, sind die Aufgaben teils graphisch teils schriftlich zu beantworten.

**Medienform:**

Während des Semesters:

- Unterricht mit Tafel und Beamer (Vorlesungsskript & Folien erhältlich);

In der praktischen Phase:

- Je zwei Studenten an einem PC;
- Erklärungen und Diskussionen am Whiteboard;
- Ständige Präsenz eines Betreuers;

**Literatur:**

John Newman, Karen Thomas-Alyea: Electrochemical Systems, Wiley & Sons, 3rd Edition, 2004;  
Peter Atkins, Julio de Paula: Physical Chemistry, Oxford, 9th Edition, 2009;  
Vladimir Sergeevich Bagotsky: Fundamentals of Electrochemistry, Wiley & Sons, 2nd Edition, 2006;

**Modulverantwortliche(r):**

Jossen, Andreas; Prof. Dr.-Ing.

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

Praktikum Modellierung von Lithium-Ionen-Zellen (Praktikum, 4 SWS)

Jossen A, Durdel A, Zonta E

Praktikum Modellierung von Lithium-Ionen-Zellen (Vorlesung, 1 SWS)

Jossen A, Durdel A, Zonta E

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

## Modulbeschreibung

### MW0285: Mechanikpraktikum | Lab on Mechanics for Advanced Students [PraktMS]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2025/26

<b>Modulniveau:</b> 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> 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:

Schriftliche Prüfungen, je 20 min, keine Hilfsmittel 5x Test, jeweils zum Theorieteil aller 5 Versuche, doppelt bewertet

5x Versuchsdurchführung im Lab einschließlich Gespräch, einfach bewertet

5x Hausaufgabe (Fragen aus der Versuchsanleitung), einfach bewertet

Alle 5 Tests und Versuche müssen absolviert und bestanden werden, es wird daraus eine Note gebildet

#### Wiederholungsmöglichkeit:

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Grundkenntnisse zur Technischen Mechanik , besonders lineare Schwinger mit einem und zwei Freiheitsgraden

Regelungstechnik: Abtasttheorem, Frequenzgangfunktion, PT2-System

Mathematik: Fouriertransformation, Differentialgleichungen, Eigenwerte

#### Inhalt:

echanikkenntnisse werden vertieft und ergänzt im Gebiet Dynamik und Schwingungen. Ein Schwerpunkt ist die physikalische Interpretation von Schwingungsphänomenen.

Inhalt der 5 Versuche:

1. MTM -- Bestimmung der Massenträgheitsmomente und Trägheitsachsen mit einem Torsionspendel
2. Auswuchten -- Auswuchten eines starren Rotors
3. Rüttelpendel -- Stabilität parametererregter Schwingungen
4. Reibpendel -- Phasenkurven selbsterregter Schwingungen

5. Balancierstab -- Stabilisierung eines stehenden Pendels auf einem magnetgetriebenen Wagen durch einen Regelkreis (MATLAB/SIMULINK)

**Lernergebnisse:**

Nach der Teilnahme an der Modulveranstaltung ist der Studierende in der Lage, Schwingungen nach ihrem Entstehungsmechanismus zu unterscheiden, deren physikalischen Ursachen und mathematische Beschreibung zu verstehen und anzuwenden.

Speziell kann der Teilnehmer die freien, erzwungenen, parametererregten und selbsterregten Schwingungen bewerten und praktischen Anwendungen zuordnen. Er versteht damit die Zusammenhänge (z.B. Grenzykel, Stabilität), kennt die Parameter und kann Maßnahmen der Schwingungsminderung oder zur gezielten Nutzung ableiten.

Mechanikkenntnisse werden vertieft und ergänzt im Gebiet Dynamik und Schwingungen. Ein Schwerpunkt ist die physikalische Interpretation von Schwingungsphänomenen.

Speziell kann der Teilnehmer die freien, erzwungenen, parametererregten und selbsterregten Schwingungen bewerten und praktischen Anwendungen zuordnen. Er versteht damit die Zusammenhänge (z.B. Grenzykel, Stabilität), kennt die Parameter und kann Maßnahmen der Schwingungsminderung oder zur gezielten Nutzung ableiten.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Umfangreiches Selbststudium der Versuchsanleitung (ca. 20 Seiten). Beantwortung der Kontrollfragen als Hausaufgabe.

Nutzung von Sprechstunden vor dem Versuch beim Versuchsleiter (je Versuch ein anderer Doktorand des Lehrstuhles)

Präsentation (Versuchsleiter) jeweils im Theorieteil vorzu jedem Versuch, sowie Demo von Lehrmodellen zu Schwingungsphänomenen

Arbeit in 3er Gruppen an den Versuchs- und Messtechnikaufbauten im Labor, Demo durch den Versuchsleiter und eigene Aktivitäten, Gespräch und Diskussion am Versuchsstand mit dem Versuchsleiter

Hinweis zur Sprache: Das Material (Vorbereitungsskript, Theorievorträge, Hausaufgaben) ist in Deutsch gegeben. Die Tests sind in der Hauptsprache Deutsch, aber es gibt zu jeder Frage im Test eine englische Übersetzung. Antworten im Test und in der Hausaufgabe können auf Deutsch oder Englisch gegeben werden. Auf Wunsch und nach Absprache mit den anderen Gruppenteilnehmern kann die Versuchsdurchführung auch auf Englisch erfolgen. Das Praktikum richtet sich hauptsächlich an deutschsprachige Studierende.

**Medienform:**

eder Teilnehmer erhält eine ausführliche gedruckte Theorie- und Versuchsbeschreibungen (ca. 20 Seiten). Diese beinhaltet auch Kontrollfragen als Hausaufgabe.

Präsentation (Tablet-PC oder PowerPoint) jeweils im Theorieteil zu jedem Versuch, ergänzt durch Videos von Praxisbeispielen und Animationen zu Schwingungsvorgängen, Lehrmodelle zu Schwingungsphänomenen

Versuchs- und Messtechnikaufbauten im Labor, Übersichtstafel bzw. Poster an jedem Versuchsstand

Handouts (gedruckt) zu charakteristischen erwarteten Messergebnissen

**Literatur:**

Versuchsanleitung, für jeden der 5 Versuche einzeln (ca. 20 Seiten)

Beitelschmidt, Michael., Hans Dresig, H.: "Maschinendynamik. 13. Auflage," ( 2024).Dresig, H.; Holzweißig, F.: Maschinendynamik.9. neu bearb. Auflage unter Mitarbeit von L. Rockhausen, mit CD-ROM, 533 Seiten, 235 Abb., Softcover, mit 60 Aufgaben und Lösungen, Springer Verlag - Berlin Heidelberg New York 2009 <https://doi.org/10.1007/978-3-662-60313-0>

Magnus, K., Popp, K., Sextro, W.: Schwingungen: Grundlagen–Modelle–Beispiele, 2021. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-31116-2>

Experimental Vibration Analysis, Module MW1995, Lecture Script.

Skript zur Vorlesung Experimentelle Schwingungsanalyse bzw. Experimental Vibration Analysis

Harris, C.M.; Piersol, A.G.: Harris' Shock and Vibration Handbook. Fifth Edition, McGraw-Hill Book Company, New York Toronto London, 2002. ISBN 978-0071370813

**Modulverantwortliche(r):**

Rixen, Daniel; Prof. Dr.

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

Praktikum Mechanische Schwingungsphänomene (Modul MW0285) (Praktikum, 4 SWS)

Rixen D [L], Kist A, Kreutz M, Todorov B, Zobel O

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

## Modulbeschreibung

### MW0305: Experimentelle Strömungsmechanik | Experimental Fluid Mechanics [EXPSM]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2017/18

<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> 68	<b>Präsenzstunden:</b> 52

\* 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 Form einer Laborleistung, ergänzt durch eine Präsentation, erbracht. Dabei weisen die Studierenden nach, dass sie die theoretischen Grundlagen der Strömungsmechanik verstanden haben und ein Strömungsproblem mit experimentellen Methoden untersuchen können. Die Studierenden halten ihre Erkenntnisse und Ergebnisse in einem Bericht (ca. 10-15 Seiten) fest und beurteilen diese vor dem Hintergrund der Sensitivität von Messgrößen und Messmitteln. Sie präsentieren ihre Ergebnisse einzeln in Form eines Kurzreferats am Ende des Praktikums, wobei sie rhetorisch und fachlich vor einem kritischen Fachpublikum überzeugen müssen.

Die Modulnote ergibt sich aus den Einzelnoten für den Bericht und das Kurzreferat, wobei diese gleich gewichtet werden.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Fluidmechanik I, Fluidmechanik II, Turbulente Strömungen, Gasdynamik oder Continuum Mechanics

#### Inhalt:

Einführung in die Verwendung experimenteller Methoden in der Strömungsmechanik an Hand der Bearbeitung von fluidmechanischen Problemstellungen.

#### Lernergebnisse:

Nach der erfolgreichen Teilnahme an diesem Modul besitzen die Studierenden die Fähigkeit, ein Strömungsproblem mittels experimenteller Methoden in einem strukturierten Prozess zu

untersuchen. Zudem haben sie die Fähigkeit der kritischen Beurteilung der Ergebnisse und verstehen die Sensitivität von Messgrößen und Messmitteln und wissen Messfehler einzuschätzen.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Die theoretisch vermittelten Kenntnisse werden in Versuchen, die unter Anleitung der Versuchsbetreuer möglichst selbstständig an Anlagen und Versuchsständen im Technikum und Labor des Lehrstuhls in Gruppen durchgeführt werden, angewendet. Dabei werden technische und labortechnische Fertigkeiten sowie die Zusammenarbeit in einer Gruppe geübt. Um die Versuche mit maximalem Lernerfolg absolvieren zu können, wird vor Beginn des Versuches in einem Gespräch in der Gruppe (Vorkolloquium) die zum Versuch notwendigen Grundkenntnisse überprüft und ggf. vorhandene Unklarheiten beseitigt. Zur Vorbereitung wird den Studierenden zu jedem Versuch eine Versuchsanleitung mit den wichtigsten Grundlagen zur Verfügung gestellt. Der Ablauf des Versuchs und die dabei durchzuführenden Messungen werden gemeinsam erarbeitet. Die erzielten Versuchsergebnisse werden in einer schriftlichen Auswertung dokumentiert, die in Gruppenarbeit anzufertigen und fristgerecht abzugeben ist. Die schriftliche Prüfung soll das im Praktikum erworbene Wissen abschließend überprüfen.

**Medienform:**

Skript zum Praktikum mit Beschreibung der Theorie und Anleitung zum jeweiligen Versuch.

**Literatur:**

Goldstein: Fluid Mechanics Measurements

**Modulverantwortliche(r):**

Indinger, Thomas; Prof. Dr.-Ing. habil.

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

Praktikum Experimentelle Strömungsmechanik (MW0305) (Praktikum, 3 SWS)

Indinger T, Rugerri E, Sleight M

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

## Modulbeschreibung

### MW0312: Thermofluiddynamisches Praktikum | Thermofluid-dynamic Lab [TFDPrak]

*Wechselnde Themenstellung zu thermofluiddynamischen Technologien*

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2012

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Deutsch/Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester
<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. Bestandteile davon sind ein kurzer schriftlicher Test (Bearbeitungsdauer 30 min, ohne Hilfsmittel, Gewichtung 20%), die Planung, Vorbereitung und Durchführung der Untersuchungen zur Aufgabenstellung (Gewichtung 40%), eine Abschlussdokumentation (Bericht, Gewichtung 20%) und eine Abschlusspräsentation (Dauer 30 min, Gewichtung 20%). Diese Art der Prüfung ermöglicht es, die Fähigkeit Studierender zu überprüfen, bereits erworbene, sowie neue Kompetenzen auf den Untersuchungsgegenstand praktisch anzuwenden, die erzielten Ergebnisse zu bewerten und zu deuten. Mit Hilfe des schriftlichen Testes soll überprüft werden, ob die Studierenden in der Lage sind, die Theorie des Untersuchungsgebietes in ihr bisheriges Studienwissen zu integrieren und neues Wissen eigenständig zu erarbeiten und anzuwenden. Bei der Planung, Vorbereitung und Durchführung der Untersuchungen wird überprüft inwieweit die Studierenden im Team eigene Lösungen mit Blick auf das Gesamtergebnis erarbeiten und diese anwenden können. In der Abschlussdokumentation und -präsentation sollen die Studierenden nachweisen, dass sie die Untersuchung und ihre Ergebnisse schriftlich zusammenfassen und wiedergeben können und diese didaktisch gekonnt einem Fachpublikum präsentieren und in der Diskussion erläutern können.

#### **Wiederholungsmöglichkeit:**

Semesterende

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

Thermodynamik 1 (empfohlen), Wärmetransportphänomene (empfohlen), Fluidmechanik 1 (empfohlen)

**Inhalt:**

Im Rahmen des "Thermofluid-dynamischen Praktikums" wird eine aktuelle Fragestellung aus dem Forschungsbereich des Lehrstuhls bearbeitet. Daher unterscheidet sich das Praktikum wesentlich vom klassischen Ansatz vieler Praktika, in denen vorgegebene Versuche von den Studierenden lediglich "abgearbeitet" werden müssen. Die Studierenden bearbeiten dabei ihr Projekt selbstständig in einer kleinen Gruppe von sechs Personen, wobei der Betreuer stets als Ansprechpartner für fachliche und arbeitstechnische Fragen zur Verfügung steht.

**Lernergebnisse:**

Ziel des Praktikums ist, die Fähigkeit zu erlernen sich in eine neue und eventuell unbekannte Aufgabenstellung einzuarbeiten. Weiter sollen die Studierenden dann in der Lage sein, sich in einer neuen Arbeitsgruppe schnell zurecht zu finden und dort auftretende Konflikte souverän zu lösen. Das Praktikum bietet außerdem die Möglichkeit die persönlichen Fähigkeiten auf dem Gebiet des Vortrags und bei der Dokumentation wissenschaftlicher Arbeiten zu verbessern. Auch sollen nützliche fachliche Fähigkeiten erlernt werden, die stark mit der Themenstellung korrespondieren.

**Lehr- und Lernmethoden:**

In der Vorbesprechung wird das Skript verteilt, in dem die Aufgabenstellungen, Grundlagen und die wichtigsten Regeln für das Praktikum beschrieben sind. Jede Gruppe vereinbart einen wöchentlichen Termin, bei dem Fortschritte, Probleme und die Arbeitsteilung besprochen werden. Die einzelnen Arbeitspakete werden selbstständig während der Woche bearbeitet. Die Betreuer sind bei den wöchentlichen Terminen anwesend und stehen sonst nach Vereinbarung für Fragen zur Verfügung. Die Leitung der Treffen, d.h. Erstellung der Agenda und Moderation, übernimmt ein Gruppenmitglied. Ein zweites Mitglied hält die Besprechung in einem Protokoll fest. Die Ergebnisse werden in einer Dokumentation festgehalten und bei der Abschlusspräsentation den anderen Gruppen vorgestellt.

**Medienform:**

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

**Literatur:**

wird spezifisch je nach Aufgabenstellung angegeben

**Modulverantwortliche(r):**

Wen, Dongsheng; 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

### MW0450: Praktikum Industrielle Softwareentwicklung für Ingenieure / C++ | Practical Course Industrial Software Engineering / C++ [SEPR]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2014

<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 schriftlichen Klausur (Prüfungsleistung, 60 min, am letzten Praktikumstag) und praktikumsbegleitenden Übungsleistungen. Das Modul ist bestanden, wenn die Klausur und die Übungsleistungen bestanden sind. Die Modulnote entspricht der Note der schriftlichen Klausur.

Die Übungsleistungen umfassen 39 (+1 optionale) Praktikumsaufgaben über einen Zeitraum von 5 Werktagen sowie eine finale Abnahme des Programmcodes am realen Roboter. Die Praktikumsaufgaben führen die Studierenden schrittweise in die Softwareentwicklung und C++-Programmierung ein und dienen dazu, die Fertigkeiten (praktische Umsetzung, Anwendung und Nutzung des Fach- und Methodenwissens) kontinuierlich inkl. Lernfortschritt zu überprüfen. Die Praktikumsaufgaben gelten als bestanden, wenn die 39 Aufgaben und die Inbetriebnahme erfolgreich (Überprüfung per Test und mündlicher Abnahme) abgeschlossen wurden.

Am Ende des Praktikums findet eine schriftliche Prüfung statt (60 min, keine Hilfsmittel erlaubt), in der Fach- und Methodenwissen zur objektorientierten Programmierung in C++ sowie die Anwendung auf Implementierungsbeispiele geprüft wird.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

MW2206: Vorlesung Grundlagen der modernen Informationstechnik I+II (empfohlen)

MW1918: Vorlesung Industrielle Softwareentwicklung für Ingenieur:innen (empfohlen)

**Inhalt:**

Das Praktikum Industrielle Softwareentwicklung für Ingenieure / C++ vermittelt grundlegende Fähigkeiten und Fertigkeiten im Umgang mit Software für eingebettete Systeme. Hierfür werden die Kenntnisse aus dem Grundstudium in C-Programmierung aufgefrischt und mit den Besonderheiten der Programmiersprache C++ ergänzt. Neben der Einführung in das Paradigma der objektorientierten Programmierung wird die Verwendung von C++ in eingebetteten Systemen vermittelt.

**Lernergebnisse:**

Nach der Teilnahme am Praktikum Industrielle Softwareentwicklung für Ingenieure / C++ besitzen die Studierenden theoretische und praktische Kenntnisse für die selbstständige Entwicklung objektorientierter Programme in C++ sowie grundlegende Strategien und Fertigkeiten zur Anbindung von Sensorik, Ansteuerung von Aktorik sowie die Anbindung von Peripheriegeräten in eingebetteten Systemen.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Umsetzung der praktischen Aufgaben im Computerraum unter persönlicher Anleitung und Betreuung, Schriftliches Testat am Ende des Praktikums

**Medienform:**

Einführungspräsentation, Praktikumsskript inklusive Aufgaben

**Literatur:**

- Helmut Erenkötter: C++ Objektorientiertes Programmieren von Anfang an; ISBN 3-499-60077-3
- Bjarne Stroustrup: Einführung in die Programmierung in C++; ISBN 3-868-94005-7
- Jürgen Wolf: Grundkurs C++: C++-Programmierung verständlich erklärt; ISBN 3-836-22294-9

**Modulverantwortliche(r):**

Vogel-Heuser, Birgit; Prof. Dr.-Ing.

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

Praktikum Industrielle Softwareentwicklung für Ingenieure / C++ (Praktikum, 4 SWS)

Vogel-Heuser B, Zhao J, Land K

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

## Modulbeschreibung

### MW2138: Verbrennungstechnisches Praktikum | Combustion Technology Lab [VbtPrak]

*Wechselnde Themenstellung zu verbrennungstechnischen Technologien*

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2013/14

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Deutsch/Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester
<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:**

Zur Leistungsbewertung werden die Mitarbeit während des Praktikums und eine schriftliche Prüfung (Dauer 30 Minuten) herangezogen. Außerdem wird die Gruppenleistung bewertet. Zusätzlich wird die Abschlussdokumentation sowie die Präsentation benotet. Somit ergeben sich 5 Bewertungsteile, die mit einem Gewicht von je 20% den Mittelwert für die Gesamtnote ergeben.

#### **Wiederholungsmöglichkeit:**

Semesterende

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

Thermodynamik 1 (empfohlen), Wärmetransportphänomene (empfohlen), Fluidmechanik 1 (empfohlen)

#### **Inhalt:**

Im Rahmen des "Verbrennungstechnischen Praktikums" wird eine aktuelle Fragestellung aus dem solaren Forschungsbereich des Lehrstuhls bearbeitet. Daher unterscheidet sich das Praktikum wesentlich vom klassischen Ansatz vieler Praktika, in denen vorgegebene Versuche von den Studenten lediglich "abgearbeitet" werden müssen. Die Studenten bearbeiten dabei Ihr Projekt selbstständig in einer kleinen Gruppe von sechs Personen, wobei der Betreuer stets als Ansprechpartner für fachliche und arbeitstechnische Fragen zur Verfügung steht.

#### **Lernergebnisse:**

Ziel des Praktikums ist, die Fähigkeit zu erlernen sich in eine neue und eventuell unbekannte Aufgabenstellung einzuarbeiten. Weiter soll der Student dann in der Lage sein sich in einer neuen Arbeitsgruppe schnell zurecht zu finden und dort auftretende Konflikte souverän zu lösen. Das Praktikum bietet außerdem die Möglichkeit, seine persönlichen Fähigkeiten auf dem Gebiet des

Vortrags und bei der Dokumentation wissenschaftlicher Arbeiten zu verbessern. Auch sollen nützliche fachliche Fähigkeiten erlernt werden, die stark mit der Themenstellung korrespondieren.

**Lehr- und Lernmethoden:**

In der Vorbesprechung wird das Skript verteilt, in dem die Aufgabenstellungen, Grundlagen und die wichtigsten Regeln für das Praktikum beschrieben sind. Jede Gruppe vereinbart einen wöchentlichen Termin, bei dem Fortschritte, Probleme und die Arbeitsteilung besprochen werden. Die einzelnen Arbeitspakete werden selbständig während der Woche bearbeitet. Die Betreuer sind bei den wöchentlichen Terminen anwesend und stehen sonst nach Vereinbarung für Fragen zur Verfügung. Die Leitung der Treffen, d.h. Erstellung der Agenda und Moderation, übernimmt ein Gruppenmitglied. Ein zweites Mitglied hält die Besprechung in einem Protokoll fest. Die Ergebnisse werden in einer Dokumentation festgehalten und bei der Abschlusspräsentation den anderen Gruppen vorgestellt.

**Medienform:**

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

**Literatur:**

wird spezifisch je nach Aufgabenstellung angegeben

**Modulverantwortliche(r):**

Wen, Dongsheng; 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](#).

## PC\_UQaMM: Practical Courses: Uncertainty Quantification and Mathematical Modeling | Practical Courses: Uncertainty Quantification and Mathematical Modeling

### Modulbeschreibung

#### ED010003: Recognized Practical Courses | Recognized Practical Courses

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2024

<b>Modulniveau:</b>	<b>Sprache:</b>	<b>Semesterdauer:</b>	<b>Häufigkeit:</b>
<b>Credits:*</b> 4	<b>Gesamtstunden:</b>	<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:

#### Wiederholungsmöglichkeit:

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

#### Inhalt:

#### Lernergebnisse:

#### Lehr- und Lernmethoden:

#### Medienform:

**Literatur:**

**Modulverantwortliche(r):**

**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

### EI4585: Projektpraktikum: Wirtschaftliche Aspekte der Nanotechnologie | Project: Economic Aspects of Nanotechnology

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2025

<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 Prüfung setzt sich aus einem Bericht (50%) und einer Präsentation (50%) zusammen.

Die Verfassung des Berichts erfolgt in Teamarbeit. Dabei werden die im Seminar diskutierten Methoden wie beispielsweise Patentanalyse, Crowd-Funding, Marktanalyse oder Businessplan angewandt und wissenschaftlich ausgewertet, wobei die klare und präzise Zusammenfassung der wichtigsten Fakten und die daraus gezogenen Schlussfolgerungen im Vordergrund stehen (15-20-seitiger Bericht).

Bei der mündlichen Präsentation mit anschließender Diskussion zeigen die Studierenden, dass sie wichtige Anwendungen, Perspektiven und Chancen ausgewählter Technologien im Bereich der Nanotechnologie verstehen und im Rahmen einer Patentanalyse, Crowd-Funding, Marktanalyse oder Businessplan evaluieren können. Bei der Präsentation stehen die die Visualisierung der Ergebnisse und schlüssige Argumentationslinien im Vordergrund. (20 Minuten Präsentation, 20 Minuten anschließende Diskussion).

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Grundlegende Vorlesungen / Literatur

- Einführung in die Nanoelektronik
- Einführung in die Nanotechnologie

#### Inhalt:

Grundlagen der Nanotechnologie. Patentanmeldungen, Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten im Bereich der Nanotechnologie: Internationaler Vergleich. Überblick über wichtige Anwendungsfelder der Nanotechnologie. Anwendungen der Nanotechnologie in ausgewählten Industriebranchen: Automobilindustrie, Luft- und Raumfahrt, Bauwesen, Textilindustrie,

Energiewirtschaft, Chemie, Informations- und Kommunikationstechnik, Medizin. Chancen und Risiken der Nanotechnologie. Nanotechnologie in Deutschland.

**Lernergebnisse:**

Nach erfolgreichem Abschluss des Kurses können die Studierenden Eigenschaften von nanotechnologisch relevanten Strukturen und Elementen interpretieren sowie Herstellungsmethoden dieser Bauelemente verstehen. Ebenso wird das Vergleichen verschiedener physikalischer Effekte von Elementen der Nanotechnologie vor dem Hintergrund von Systemanwendungen möglich sein. Nach der Teilnahme sind die Studierende in der Lage, wichtige Anwendungen, Perspektiven und Chancen ausgewählter Technologien im Bereich der Nanotechnologie zu verstehen und diesem im Rahmen einer Patentanalyse, Crowd-Funding, Marktanalyse oder eines Businessplanes zu evaluieren.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Im Rahmen des Seminars werden ausgewählte Themen im Team besprochen und in kleinen Vorlesung technische Zusammenhänge vorgestellt und vertieft. Durch selbständige Gruppenarbeit werden beispielsweise Patentanalyse und Businessplan erarbeitet, und im Seminar vorgestellt. Das Verfassen eines Berichtes und einer Präsentation erfolgt ebenfalls im Team.

**Medienform:**

Informations- und Lehrmaterial wird in Form von Präsentationsfolien, wissenschaftlichen Publikationen, Handouts und themenspezifischen Skripten zur Verfügung gestellt.

**Literatur:**

Präsentationsfolien, themenspezifische kurze Anleitungen, technische Beschreibungen und wissenschaftliche Publikationen werden während des Kurses vom Tutor ausgehändigt.

Folgende Literatur wird empfohlen:

- H. Paschen et al., Nanotechnologie Springer-Verlag, 2004.
- J. Schulte (ed.), Nanotechnology: Global Strategies, Industry trends and Applications, Wiley, 2005.

**Modulverantwortliche(r):**

Weig, Eva; Prof. Dr. rer. nat.

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

Projektpraktikum: Wirtschaftliche Aspekte der Nanotechnologie (Forschungspraktikum, 4 SWS)  
Becherer M [L], Becherer M, Wilke M

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

## Modulbeschreibung

### EI7274: Praktikum Design and Simulation of Nanodevices | Practical Course Design and Simulation of Nanodevices [PDSonN]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2022

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester/ Sommersemester
<b>Credits:*</b> 5	<b>Gesamtstunden:</b> 150	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 75	<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 Modulprüfung besteht aus vier wissenschaftlichen Berichten [Gewichtung je 25%].

Die Studierenden werden in Zweiergruppen vier verschiedene Simulationsprojekte bearbeiten und je einen Bericht (~4 Seiten) pro Simulationsprojekt abgeben. In den Berichten sollen die untersuchten Bauteil-Architekturen und die verwendeten Simulations-Methoden beschrieben werden. Die Simulationsergebnisse sollen durch geeignete Graphen und Tabellen visualisiert und im Text analysiert und diskutiert werden. Die Berichte sollen den zuvor besprochenen wissenschaftlichen Standards und Best-Practices folgen.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Grundlagen der Materialphysik und der Funktionsweise von nanostrukturierten Bauelementen.

- EI0636: Nanoelectronics
- EI04032: Nano- und Quantentechnologie

Grundlagen der Programmierung und Datenverarbeitung.

- EI00110: Computertechnik und Programmieren
- EI04024: Python for Engineering Data Analysis

#### Inhalt:

In diesem Modul lernen die Studierenden verschiedene numerische Modelle zur Simulation von nano-strukturierten Halbleiterbauelementen kennen (z.B. Drift-Diffusion und Monte Carlo Methoden). Sie lernen, den generellen Arbeitsablauf von Simulationen und Computergestützten Experimenten kennen. Dies umfasst das Erstellen eines abstrakten Simulationsmodells,

die Durchführung der Simulation, sowie die Analyse, Visualisierung und Interpretation der Simulationsergebnisse. In den vier Projekten werden verschiedene Bauelemente (z.B. Dioden, Transistoren, Solarzellen, ...) untersucht und der Einfluss verschiedener Design-Parameter (z.B. Materialien, Strukturlängen, Dotierung, ...) auf die Leistungsparameter getestet.

**Lernergebnisse:**

Nach der erfolgreichen Teilnahme an diesem Modul sind die Studierenden in der Lage

- verschiedene Tools zur numerischen Simulation von nano-strukturierten Halbleiterbauelementen praktisch anzuwenden.
- Simulationsergebnisse zu visualisieren und zu analysieren.
- Simulationsergebnisse verschiedener Bauteil-Architekturen zu vergleichen und zu bewerten.
- einen wissenschaftlichen Bericht zu schreiben, in dem, unter Berücksichtigung wissenschaftlicher Standards und Best-Practices, die Projektarbeit präsentiert wird.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Dieses Modul besteht aus wöchentlichen Tutorien. Der Fokus liegt jedoch auf der selbstständigen Projektarbeit der Studierenden.

Die vier Simulationsprojekte werden von dem Dozenten in kurzen Vorlesungseinheiten eingeführt. Danach arbeiten die Studierenden in Zweiergruppen selbstständig an den Projekten. Die wöchentlichen Tutorien dienen hauptsächlich als Diskussionsplattform für die Studierenden. Der Dozent steht für Fragen und Antworten bereit, bietet Hilfe bei der Implementierung der Projekte und Feedback zu den wissenschaftlichen Berichten an.

**Medienform:**

Die Vorlesungsunterlagen werden über die Moodle Plattform bereitgestellt:

- Präsentationen
- Übungsblätter
- Zugang zu numerischen Simulations-Programmen

**Literatur:**

Literatur zu den Projekten wird von dem Tutor bereitgestellt.

**Modulverantwortliche(r):**

Gagliardi, Alessio; 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

### EI74491: Modellierung von Lithium-Ionen-Zellen | Modelling of Lithium-Ion Cells [MLZ]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2022/23

<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> 75	<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 gesamte Prüfungsleistung ergibt sich aus den Praktikumsaufgaben (80 %) in der vorlesungsfreien Zeit und einer mündlichen Prüfung (20 %) am Ende der Praktikumswoche. In der einwöchigen Praktikumsphase werden die praktischen Aufgaben einzeln bewertet. Diese ergeben in Summe 80 % der Gesamtnote. Dabei werden zum einen Rechen- und Modellierungsergebnisse, zum anderen Fleiß und Engagement der Studenten bewertet. Die Bearbeitung der Aufgaben findet in Einzelarbeit oder Zweiergruppen statt, die Benotung wird hingegen aufgeteilt, so dass Rechenergebnisse für die Gruppe, Fleiß und Engagement aber individuell bewertet werden. Die mündliche Prüfung am Ende der Woche geht auf die Fähigkeit z.B. Modelle aufzubauen sowie auf die theoretischen Grundlagen, z.B. zur Analyse von Messmethoden ein und fragt Transferdenken diesbezüglich ab. Diese ist mit 15-20 Min. pro Studierenden angesetzt und wird in Gruppen oder einzeln in mündlicher Form abgehalten.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Idealerweise wurde zuvor die Vorlesung EI70810 Batteriespeicher gehört. Kenntnisse der Elektrochemie oder der FEM sind hilfreich, aber nicht notwendig.

#### Inhalt:

Lithium-Ionen-Zellen sind komplexe Systeme, bei denen viele Disziplinen der Wissenschaft angewandt werden müssen, um ein ganzheitliches Verständnis aufzubauen. Sobald die wesentlichen Mechanismen in einer Zelle bekannt sind, können diese mit den richtigen Tools adäquat dargestellt und somit modelliert werden. Für die Modellierung solcher Systeme liefern aktuelle Rechner ausreichend Leistung bei geringem Preis, sodass entsprechend komplexe Systeme in der täglichen Anwendung keine Problemstellung mehr sind.

Es zeigt sich deutlich, dass im Bereich der Simulation die Studierenden insbesondere bei Abschlussarbeiten viel zu geringe Vorkenntnisse aufweisen, um zielgerichtet arbeiten und forschen zu können. Dementsprechend soll dieses Modul durch die intensive Vermittlung und der direkten Anwendung der fundamentalen Theorie den Studierenden das richtige Handwerkszeug mitgeben, um zum einen das System Lithium-Ionen-Zelle tiefgreifend zu verstehen und zum anderen dieses Wissen in konkrete, messbare Ergebnisse umzusetzen.

Dieses Praktikum schließt nahtlos an die in Batteriespeicher (EI70810) vermittelten allgemeinen Grundlagen an. Zu Beginn werden dazu vertiefende Grundlagen in Form einer Kurzvorlesung vermittelt. Das Themenfeld erstreckt sich dabei von den Grundlagen der Elektrochemie, des Massentransports und des Wärmetransports bis hin zu mathematischen Methoden zur Lösung der Gleichungssysteme gekoppelter Modelle mittels Finite-Elemente-Methode (FEM). Im Anschluss daran findet nach der Vorlesungszeit ein einwöchiger praktischer Teil statt. Hier wird dann jede/r Studierende unter Betreuung Teilmodelle aufbauen, lösen und interpretieren. Die verwendete Software ist COMSOL Multiphysics und Matlab, zwei bekannte und in Forschung und Industrie häufig verwendete Softwarepakete. Die aufgebauten Teilmodelle werden dann zu einem umfassenden Zellmodell zusammengefügt, welches im Abschluss an echten (zur Verfügung gestellten) Messdaten validiert wird. Dazu werden die Studenten noch in einer abschließenden mündlichen Prüfung abgefragt. Dabei liegt der Fokus auf dem ganzheitlichen Verständnis eines elektrochemischen Systems und der praxisnahen Abbildung dieser.

Somit stellt diese Lehrveranstaltung den idealen Einstieg für eine tiefergehende Betrachtung von Lithium-Ionen-Systemen sowie deren Modellierung dar. Ferner werden Grundkenntnisse des FEM-Programms COMSOL Multiphysics – in der Forschung die Referenz für gekoppelte Modelle – sowie der Industriestandardsoftware Matlab vermittelt.

### **Lernergebnisse:**

Der Student ist nach erfolgreichem Bestehen in der Lage

- die wesentlichen Prozesse in einem elektrochemischen System zu benennen und deren Größenordnung abzuschätzen;
- die Lösung partieller Differentialgleichungen anzuwenden und die Grundzüge der Finiten-Elemente-Methode (FEM) umzusetzen;
- makroskopische Modelle ganzer Zellen durch geschickte Kopplung von Submodellen geringerer Dimension aufzubauen;
- die in der Forschung als Referenz geltende FEM-Software COMSOL Multiphysics zu bedienen;
- die in der Industrie so gut wie überall verwendete Software Matlab zur Ansteuerung und Auswertung der COMSOL-Modelle zu benutzen;
- Simulationsergebnisse im Kontext von Messdaten zu analysieren und bewerten.

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

Im Rahmen des Praktikums finden unterschiedliche Lehr- und Lernmethoden Anwendung. Frontalunterricht inkl. Skript und Folien während des Semesters dienen dazu, den Studierenden die nötige Theorie und die grundlegenden Prozesse in einer Lithium-Ionen-Zelle nahezubringen. Das so gewonnene Wissen soll dann während des Praktikum-Teils zunächst in eigenständiger Arbeit dazu genutzt werden, um die Aufgabenstellungen der Praktikumswoche zu lösen. Eine Diskussion unter den Praktikumssteilnehmern ist dabei ebenfalls explizit erwünscht, um alternative

Sichtweisen zu erhalten und das Transferdenken anzuregen. Da es sich um ein betreutes Arbeiten handelt, kommt es sowohl zu individuellen Diskussionen als auch letztlich zu Diskussionen mit der gesamten Praktikumsgruppe. Um die Darstellungsfähigkeit der Studierenden zu fördern, sind die Aufgaben teils graphisch teils schriftlich zu beantworten.

**Medienform:**

Während des Semesters:

- Unterricht mit Tafel und Beamer (Vorlesungsskript & Folien erhältlich);

In der praktischen Phase:

- Je zwei Studenten an einem PC;
- Erklärungen und Diskussionen am Whiteboard;
- Ständige Präsenz eines Betreuers;

**Literatur:**

John Newman, Karen Thomas-Alyea: Electrochemical Systems, Wiley & Sons, 3rd Edition, 2004;  
Peter Atkins, Julio de Paula: Physical Chemistry, Oxford, 9th Edition, 2009;  
Vladimir Sergeevich Bagotsky: Fundamentals of Electrochemistry, Wiley & Sons, 2nd Edition, 2006;

**Modulverantwortliche(r):**

Jossen, Andreas; Prof. Dr.-Ing.

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

Praktikum Modellierung von Lithium-Ionen-Zellen (Praktikum, 4 SWS)

Jossen A, Durdel A, Zonta E

Praktikum Modellierung von Lithium-Ionen-Zellen (Vorlesung, 1 SWS)

Jossen A, Durdel A, Zonta E

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

## Modulbeschreibung

### MW0285: Mechanikpraktikum | Lab on Mechanics for Advanced Students [PraktMS]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2025/26

<b>Modulniveau:</b> 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> 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:

Schriftliche Prüfungen, je 20 min, keine Hilfsmittel 5x Test, jeweils zum Theorieteil aller 5 Versuche, doppelt bewertet

5x Versuchsdurchführung im Lab einschließlich Gespräch, einfach bewertet

5x Hausaufgabe (Fragen aus der Versuchsanleitung), einfach bewertet

Alle 5 Tests und Versuche müssen absolviert und bestanden werden, es wird daraus eine Note gebildet

#### Wiederholungsmöglichkeit:

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Grundkenntnisse zur Technischen Mechanik , besonders lineare Schwinger mit einem und zwei Freiheitsgraden

Regelungstechnik: Abtasttheorem, Frequenzgangfunktion, PT2-System

Mathematik: Fouriertransformation, Differentialgleichungen, Eigenwerte

#### Inhalt:

echanikkenntnisse werden vertieft und ergänzt im Gebiet Dynamik und Schwingungen. Ein Schwerpunkt ist die physikalische Interpretation von Schwingungsphänomenen.

Inhalt der 5 Versuche:

1. MTM -- Bestimmung der Massenträgheitsmomente und Trägheitsachsen mit einem Torsionspendel
2. Auswuchten -- Auswuchten eines starren Rotors
3. Rüttelpendel -- Stabilität parametererregter Schwingungen
4. Reibpendel -- Phasenkurven selbsterregter Schwingungen

5. Balancierstab -- Stabilisierung eines stehenden Pendels auf einem magnetgetriebenen Wagen durch einen Regelkreis (MATLAB/SIMULINK)

**Lernergebnisse:**

Nach der Teilnahme an der Modulveranstaltung ist der Studierende in der Lage, Schwingungen nach ihrem Entstehungsmechanismus zu unterscheiden, deren physikalischen Ursachen und mathematische Beschreibung zu verstehen und anzuwenden.

Speziell kann der Teilnehmer die freien, erzwungenen, parametererregten und selbsterregten Schwingungen bewerten und praktischen Anwendungen zuordnen. Er versteht damit die Zusammenhänge (z.B. Grenzykel, Stabilität), kennt die Parameter und kann Maßnahmen der Schwingungsminderung oder zur gezielten Nutzung ableiten.

Mechanikkenntnisse werden vertieft und ergänzt im Gebiet Dynamik und Schwingungen. Ein Schwerpunkt ist die physikalische Interpretation von Schwingungsphänomenen.

Speziell kann der Teilnehmer die freien, erzwungenen, parametererregten und selbsterregten Schwingungen bewerten und praktischen Anwendungen zuordnen. Er versteht damit die Zusammenhänge (z.B. Grenzykel, Stabilität), kennt die Parameter und kann Maßnahmen der Schwingungsminderung oder zur gezielten Nutzung ableiten.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Umfangreiches Selbststudium der Versuchsanleitung (ca. 20 Seiten). Beantwortung der Kontrollfragen als Hausaufgabe.

Nutzung von Sprechstunden vor dem Versuch beim Versuchsleiter (je Versuch ein anderer Doktorand des Lehrstuhles)

Präsentation (Versuchsleiter) jeweils im Theorieteil vorzu jedem Versuch, sowie Demo von Lehrmodellen zu Schwingungsphänomenen

Arbeit in 3er Gruppen an den Versuchs- und Messtechnikaufbauten im Labor, Demo durch den Versuchsleiter und eigene Aktivitäten, Gespräch und Diskussion am Versuchsstand mit dem Versuchsleiter

Hinweis zur Sprache: Das Material (Vorbereitungsskript, Theorievorträge, Hausaufgaben) ist in Deutsch gegeben. Die Tests sind in der Hauptsprache Deutsch, aber es gibt zu jeder Frage im Test eine englische Übersetzung. Antworten im Test und in der Hausaufgabe können auf Deutsch oder Englisch gegeben werden. Auf Wunsch und nach Absprache mit den anderen Gruppenteilnehmern kann die Versuchsdurchführung auch auf Englisch erfolgen. Das Praktikum richtet sich hauptsächlich an deutschsprachige Studierende.

**Medienform:**

eder Teilnehmer erhält eine ausführliche gedruckte Theorie- und Versuchsbeschreibungen (ca. 20 Seiten). Diese beinhaltet auch Kontrollfragen als Hausaufgabe.

Präsentation (Tablet-PC oder PowerPoint) jeweils im Theorieteil zu jedem Versuch, ergänzt durch Videos von Praxisbeispielen und Animationen zu Schwingungsvorgängen, Lehrmodelle zu Schwingungsphänomenen

Versuchs- und Messtechnikaufbauten im Labor, Übersichtstafel bzw. Poster an jedem Versuchsstand

Handouts (gedruckt) zu charakteristischen erwarteten Messergebnissen

**Literatur:**

Versuchsanleitung, für jeden der 5 Versuche einzeln (ca. 20 Seiten)

Beitelschmidt, Michael., Hans Dresig, H.: "Maschinendynamik. 13. Auflage," ( 2024).Dresig, H.; Holzweißig, F.: Maschinendynamik.9. neu bearb. Auflage unter Mitarbeit von L. Rockhausen, mit CD-ROM, 533 Seiten, 235 Abb., Softcover, mit 60 Aufgaben und Lösungen, Springer Verlag - Berlin Heidelberg New York 2009 <https://doi.org/10.1007/978-3-662-60313-0>

Magnus, K., Popp, K., Sextro, W.: Schwingungen: Grundlagen–Modelle–Beispiele, 2021. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-31116-2>

Experimental Vibration Analysis, Module MW1995, Lecture Script.

Skript zur Vorlesung Experimentelle Schwingungsanalyse bzw. Experimental Vibration Analysis

Harris, C.M.; Piersol, A.G.: Harris' Shock and Vibration Handbook. Fifth Edition, McGraw-Hill Book Company, New York Toronto London, 2002. ISBN 978-0071370813

**Modulverantwortliche(r):**

Rixen, Daniel; Prof. Dr.

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

Praktikum Mechanische Schwingungsphänomene (Modul MW0285) (Praktikum, 4 SWS)

Rixen D [L], Kist A, Kreutz M, Todorov B, Zobel O

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

## Modulbeschreibung

### MW0450: Praktikum Industrielle Softwareentwicklung für Ingenieure / C++ | Practical Course Industrial Software Engineering / C++ [SEPR]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2014

<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 schriftlichen Klausur (Prüfungsleistung, 60 min, am letzten Praktikumstag) und praktikumsbegleitenden Übungsleistungen. Das Modul ist bestanden, wenn die Klausur und die Übungsleistungen bestanden sind. Die Modulnote entspricht der Note der schriftlichen Klausur.

Die Übungsleistungen umfassen 39 (+1 optionale) Praktikumsaufgaben über einen Zeitraum von 5 Werktagen sowie eine finale Abnahme des Programmcodes am realen Roboter. Die Praktikumsaufgaben führen die Studierenden schrittweise in die Softwareentwicklung und C++-Programmierung ein und dienen dazu, die Fertigkeiten (praktische Umsetzung, Anwendung und Nutzung des Fach- und Methodenwissens) kontinuierlich inkl. Lernfortschritt zu überprüfen. Die Praktikumsaufgaben gelten als bestanden, wenn die 39 Aufgaben und die Inbetriebnahme erfolgreich (Überprüfung per Test und mündlicher Abnahme) abgeschlossen wurden.

Am Ende des Praktikums findet eine schriftliche Prüfung statt (60 min, keine Hilfsmittel erlaubt), in der Fach- und Methodenwissen zur objektorientierten Programmierung in C++ sowie die Anwendung auf Implementierungsbeispiele geprüft wird.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

MW2206: Vorlesung Grundlagen der modernen Informationstechnik I+II (empfohlen)

MW1918: Vorlesung Industrielle Softwareentwicklung für Ingenieur:innen (empfohlen)

**Inhalt:**

Das Praktikum Industrielle Softwareentwicklung für Ingenieure / C++ vermittelt grundlegende Fähigkeiten und Fertigkeiten im Umgang mit Software für eingebettete Systeme. Hierfür werden die Kenntnisse aus dem Grundstudium in C-Programmierung aufgefrischt und mit den Besonderheiten der Programmiersprache C++ ergänzt. Neben der Einführung in das Paradigma der objektorientierten Programmierung wird die Verwendung von C++ in eingebetteten Systemen vermittelt.

**Lernergebnisse:**

Nach der Teilnahme am Praktikum Industrielle Softwareentwicklung für Ingenieure / C++ besitzen die Studierenden theoretische und praktische Kenntnisse für die selbstständige Entwicklung objektorientierter Programme in C++ sowie grundlegende Strategien und Fertigkeiten zur Anbindung von Sensorik, Ansteuerung von Aktorik sowie die Anbindung von Peripheriegeräten in eingebetteten Systemen.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Umsetzung der praktischen Aufgaben im Computerraum unter persönlicher Anleitung und Betreuung, Schriftliches Testat am Ende des Praktikums

**Medienform:**

Einführungspräsentation, Praktikumsskript inklusive Aufgaben

**Literatur:**

- Helmut Elenkötter: C++ Objektorientiertes Programmieren von Anfang an; ISBN 3-499-60077-3
- Bjarne Stroustrup: Einführung in die Programmierung in C++; ISBN 3-868-94005-7
- Jürgen Wolf: Grundkurs C++: C++-Programmierung verständlich erklärt; ISBN 3-836-22294-9

**Modulverantwortliche(r):**

Vogel-Heuser, Birgit; Prof. Dr.-Ing.

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

Praktikum Industrielle Softwareentwicklung für Ingenieure / C++ (Praktikum, 4 SWS)

Vogel-Heuser B, Zhao J, Land K

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

## Modulbeschreibung

### MW0678: Angewandte FE-Simulation in Ur- und Umformtechnik | Applied FE-Simulation in Casting and Metal Forming [PFE]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2011/12

<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> 70	<b>Präsenzstunden:</b> 50

\* 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 sind in einem Kurztestat zu jedem Termin auf verschiedene Problemstellungen anzuwenden.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

#### Inhalt:

Im Praktikum "Angewandte FE-Simulation in der Ur- und Umformtechnik" werden zunächst einige einfache theoretische Grundlagen vermittelt. Diese Grundlagen werden im weiteren Verlauf anhand von Simulationsbeispielen aus dem Gießereiwesen, der Umformtechnik und dem Schneiden vertieft. Die StudentInnen simulieren anschließend selbständig mit gestellten CAD-Daten unterschiedliche Fertigungsvorgänge und lernen dadurch gängige Simulationsprogramme kennen.

#### Lernergebnisse:

Nach Teilnahme an der Modulveranstaltung Praktikum Angewandte FE-Simulation in der Ur- und Umformtechnik sind die Studierenden in der Lage, die Anwendung der Methode der Finiten Elemente auf Problemstellungen der Blechumformung sowie des Schneidens sowie in Gießprozessen zu verstehen. Die erworbenen Kenntnisse lassen sich auch auf andere Felder der FE-Simulation übertragen.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Nach der Vermittlung von Grundkenntnissen der FEM in Form von Vortrag und Präsentation werden diese Kenntnisse in der Anwendung von FE-Programmen praxisnah vertieft. Dabei wird auf Problemstellungen aus den Bereichen Gießsimulation, Umform- und Schneidsimulation eingegangen.

**Medienform:**

Vortrag, Präsentation, PC mit Beamer,  
Arbeit mit FE-Simulationsprogrammen

**Literatur:**

Klein, B.; FEM, Springer-Verlag

**Modulverantwortliche(r):**

Volk, Wolfram; Prof. Dr.-Ing.

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

Praktikum Angewandte FE-Simulation in der Ur- und Umformtechnik (Praktikum, 4 SWS)

Maier L [L], Hartmann C, Maier L

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

## Modulbeschreibung

### MW1068: Composite-Bauweisen - Praktikum | Practical Training in Materials and Process Technologies for Carbon Composites [PCB]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2020

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Deutsch/Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester
<b>Credits:*</b> 4	<b>Gesamtstunden:</b> 120	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 70	<b>Präsenzstunden:</b> 50

\* 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 wird das Erreichen der angestrebten Lerninhalte überprüft.

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:

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Faser-, Matrix-, und Verbundwerkstoffe mit ihren Eigenschaften  
Fertigungsverfahren für Composite-Bauteile  
Auslegung und Bauweisen von Composite-Strukturen

#### Inhalt:

Werkstoffauswahl , Fertigungstechnologien und Konstruktionsvorgaben zur faserverbundgerechten Auslegung werden an konkreten Bauteilen aus unterschiedlichen Anwendungsbranchen erörtert. Neben den technologischen Anforderungen stehen auch die wirtschaftlichen Gesichtspunkt im Fokus. Exkursionen zu Firmen mit Besichtigung der Serienproduktion von Faserverbundbauteilen runden das Praktikum ab.

**Lernergebnisse:**

Nach der Teilnahme an der Modulveranstaltung "Praktikum für Composite-Bauweisen" sind die Studierenden in der Lage Materialien und Fertigungstechnologien nach entsprechenden Spezifikationen für einen konkreten Anwendungsfall auszuwählen. Sie können die Einflußgrößen in der Auslegung von Bauteilkomponenten nach wirtschaftlichen und technologischen Gesichtspunkten analysieren und bewerten. Die Studierenden sind in der Lage neue Erkenntnisse aus der Forschung auf den Praxisfall umzulegen.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Die Praktikumstermine gliedern sich in theoretische und Exkursionstermine. Im Rahmen der theoretischen Veranstaltungen werden die Fragestellungen mittels Power Point Folien präsentiert und anschließend in der Gruppe diskutiert. Danach werden spezifischen Aufgaben in Kleingruppen erarbeitet und anschließend vorgetragen. Bei den Exkursionsterminen werden die Unternehmen von Firmenvertretern vorgestellt und die Produktion in Rundgängen besichtigt.

**Medienform:**

Vortrag, Präsentation mit Powerpoint Folien, Tafelbild, Beamer

**Literatur:**

Neitzel Manfred; Mitschang, Peter; Handbuch Verbundwerkstoffe: Werkstoffe, Verarbeitung, Anwendung (3-446-22041-0); Faserverbundbauweisen Eigenschaften Mechanische. konstruktive. thermische. elektrische. ökologische. wirtschaftliche Aspekte (3-540-00636-2)

**Modulverantwortliche(r):**

Drechsler, Klaus; Prof. Dr.-Ing.

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

Praktikum zu Composite-Bauweisen (Praktikum, 4 SWS)

Drechsler K [L], Dörr P, Jäger C, Kind K, Wettemann T

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

## Modulbeschreibung

### MW1104: Einführung in die nukleare Sicherheitsanalyse von Kernreaktoren mit Reaktorsicherheitssoftware | Introduction to Nuclear Safety Analysis of Nuclear Reactors with State-of-Art Computer Programs [NTech P1]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2011/12

<b>Modulniveau:</b> Bachelor/Master	<b>Sprache:</b> Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester
<b>Credits:*</b> 4	<b>Gesamtstunden:</b> 120	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 50	<b>Präsenzstunden:</b> 70

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

#### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Fortschrittskontrolle anhand der erstellten Modelle und Auswertungen (schriftlich / mündlich).  
Prüfungsart abhängig von der Teilnehmerzahl.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

- Studenten ab dem 5. Semester
- Grundkenntnisse in Bereichen der Nukleartechnik und Thermohydraulik empfehlenswert

#### Inhalt:

Das Praktikum bietet eine Einführung in die nukleare Sicherheitsanalyse mit Hilfe von Computerprogrammen. Dabei werden Modelle für Kernkraftwerke erstellt, Simulationen durchgeführt und Ergebnisse interpretiert.

#### Hauptthemen:

- Einführung in den wesentlichen Aufbau moderner Leichtwasserreaktoren

- Einführung in nukleare Sicherheitskonzepte und Analyseprogramme
- Modellierung und Simulation einfacher Anlagenkomponenten
- Simulation des thermalhydraulischen Verhalten eines Leichtwasserreaktors unter transienten Bedingungen

Für das Praktikum werden die Simulationsprogramme TRACE (U.S. NRC) und ATHLET (Gesellschaft für Reaktorsicherheit) an den Rechnern im PC-Pool des Lehrstuhls verwendet.

### **Lernergebnisse:**

- Modellierung einfacher Anlagenkomponenten
- Simulation von stationären Modellen
- Simulation von Transienten
- Online-Visualisierung der Simulationen
- Auswertung und Interpretation von Simulationsergebnissen
- Erstellung einer probabilistischen Sicherheitsanalyse

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

- Powerpoint Präsentation zur Einführung in die Theorie
- Das Praktikum wird in Teams an den PCs im Computerpool des Lehrstuhls durchgeführt

### **Medienform:**

- Powerpoint Präsentation
- Das Praktikum wird in Teams an den PCs im Computerpool des Lehrstuhls durchgeführt

### **Literatur:**

Thermal Analysis of Pressurized Water Reactors,  
L.S. Tong & J. Weisman

The Thermal-Hydraulics of a Boiling Water Nuclear Reactor,  
R.T Lahey, Jr. & F.J. Moody

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 nukleare Sicherheitsanalyse von Kernreaktoren mit Reaktorsicherheitssoftware  
(Praktikum, 4 SWS)

Macián-Juan R [L], Li T

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

## Modulbeschreibung

### MW1277: Simulation of Thermofluids with Open Source Tools | Simulation of Thermofluids with Open Source Tools

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2012

<b>Modulniveau:</b> Bachelor/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> 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:

Wöchentliche Aufgaben sind in Form eines kurzen Berichtes abzugeben. Am Ende des Semesters werden in Zweiergruppen Simulationsprojekte mit OpenFOAM bearbeitet und anhand eines Berichtes und einer Präsentation (15 Min.) abgeprüft.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Grundlagen der Numerik, turbulente Strömungen, Strömungsmechanik, Wärmeübertragung, Verbrennung, Mehrphasenströmung, Programmiersprache (vorzugsweise C++), Linux-basiertes Betriebssystem

#### Inhalt:

Heutzutage wird zunehmend Open-Source-Software eingesetzt, da sie die Leistungs- und Qualitätsanforderungen von Wissenschaft und Industrie zu geringeren Kosten als kommerzielle Lösungen erfüllt. Ein sehr beliebtes Open-Source-Softwarepaket für die rechnerische (Thermo-)Fluiddynamik (CFD) ist OpenFOAM®. Dieses Paket basiert auf der objektorientierten Programmiersprache C++, die eine große Flexibilität und Erweiterbarkeit des Codes ermöglicht, was die Anpassung an ein breites Spektrum von Problemen erleichtert. Die Freiheit und die Flexibilität haben jedoch einen Preis: Das Erlernen des Tools ist eine Herausforderung. Daher besteht das Hauptziel des Kurses darin, die Teilnehmer nach dem Motto "learning by doing" an die Verwendung und Anpassung von OpenFOAM® heranzuführen.

Der Kurs ist in 9 Sitzungen/Wochen unterteilt.

(1) Einführung in Linux und OpenFOAM®.

Nach einem kurzen Überblick über die Linux-Tools, die für die Interaktion mit OpenFOAM® benötigt werden, wird der Weg zur Formulierung eines CFD-Problems besprochen. Dann wird ein erster Fall ausgeführt und nachbearbeitet.

(2) Wärmeübertragung in einer Platte.

Die Struktur eines Solvers für den Wärmeübergang in einem festen Material wird vorgestellt. Dieser Solver wird auf eine ebene 2D-Konfiguration angewendet.

(3) Wärmeübertragung in einem Kühler.

Der bisherige Löser wird modifiziert, um einen defekten Kühler zu analysieren.

(4) Strömung in einem Kanalrohr.

Dieser Fall wird das erste untersuchte fluiddynamische Problem sein. Es wird eine laminare Strömung in einem Rohr simuliert.

(5) Örtlich beheizte Kanalrohrströmung.

Die Elemente der beiden vorangegangenen Übungen werden kombiniert, um einen neuen Löser für ein Thermo-Fluid-Problem bei niedriger Reynoldszahl zu erstellen.

(6) RANS-Löser für turbulente Strömungen.

Verschiedene Modelle für die Turbulenz werden auf eine Rückwärtsschritt-Konfiguration angewendet.

(7) Verbrennung.

Die verschiedenen Ansätze zur Simulation einer reaktiven Strömung in OpenFOAM® werden vorgestellt.

(8) Mehrphasenströmungslöser.

Die Volume of Fluid-Methode (VoF) wird als Lösung für zwei inkompressible, isotherme, nicht mischbare Fluide vorgestellt. Da diese Konfigurationen viele Ressourcen benötigen, wird der Fall parallel (d.h. mit mehr als einem Prozessor) auf unserem Cluster gelöst. Darüber hinaus wird die Erstellung neuer Randbedingungen eingeführt.

(9) Lagrangescher Löser.

Der übliche Weg zur Lösung kontinuierlicher Felder (z.B. Druck oder Energie) ist die Verwendung eines Eulerschen Ansatzes. Für diskrete Phasen (z.B. ein Sprühstrahl in einem Gas) ist jedoch der Lagrangesche Ansatz interessanter. In diesem Kapitel wird ein Lagrangescher Löser von OpenFOAM® vorgestellt. Ein neues Modell für die Injektion der Partikel wird implementiert und auf den Testfall angewendet.

Die Studierenden haben die Möglichkeit, an einem Teamworkshop und einem Präsentationscoaching in Kleingruppen teilzunehmen, die vom ZSK (Zentrum für Schlüsselkompetenzen) angeboten werden.

### **Lernergebnisse:**

Nach Abschluss des Kurses sind die Teilnehmer in der Lage:

- ein breites Spektrum von CFD-Problemen mit OpenFOAM® zu lösen (Wärmeübertragung, inkompressible/kompressible Strömungen, turbulente Strömungen, Mehrphasenströmungen, Verbrennung, dispergierte Strömungen).
- Verwendung von ParaView zur Visualisierung der Ergebnisse von OpenFOAM®.
- Die Codestruktur von OpenFOAM® verstehen und die Verfahren zur Kompilierung von Solvern und Utilities kennen.

- den richtigen Solver für einen bestimmten CFD-Fall zu identifizieren.
- eine Vielzahl von CFD-Fällen methodisch aufbauen können.
- Eigene Simulationsergebnisse kritisch zu bewerten.
- bestimmte Solver und Hilfsprogramme in OpenFOAM® zu erstellen.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Alle Vorlesungen und Übungen beschäftigen sich mit praktischen Beispielen der Simulation thermofluidodynamischer Phänomene, die in verschiedenen Studienbereichen wie Maschinenbau, Chemieingenieurwesen, Bauingenieurwesen, angewandte Mathematik und Materialwissenschaften - um nur einige zu nennen - essenziell sind. Die Beispiele werden mit PowerPoint Folien theoretisch eingeleitet und zum Ende jeder Vorlesung mit Anwendungsbezug erklärt. Anschließend findet eine Rechnerübung statt, in der die Studierenden das Problem der Vorlesung eigenständig simulieren.

**Medienform:**

Präsentationen, Übungsskript

**Literatur:**

Polifke und Kopitz, Wärmetransport, 2.Auflage, Pearson-Verlag, 2009; Incropera et al., Heat and Mass Transfer, 6.Auflage, John Wiley & Sons, 2007; Press et al. Numerical Recipes 3rd Edition;

**Modulverantwortliche(r):**

Polifke, Wolfgang; Prof. Dr.

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

Simulation of Thermofluids with Open Source Tools (Praktikum, 4 SWS)

Polifke W [L], Niebler K, Desor M

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

## Modulbeschreibung

### MW1382: Simulation von Composites | Simulation of Composites [SOC]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab 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:

In einer mündlichen bzw. schriftlichen Prüfung sind die vermittelten Inhalte auf verschiedene Problemstellungen anzuwenden. Zu Beginn jedes Praktikumtermins werden zum jeweiligen Thema Fragen in schriftlicher Form gestellt.

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:

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Faser-, Matrix-, und Verbundwerkstoffe mit ihren Eigenschaften ; Fertigungsverfahren für Composite-Bauteile  
 Prozesssimulation und Materialmodellierung von Composites  
 Finite Elemente

#### Inhalt:

In diesem Modul werden theoretische Grundlagen der Simulation in praktischen Beispielen und durch selbstständige Arbeit vertieft. Dabei wird im Besonderen auf die Relevanz der Simulation der Fertigungsprozesskette von CfK-Bauteilen eingegangen. Einzelne Lehrinhalte sind u.a.:

- Mikro-/ Mesomechanik
- Klassische Laminattheorie

- Versagsmodellierung
- Preform-Simulation
- Liquid Composite Moulding Simulation
- Process-induced Deformations Simulation
- Struktursimulation
- fertigungsgerechte Optimierung

**Lernergebnisse:**

Nach der Teilnahme an der Modulveranstaltung "Simulation von Composites" sind die Studierenden in der Lage, eigenständig Simulationsmodelle zu den verschiedenen Problemstellungen zu erstellen, die Simulationen durchzuführen und die Ergebnisse der Simulationen in die Praxis zu übertragen.

Dadurch ist der Student in der Lage verschiedenste Prozessschritte simulativ zu untersuchen und entsprechend zu bewerten.

**Lehr- und Lernmethoden:**

In der Vorlesung werden die Lehrinhalte anhand von Vortrag, Präsentation vom Lehrenden vermittelt. Zusätzlich führen die Studenten nach Einleitung des Lehrenden selbstständig Simulationen durch, um durch praktische Umsetzung das erlernte Wissen zu vertiefen.

**Medienform:**

Vortrag, Präsentation, Tafelanschrieb, Beamer, Online-Lehrmaterialien, Simulationssoftware

**Literatur:**

Flemming, Manfred ;Ziegmann, Gerhard; Roth, Siegfried; Faserverbundbauweisen Fasern Matrices (3-540-58645-8); Faserverbundbauweisen Halbzeuge und Bauweisen (3-540-60616-5); Faserverbundbauweisen Eigenschaften Mechanische. konstruktive. thermische. elektrische. ökologische. wirtschaftliche Aspekte (3-540-00636-2)  
Long, A. C., Composite Forming Technologies, Woodhead Publishing Limited, 2007, 978-1-84569-033-5  
Schürmann, H. Konstruieren mit Faser-Kunststoff-Verbunden Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2007, 978-3540721895  
Long, A.C. Design and Manufacture of Textile Composites; Woodhead Publishing Ltd; 2005; 978-1855737440

**Modulverantwortliche(r):**

Drechsler, Klaus; 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

### MW1846: Praktikum Numerische Strömungssimulation | Computational Fluid Dynamics - Practical Course [PNSS]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2012

<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> 68	<b>Präsenzstunden:</b> 52

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

#### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Immanenter Prüfungscharakter; Abfrage von Ergebnissen der zu bearbeitenden Aufgaben mittels vorbereiteter Formulare; Kurzpräsentation

#### Wiederholungsmöglichkeit:

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Fluidmechanik I, Fluidmechanik II, angewandte CFD, Grundlagen der numerischen Strömungsmechanik, turbulente Strömungen, Gasdynamik

#### Inhalt:

Einführung in die Verwendung der kommerziellen Software ANSYS-CFX zur Strömungssimulation an Hand der Bearbeitung von fluidmechanischen Problemstellungen (Umströmung eines 2D-Flügelprofils, Kanaleinlauf, konvergent-divergente Düse mit Reibung und Wärmezufuhr, freie Konvektion) Ablauf: (i) gegebene Rechengitter importieren, (ii) Start- und Randbedingungen definieren; (iii) geeignete physikalische und numerische Modellierung wählen, (iv) numerische Simulation durchführen; (v) Postprocessing unter Verwendung von Scripts und Macros (vi) Qualität der Vorhersage prüfen.

#### Lernergebnisse:

Fähigkeit, ein Strömungsproblem mittels kommerzieller CFD-Software in einem strukturierten Prozess zu untersuchen. Fähigkeit der kritischen Beurteilung der Ergebnisse und Verständnis der Sensitivität der Prognose bezüglich Details der physikalischen und numerischen Modellierung.

#### Lehr- und Lernmethoden:

Rechnerübungen

**Medienform:**

Rechnerübungen mit kommerzieller CFD-Software

**Literatur:**

Ferziger & Peric: Numerische Strömungsmechanik, Springer-Verlag. Handbücher zur CFD-Software ANSYS-CFX: (i) introduction, (ii) CFX-Pre user's guide (iii) CFX-Post user guide, (iv) CFX-Solver modeling guide, (v) CFX-Solver theory guide, (vi) Reference guide, (vii) Tutorials.

**Modulverantwortliche(r):**

Kaltenbach, Hans-Jakob; Prof. Dr.-Ing.

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

Praktikum Numerische Strömungssimulation (MW1846) (Praktikum, 4 SWS)

Kaltenbach H [L], Kaltenbach H, Manjon Villasante J

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

## Modulbeschreibung

### MW2079: Weltraumthermalsimulation | Thermal Space Simulation

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2020

<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> 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:

Nach Abschluss des Praktikums findet eine schriftliche Prüfung statt, in der das in der Lehrveranstaltung vermittelte theoretische und praktische Wissen abgefragt wird.

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:

Besuch der Vorlesung "Grundlagen der Raumfahrttechnik" und/oder "Raumfahrzeuentwurf".  
Erfahrung mit der Programmiersprache MATLAB. Eigenständiges Arbeiten.

#### Inhalt:

Im Praktikum werden die Grundlagen der Wärmeübertragung im Weltraum, der Thermalkontrolle von Raumfahrzeugen, der Thermalmodellierung und Thermalanalyse vermittelt. Hauptaugenmerk ist die Anwendung der professionellen Thermalsoftware ESATAN TMS, die in der Raumfahrtindustrie häufig verwendet wird. Anhand des Fallbeispiels eines CubeSat-Modells soll das thermische Verhalten für verschiedene Anwendungsfälle mithilfe von ESATAN TMS simuliert und analysiert werden. Die Ergebnisse der Thermalanalyse werden anschließend in Thermal-

Vakuum Tests validiert. Die Vorbereitung, Durchführung und Auswertung der Thermal-Vakuum Tests wird von den Studenten im Labor durchgeführt.

**Lernergebnisse:**

Die Studenten lernen neben den Grundlagen der Thermalmodellierung und -Simulation von Raumfahrzeugen an konkreten Beispielen die Verwendung von einschlägiger Software und den Ablauf von Thermal-Vakuum-Tests. Die praktischer Erfahrung auf diesen Gebieten ist eine wichtige Zusatzqualifikation für eine spätere Anstellung im Bereich Raumfahrttechnik. Darüber hinaus werden den Studenten praktische Herangehensweisen an Modellierung und Test vermittelt, die sich auch auf andere Fachbereiche anwenden lassen. Zusätzlich können die in verwandten Vorlesungen vermittelten Lehrinhalte praktisch angewandt und damit vertieft werden.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Die Termine setzen sich aus Theorie-Vermittlung durch Präsentationen, Expertenvorträgen zu ausgewählten Themenbereichen und regelmäßiger praktischer Arbeit, z.B. Thermal-Modellierung, Simulation, Versuchsplanung und -Durchführung im Labor zusammen.

**Medienform:**

Präsentationen, Gruppenarbeit, Software-Tutorials, Laborarbeit

**Literatur:**

Präsentationsfolien aus der Lehrveranstaltung, ggf. zusätzliche Standardliteratur (wird in der Lehrveranstaltung zur Verfügung gestellt)

**Modulverantwortliche(r):**

Ulrich Walter (walter@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

### MW2133: Numerical Thermo-Fluids - From Differential Equations to Deep Learning | Numerical Thermo-Fluids - From Differential Equations to Deep Learning [NTF]

*Numerical Thermo-Fluids - from differential equations to deep learning*

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2021/22

<b>Modulniveau:</b> Bachelor/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:

The module examination takes place in the form of an exercise. This exercise consists of eight programming tasks (MATLAB programs) during the sessions (account for 2/3s of the grade) and a final project including a short report (~10 pages) and presentation (12 min), that accounts for 1/3 of the final grade.

The Evaluation criteria of the MATLAB programs are functionality, structure, universality, utilization of MATLAB syntax, commenting, and quality of program output, i.e. numerical results.

This is to demonstrate that the students are able to implement basic numerical algorithms in the MATLAB programming language, or to use functions and tools already implemented in MATLAB as well as to understand the solution approaches to selected problems dealing with thermo-fluid dynamics and apply what they have learned to analogous problems from all areas of engineering.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Successful completion of the lectures Advanced Mathematics 1,2,3, Thermodynamics I, Heat Transport Phenomena and Mathematical Tools.

#### Inhalt:

The practical course "Numerical Thermo-Fluids - From Differential Equations to Deep Learning" teaches knowledge of the most important numerical algorithms as well as the principles of good programming.

Besides classical numerical approaches, the participants will get to know the basic principles of machine learning and deep learning.

Advantages and disadvantages of different methods will be discussed, enabling a differentiated interpretation and critical evaluation of numerical results.

The algorithms will be implemented by the participants in the programming environment MATLAB, dealing with exemplary problems in the field of thermo-fluid dynamics and heat transfer.

### **Lernergebnisse:**

After successful completion of the module, the participants will be able to implement basic numerical algorithms in the MATLAB programming language, or to use functions and tools already implemented in MATLAB. Furthermore, they will understand the basic concepts of deep learning and will be able to create and train neural networks using the Deep Learning Toolbox provided by MATLAB.

The students will be able to understand the solution approaches to selected problems dealing with thermo-fluid dynamics and apply what they have learned to analogous problems from all areas of engineering.

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

Materials and scripts will be provided to the students in a timely manner.

The lecture covers the theoretical fundamentals of the following topics: Numerical Computation, Solving Ordinary Differential Equations, Runge-Kutta Methods with Adaptive Step Size, Solving Partial Differential Equations, Introduction to Machine Learning, Introduction to Neural Networks, Backpropagation and Neural Network Architectures, Physics Informed Neural Networks.

After each lecture, the students apply the theoretical content by implementing the corresponding algorithms and functions in MATLAB.

### **Medienform:**

Moodle, slides, lecture notes

### **Literatur:**

"Wärmeübertragung" by W. Polifke and J. Kopitz, Pearson, 2009;

"Numerical recipes in C", Brian P Flannery, William H Press, Saul A Teukolsky und William Vetterling. 1992, URL: <http://www.nr.com/>;

"Deep Learning" by Ian Goodfellow, Yoshua Bengio and Aaron Courville, MIT Press, 2016

### **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](http://campus.tum.de) oder [hier](#).

## Modulbeschreibung

### MW2134: Computational Thermo-Fluid Dynamics | Computational Thermo-Fluid Dynamics [CTFD]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2014/15

<b>Modulniveau:</b> Bachelor/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:

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Semesterende

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Es wird empfohlen, dass die Studierenden vor der Anmeldung zu diesem Kurs Wärme- und Stoffübertragung sowie Numerische Methoden für Ingenieure (Lehrstuhl für Computational Mechanics) besuchen.

#### Inhalt:

Der Kurs bietet einen Überblick über grundlegende numerische Methoden, die in der Thermofluidynamik verwendet werden, sowie eine Einführung in gute Programmierpraktiken in einer Hochsprache (Matlab). Der Ansatz des Kurses besteht darin, sowohl die Struktur der partiellen Differentialgleichungen, die den Wärmetransport beschreiben, als auch die numerischen Algorithmen, die sich am besten zur Lösung dieser Gleichungen eignen, miteinander zu verbinden. Dieser Ansatz wird zur Lösung typischer Probleme der Thermofluidynamik verwendet, insbesondere der Wärmeleitung (Fourier-Gleichung). Es wird erwartet, dass die Studierenden am Ende des Kurses ihr Verständnis für Wärmeübertragungsphänomene durch die Durchführung mathematischer, numerischer und physikalischer Analysen der partiellen Differentialgleichungen, die den Wärmetransport beschreiben, verbessern.

Während der 8 Kurseinheiten werden die Studenten Matlab-Algorithmen schreiben, die bestimmte Aufgaben erfüllen, um ein gegebenes thermofluidynamisches Problem zu lösen. Die Studenten werden in Zweiergruppen im Studentenrechnerraum des Lehrstuhls für Thermodynamik arbeiten.

Zu Beginn jeder Sitzung werden in einer kurzen Vorlesung sowohl die zu untersuchenden physikalischen Phänomene als auch die zu verwendenden numerischen Algorithmen vorgestellt.

Im letzten Drittel des Semesters führen die Studierenden individuelle Projekte durch. Es wird bewertet, wie gut die Studierenden in der Lage sind, Probleme der Thermofluidynamik als Summe von zwei Beiträgen zu behandeln: physikalisches Verständnis der Gleichungen, die ein bestimmtes Phänomen beschreiben, und Implementierung des dazugehörigen, am besten geeigneten numerischen Algorithmus.

Die folgenden Methoden werden berücksichtigt (die zugehörigen physikalischen Probleme sind in Klammern angegeben):

Finite-Differenzen-Methode (2D-Wärmegleichung mit variabler Temperaturleitfähigkeit); Finite-Volumen-Methode (2D-Wärmegleichung in einem strukturierten unregelmäßigen Netz, Wärmeübertragung durch eine Rippe); Finite-Elemente-Methode (1D-Wärmegleichung); Gauß-Seidel-, SOR-Ansätze als iterative Methoden zur Lösung großer linearer Systeme, die aus Finite-Differenzen-, Finite-Volumen- oder Finite-Elemente-Methoden abgeleitet sind (1D/2D-Wärmegleichung); instationäre Probleme: Fourier-Analyse des Fehlers, explizite und implizite Schemata, Runge-Kutta-Methoden, Charakteristiken und CFL-Bedingungen (instationäre 2D-Wärmegleichung, 1D-Konvektionsgleichung); Green-Funktionen und numerische Integration (2D-Wärmegleichung mit verteilter Quelle); Lösen nichtlinearer Systeme: Newton-Raphson (1D stetige Euler-Gleichungen), Optimierung: Suchmethoden, Gradientenmethoden, Constraint-Optimierung (Optimierung einer Rippenform zur Maximierung des Wärmeübergangs).

Die Studierenden haben die Möglichkeit, an einem Teamworkshop und einem Präsentationscoaching in Kleingruppen teilzunehmen, die vom ZSK angeboten werden.

### **Lernergebnisse:**

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

Team- und Einzelarbeit, Präsentationen der Studierenden, Vorträge.

### **Medienform:**

### **Literatur:**

KUZMIN D. A guide to numerical methods for transport equations. Friedrich-Alexander-Universität, 2010.

MORTON, K. W., AND MAYERS, D. F. Numerical solution of partial differential equations. Cambridge University Press, 2005.

Kevin D. Cole, James V. Beck, A. Haiji-Sheik, and Bahman Litkouhi. Heat conduction using Green's functions. CRC Press, 2011.

**Modulverantwortliche(r):**

Silva Garzon, Camilo Fernando; Dr. habil.

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

Computational Thermo-Fluid Dynamics (Praktikum, 4 SWS)

Polifke W [L], Varillon G, Silva Garzon C

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

## Modulbeschreibung

### MW2181: Praktikum Windkraftanlagen Simulation | Lab Course Wind Turbine Simulation

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2014

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Zweisemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester
<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:

Students will be evaluated on an individual basis based on participation, outputs of the preliminary assignments and from the output of the last assignment. The last assignment will need to be presented in the last session. Pass or fail policy, no final grade will be issued

#### Wiederholungsmöglichkeit:

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Knowledge in engineering mechanics and aerodynamics. Wind turbine design knowledge is welcome but not mandatory

#### Inhalt:

The course primary aims at develop basic understanding of simulation models and methods to design modern multi-megawatt wind turbines. First, the students will gain the ability to perform simulations of wind turbines in a variety of operating conditions, using the aeroelastic code Cp-Lambda. Secondly, students will become able to evaluate the performance of a wind turbine, to conduct load analyses according to certification guidelines and finally to process and interpret the results of simulations.

Students will be asked to develop small week assignments in order to build up the technical knowledge in preparation for the last larger assignment. The last assignment consists of analyzing a turbine that shows a design issue. The goal is to first identify the problem and then provide design suggestions to solve it.

### **Lernergebnisse:**

After successfully completing the course, students will have an understanding of the modern methods to model, simulate and design multi-megawatt conventional wind turbines. They will have a knowledge of wind turbine aerodynamics and structural dynamics, and they will understand the main strategies used for controlling these machines over their complete operating range. They will be able to develop simulation and evaluate the performance of a wind turbine. They will also be able to conduct load analysis following the international certification guidelines. Finally, particular emphasis will be placed on the machine design, with the students that will be able to identify potential issues in the design of a wind turbine and will be able to suggest design improvements.

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

Learning method:

In addition to the individual methods of the students consolidated knowledge is aspired by repeated lessons in exercises and tutorials.

Teaching method:

2 introductory theoretical lectures on aeroelasticity, wind turbine modeling and wind turbine design. 7 exercise sessions using computers, with discussion and correction of the preliminary assignments. 5 last sessions to help the students developing their final assignment.

### **Medienform:**

The following kinds of media are used:

- Class room lectures with and without the use of PC
- Lecture notes (handouts)
- Exercises with the wind turbine modeling tool Cp-Lambda that will be provided to students together with a full wind turbine model

### **Literatur:**

Course material will be provided by the instructor. Students will receive the aeroelastic code Cp-Lambda together with a full model of a multi-megawatt wind turbine.

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):**

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

## Modulbeschreibung

### MW2268: Praktikum Numerische Strömungsakustik | Computational Aeroacoustics - Practical Course

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2022/23

<b>Modulniveau:</b> 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:

Die Modulprüfung erfolgt an Hand von Projektberichten (Hausaufgaben) zu 6-10 Kurzprojekten, die im Praktikum mittels spezifischer Software in Form von bereit gestellten MATLAB-Skripten bearbeitet werden. Die Berichte beantworten die in den Aufgabenblättern formulierten Fragen mit quantitativen Angaben in tabellarischer oder graphischer Form. Damit wird überprüft, inwieweit die Teilnehmer in der Lage sind, akustische Fragestellungen mittels numerischer Verfahren zu lösen und die Qualität der Lösungen zu analysieren.

Zusätzlich werden die Teilnehmer stichprobenartig aufgefordert, den Lösungsweg und die Struktur der MATLAB-Skripte zu erläutern und Ihre Fähigkeit in der Festlegung wichtiger Parameter, in der Programmbedienung und in der Auswertung und Analyse der Ergebnisse zu demonstrieren. Damit wird gewährleistet, dass die Projektarbeit eigenständig durchgeführt wurde und die Kompetenz in der Anwendung numerischer Simulationsverfahren erworben wurde.

Die Bewertung der 6-10 Berichte zu den Kurzprojekten erfolgt mittels Vergabe von Punkten für die Bearbeitung von Teilaufgaben. Die Gesamtnote der Modulprüfung wird anhand der erreichten Gesamtpunktzahl festgelegt. Zum Bestehen müssen mindestens 2/3 der Kurzprojekte bearbeitet worden sein und mindestens 50% der Gesamtpunktzahl (Summe über alle Projekte) erreicht worden sein.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Semesterende

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Numerische Strömungsakustik (Vorlesung parallel zum Praktikum), Grundlagen der numerischen Strömungsmechanik oder angewandte CFD.

### **Inhalt:**

- Lösung der linearisierten Eulergleichungen (LEE) in 1D und 2D mittels Finite-Differenzen-Verfahren. Untersuchung von Eigenschaften und Genauigkeit (dispersiver und dissipativer Fehler).
- Einfluss der Abbruchfehlerordnung der räumlichen Diskretisierung auf Phasen- und Gruppengeschwindigkeit bei einem Anfangswertproblem
- Einfluss der Wellenorientierung und der Gitteranisotropie auf die Ausbreitung schräg orientierter, ebener Wellen in 2D
- absorbierende Randbedingungen und Randpufferschichten in 1D und 2D
- interne Wellenreflexion bei Verwendung nicht-äquidistanter Gitter in 1D
- künstliche Viskosität und explizite Filter zur Dämpfung parasitärer Wellen
- Schallabstrahlung von Elementarquellen in konstanter Grundströmung mittels LEE in 2D in Verbindung mit asymptotischen Fernfeldrandbedingungen
- Reflexion und Beugung an schallharten Wänden in 2D

### **Lernergebnisse:**

Fähigkeit, ein Strömungsakustikproblem mittels numerischer Approximationsverfahren in einem strukturierten Prozess zu untersuchen.

Fähigkeit der kritischen Beurteilung der Ergebnisse und Verständnis der Sensitivität der Prognose bezüglich Details der physikalischen und numerischen Modellierung.

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

Das Praktikum besteht in der Bearbeitung von 6-10 Kurzprojekten, in denen anhand konkreter Beispiele die Fähigkeit, Strömungsakustikprobleme in einem strukturierten Prozess zu untersuchen, geübt und vertieft wird. Den Schwerpunkt bildet dabei das schrittweise Kennenlernen, Verstehen und Anwenden von Grundelementen eines numerischen Lösungsverfahrens für die Schallausbreitung in ruhenden oder strömenden Medien, einschließlich der räumlichen und zeitlichen Diskretisierung sowie der Formulierung von Anfangs- und Randbedingungen.

Zu jedem Projekt wird in einer detaillierten, mehrseitigen Beschreibung der theoretische Hintergrund der konkreten Fragestellung erläutert, der in Abhängigkeit vom Vorwissen ggfs. durch Eigenstudium vertieft werden muss. In der Aufgabenbeschreibung wird die Struktur der zur Verfügung gestellten MATLAB-Skripte erläutert und Hinweise zur Wahl von Parametern und zur Auswertung der Simulations-Ergebnisse gegeben.

Die Simulationsaufgaben werden von den Teilnehmern entweder auf einem eigenen Laptop oder an vom Fachgebiet zur Verfügung gestellten Rechnern gelöst.

Während der Projektarbeit werden anhand von Besprechungen und Kolloquien Lösungsstrategien und Probleme direkt mit einem erfahrenen Mitarbeiter des Lehrstuhls diskutiert und geklärt, was die kritische Beurteilung der Ergebnisse und das Verständnis der physikalischen und numerischen Modellierung stärkt und ausbaut. Die Zusammenfassung der Ergebnisse und der Lösung erfolgt in Berichtform, womit konkrete Aussagen formuliert und Ergebnisse auf Ihre Plausibilität hin überprüft werden sollen.

**Medienform:**

Rechnerübung auf eigenem Rechner (mit MATLAB-Installation) oder auf Rechnern in studentischen Arbeitsräumen des Lehrstuhls für Aerodynamik und Strömungsmechanik

**Literatur:**

C. Hirsch: Numerical computation of internal and external flow. John Wiley & Sons. K.

**Modulverantwortliche(r):**

Kaltenbach, Hans-Jakob; 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

### MW2313: MATLAB/Simulink for Computer Aided Engineering Lab | MATLAB/Simulink for Computer Aided Engineering Lab [P-MSCAE]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2023/24

<b>Modulniveau:</b> Bachelor/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 Modulprüfung besteht aus einer schriftlichen Klausur mit 90 Minuten Bearbeitungszeit.

Zusätzlich zur Abschlussprüfung werden Studierende ermutigt, im Rahmen des Praktikums einen konstanten Lerneffekt zu erzielen, indem sie ihre erarbeiteten Lösungen zu wöchentlich gestellten Programmieraufgaben auf freiwilliger Basis einreichen. Diese werden vom Dozenten korrigiert und eine detaillierte Rückmeldung auf Anfrage hin bereitgestellt.

Das theoretische und praktische Wissen, das Verständnis und die richtige Anwendung der in den Praktikumseinheiten behandelten MATLAB / Simulink Methoden werden mit einer schriftlichen Prüfung (90 Minuten Bearbeitungszeit) am Ende des Semesters überprüft. Die Gesamtnote ergibt sich aus der Benotung der schriftlichen Prüfung.

Zusätzlich wird Studierenden, die die Programmieraufgaben erfüllt haben, ein Bonus von 0,3 Notenpunkten gewährt. Nicht erfüllte Programmieraufgaben haben keinen Einfluss auf die Gesamtnote.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

- Vorheriger / paralleler Besuch des Ergänzungsfachs MATLAB / Simulink for Computer Aided Engineering;
- Grundlagen in Regelungstechnik und ein gewisses Verständnis von Mechanik.
- Grundlagen in Programmierung.

### **Inhalt:**

Sowohl MATLAB als auch Simulink sind in der Industrie mehr als gängige Tools für Ingenieure. Als Ergänzung zu der heutigen Ingenieursausbildung und dem bereits existierenden Ergänzungsfach eignet sich diese „Hands on“ Veranstaltung perfekt um den praktischen Umgang mit dieser Toolkette zu erlernen.

Das Praktikum deckt die folgenden Themenbereiche ab:

1. Introduction and MATLAB Fundamentals
2. MATLAB Data Handling and Visualization
3. MATLAB Toolboxes (Control System Toolbox, Optimization Toolbox, Statistics Toolbox)
4. Symbolic Math
5. Simulink Fundamentals
6. Simulink Toolboxes (Design Optimization, Control Design)
7. Stateflow
8. Code Generation from MATLAB / Simulink
9. Physical Modelling (Simscape / SimMechanics)

### **Lernergebnisse:**

Nach erfolgreichem Abschluss besitzen Studierende ein fundiertes und breites Verständnis über MATLAB / Simulink und können die wichtigsten Toolboxes anwenden. Darüber hinaus sind die Studierenden im Stande, mit Hilfe der Toolboxes eigenständig Regelungssysteme und Simulationsmodelle zur Lösung ingenieurwissenschaftlicher Probleme zu entwickeln.

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

Theoretische und methodische Grundlagen werden in Form von Folienpräsentationen und Videos vermittelt. Studierende entwickeln Lösungen zu Aufgaben, die online gestellt werden. Die Ergebnisse werden vom Dozenten korrigiert, eine detaillierte Rückmeldung zur Korrektur einzelner Aufgaben wird auf Anfrage hin bereitgestellt.

Studierende können aufkommende Fragen in dafür vorgesehenen Online-Foren stellen, welche durch die Dozenten beantwortet werden. Darüber hinaus besteht in wöchentlichen Sprechstunden vor Ort die Möglichkeit offene Fragen persönlich zu klären.

### **Medienform:**

Powerpoint Folien, Skripte, Aufgabenblätter (Workbooks), Rechnerübungen (MATLAB / Simulink)

### **Literatur:**

Ausführliche Vorlesungsunterlagen und Übungsaufgaben

MATLAB Dokumentation: <https://www.mathworks.com/help/index.html>

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

Evangelos Huber, M.Sc. (evangelos.huber@tum.de)

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

MATLAB/Simulink for Computer Aided Engineering Lab (Praktikum, 4 SWS)

Holzappel F [L], Steinert A, Huber E

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

## Modulbeschreibung

### MW2382: Visualisierungstechniken in der Numerischen Mechanik Praktikum | Visualization Techniques in Computational Mechanics Practical Course [VNMP]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2018/19

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Deutsch/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 Modulprüfung findet in Form einer Projektarbeit statt. Diese beinhaltet die Bearbeitung einer konkreten Aufgabenstellung (Programmieraufgabe) und deren Dokumentation (schriftlich, 3-5 Seiten) sowie einer abschließenden Präsentation (mündlich, 15 min) der erzielten Ergebnisse. Die Bearbeitung der Aufgabenstellung, die in Form von (aufeinander aufbauenden) Hausaufgaben und somit unter keiner Beschränkung von Hilfsmitteln erfolgt, läuft in mehreren Stufen, von der Definition des Problems, der Methodenauswahl bis hin zur Durchführung und Lösung, ab. Die Studierenden weisen damit nach, dass sie existierende Simulationsergebnisse mit modernen Visualisierungswerkzeugen eigenständig bearbeiten, darstellen und vor einem Fachpublikum vorstellen und rechtfertigen können. Die Modulnote berechnet sich aus der Bewertung der Bearbeitung und Dokumentation der Aufgabenstellung (Gewichtung 75%) und der Präsentation der Ergebnisse (Gewichtung 25%).

#### Wiederholungsmöglichkeit:

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Die Inhalte der Vorlesungen Numerische Methoden für Ingenieure oder Finite Elemente (Maschinenwesen) bzw. Numerical Methods for Partial Differential Equations (Mathematik) oder vergleichbaren Veranstaltungen werden vorausgesetzt.

#### Inhalt:

In diesem Praktikum werden moderne Ansätze zur Visualisierung von numerischen Simulationsergebnissen eingeführt. Der Schwerpunkt liegt auf der Darstellung von Lösungen basierend auf Rechnungen von Differentialgleichungen diskretisiert mit finiten Elementen

oder Partikel-Ansätzen in der Open-Source-Software ParaView. Dabei wird neben der Grundfunktionalität bei der Darstellung von skalaren und vektorwertigen Größen insbesondere auch das Erstellen von einfachen Tools zur erweiterten Lösungsanalyse gezeigt und geübt. Die Studierenden lernen dabei problemspezifische Lösungen für den Bereich der Festkörper- und Strömungsmechanik kennen und erhalten einen Einblick in weiterführende Fragestellungen. Im Praktikum werden neben den klassischen Visualisierungskonzepten wie Erstellung von Grafiken und Videos auch neuartige Konzepte wie dreidimensionale und interaktive Visualisierung basierend auf Virtual-Reality-Techniken erarbeitet. Dazu werden zwei leicht versetzte Darstellungen gerendert. Zur Verifikation wird diese Darstellung auf VR-Brillen überprüft.

### **Lernergebnisse:**

Nach der erfolgreichen Teilnahme der Veranstaltung sind die Studierenden in der Lage, Simulationsergebnisse mit modernen Visualisierungswerkzeugen darzustellen. Dies umfasst neben der Benutzung der eingebauten Visualisierungsmethoden auch das Erstellen von eigenen Modulen für spezifischen Bedarf auch bei anderen ingenieurrelevanten Problemstellungen.

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

Wichtige Aspekte der zugrundeliegenden Simulationsmethoden und der verwendeten Visualisierungsprogramme werden bei der Einführung der Problemstellungen in Einzelbetreuung am konkreten Beispiel vorgestellt. Dadurch lernen die Studierenden die zugrundeliegende Theorie und die Funktionsweise der Visualisierungsmethoden kennen. Sie werden zunächst dabei unterstützt und angeleitet, wie sie diese eigenständig und zielgerichtet nutzen können. Schließlich arbeiten die Studierenden selbst an einer vorgegebenen Aufgabenstellung (in Form von aufeinander aufbauenden Hausaufgaben) an den lehrstuhleigenen Computerarbeitsplätzen, um die eigenständige Lösung konkreter Visualisierungsprobleme aus der ingenieurwissenschaftlichen Praxis zu erlernen. Die Bearbeitung dieser Aufgabenstellungen wird durch Einzelgespräche mit den Betreuern der Lehrveranstaltung unterstützt.

### **Medienform:**

Vortrag, PC-Arbeitsplätze am Lehrstuhl, Softwarepaket ParaView.

### **Literatur:**

<https://www.paraview.org/>

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

Wolfgang A. Wall

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

Visualisierungstechniken in der Numerischen Mechanik Praktikum (MW2382) (Praktikum, 4 SWS)  
Ludwig M, Wall W, Goderbauer B  
Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte [campus.tum.de](https://campus.tum.de) oder [hier](#).

## Modulbeschreibung

### MW2382: Visualisierungstechniken in der Numerischen Mechanik Praktikum | Visualization Techniques in Computational Mechanics Practical Course [VNMP]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2018/19

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Deutsch/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 Modulprüfung findet in Form einer Projektarbeit statt. Diese beinhaltet die Bearbeitung einer konkreten Aufgabenstellung (Programmieraufgabe) und deren Dokumentation (schriftlich, 3-5 Seiten) sowie einer abschließenden Präsentation (mündlich, 15 min) der erzielten Ergebnisse. Die Bearbeitung der Aufgabenstellung, die in Form von (aufeinander aufbauenden) Hausaufgaben und somit unter keiner Beschränkung von Hilfsmitteln erfolgt, läuft in mehreren Stufen, von der Definition des Problems, der Methodenauswahl bis hin zur Durchführung und Lösung, ab. Die Studierenden weisen damit nach, dass sie existierende Simulationsergebnisse mit modernen Visualisierungswerkzeugen eigenständig bearbeiten, darstellen und vor einem Fachpublikum vorstellen und rechtfertigen können. Die Modulnote berechnet sich aus der Bewertung der Bearbeitung und Dokumentation der Aufgabenstellung (Gewichtung 75%) und der Präsentation der Ergebnisse (Gewichtung 25%).

#### Wiederholungsmöglichkeit:

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Die Inhalte der Vorlesungen Numerische Methoden für Ingenieure oder Finite Elemente (Maschinenwesen) bzw. Numerical Methods for Partial Differential Equations (Mathematik) oder vergleichbaren Veranstaltungen werden vorausgesetzt.

#### Inhalt:

In diesem Praktikum werden moderne Ansätze zur Visualisierung von numerischen Simulationsergebnissen eingeführt. Der Schwerpunkt liegt auf der Darstellung von Lösungen basierend auf Rechnungen von Differentialgleichungen diskretisiert mit finiten Elementen

oder Partikel-Ansätzen in der Open-Source-Software ParaView. Dabei wird neben der Grundfunktionalität bei der Darstellung von skalaren und vektorwertigen Größen insbesondere auch das Erstellen von einfachen Tools zur erweiterten Lösungsanalyse gezeigt und geübt. Die Studierenden lernen dabei problemspezifische Lösungen für den Bereich der Festkörper- und Strömungsmechanik kennen und erhalten einen Einblick in weiterführende Fragestellungen. Im Praktikum werden neben den klassischen Visualisierungskonzepten wie Erstellung von Grafiken und Videos auch neuartige Konzepte wie dreidimensionale und interaktive Visualisierung basierend auf Virtual-Reality-Techniken erarbeitet. Dazu werden zwei leicht versetzte Darstellungen gerendert. Zur Verifikation wird diese Darstellung auf VR-Brillen überprüft.

### **Lernergebnisse:**

Nach der erfolgreichen Teilnahme der Veranstaltung sind die Studierenden in der Lage, Simulationsergebnisse mit modernen Visualisierungswerkzeugen darzustellen. Dies umfasst neben der Benutzung der eingebauten Visualisierungsmethoden auch das Erstellen von eigenen Modulen für spezifischen Bedarf auch bei anderen ingenieurrelevanten Problemstellungen.

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

Wichtige Aspekte der zugrundeliegenden Simulationsmethoden und der verwendeten Visualisierungsprogramme werden bei der Einführung der Problemstellungen in Einzelbetreuung am konkreten Beispiel vorgestellt. Dadurch lernen die Studierenden die zugrundeliegende Theorie und die Funktionsweise der Visualisierungsmethoden kennen. Sie werden zunächst dabei unterstützt und angeleitet, wie sie diese eigenständig und zielgerichtet nutzen können. Schließlich arbeiten die Studierenden selbst an einer vorgegebenen Aufgabenstellung (in Form von aufeinander aufbauenden Hausaufgaben) an den lehrstuhleigenen Computerarbeitsplätzen, um die eigenständige Lösung konkreter Visualisierungsprobleme aus der ingenieurwissenschaftlichen Praxis zu erlernen. Die Bearbeitung dieser Aufgabenstellungen wird durch Einzelgespräche mit den Betreuern der Lehrveranstaltung unterstützt.

### **Medienform:**

Vortrag, PC-Arbeitsplätze am Lehrstuhl, Softwarepaket ParaView.

### **Literatur:**

<https://www.paraview.org/>

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

Wolfgang A. Wall

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

Visualisierungstechniken in der Numerischen Mechanik Praktikum (MW2382) (Praktikum, 4 SWS)  
Ludwig M, Wall W, Goderbauer B  
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

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab 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], Hildenbrand A, Dogu M, Mohamed A, Costa Sales 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

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab 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 Python Programmierung und ein vorheriger Kurs in Machine Learning wird dringend empfohlen. Zu Beginn werden wichtige Grundlagen aus beiden Feldern wiederholt.

#### 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 Koller, Julija; Prof. Dr.

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

Praktisches Deep Learning (Praktikum, 4 SWS)

Zavadlav Koller J [L], Fuchs P

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

## Practical Courses: Uncertainty Quantification and Mathematical Modeling (Multiphase) | Practical Courses: Uncertainty Quantification and Mathematical Modeling (Multiphase)

### Modulbeschreibung

## MW1277: Simulation of Thermofluids with Open Source Tools | Simulation of Thermofluids with Open Source Tools

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2012

<b>Modulniveau:</b> Bachelor/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> 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:

Wöchentliche Aufgaben sind in Form eines kurzen Berichtes abzugeben. Am Ende des Semesters werden in Zweiergruppen Simulationsprojekte mit OpenFOAM bearbeitet und anhand eines Berichtes und einer Präsentation (15 Min.) abgeprüft.

### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Grundlagen der Numerik, turbulente Strömungen, Strömungsmechanik, Wärmeübertragung, Verbrennung, Mehrphasenströmung, Programmiersprache (vorzugsweise C++), Linux-basiertes Betriebssystem

### Inhalt:

Heutzutage wird zunehmend Open-Source-Software eingesetzt, da sie die Leistungs- und Qualitätsanforderungen von Wissenschaft und Industrie zu geringeren Kosten als kommerzielle Lösungen erfüllt. Ein sehr beliebtes Open-Source-Softwarepaket für die rechnerische (Thermo-)Fluiddynamik (CFD) ist OpenFOAM®. Dieses Paket basiert auf der objektorientierten Programmiersprache C++, die eine große Flexibilität und Erweiterbarkeit des Codes ermöglicht, was die Anpassung an ein breites Spektrum von Problemen erleichtert. Die Freiheit und die Flexibilität haben jedoch einen Preis: Das Erlernen des Tools ist eine Herausforderung. Daher

besteht das Hauptziel des Kurses darin, die Teilnehmer nach dem Motto "learning by doing" an die Verwendung und Anpassung von OpenFOAM® heranzuführen.

Der Kurs ist in 9 Sitzungen/Wochen unterteilt.

(1) Einführung in Linux und OpenFOAM®.

Nach einem kurzen Überblick über die Linux-Tools, die für die Interaktion mit OpenFOAM® benötigt werden, wird der Weg zur Formulierung eines CFD-Problems besprochen. Dann wird ein erster Fall ausgeführt und nachbearbeitet.

(2) Wärmeübertragung in einer Platte.

Die Struktur eines Solvers für den Wärmeübergang in einem festen Material wird vorgestellt. Dieser Solver wird auf eine ebene 2D-Konfiguration angewendet.

(3) Wärmeübertragung in einem Kühler.

Der bisherige Löser wird modifiziert, um einen defekten Kühler zu analysieren.

(4) Strömung in einem Kanalrohr.

Dieser Fall wird das erste untersuchte fluiddynamische Problem sein. Es wird eine laminare Strömung in einem Rohr simuliert.

(5) Örtlich beheizte Kanalrohrströmung.

Die Elemente der beiden vorangegangenen Übungen werden kombiniert, um einen neuen Löser für ein Thermo-Fluid-Problem bei niedriger Reynoldszahl zu erstellen.

(6) RANS-Löser für turbulente Strömungen.

Verschiedene Modelle für die Turbulenz werden auf eine Rückwärtsschritt-Konfiguration angewendet.

(7) Verbrennung.

Die verschiedenen Ansätze zur Simulation einer reaktiven Strömung in OpenFOAM® werden vorgestellt.

(8) Mehrphasenströmungslöser.

Die Volume of Fluid-Methode (VoF) wird als Lösung für zwei inkompressible, isotherme, nicht mischbare Fluide vorgestellt. Da diese Konfigurationen viele Ressourcen benötigen, wird der Fall parallel (d.h. mit mehr als einem Prozessor) auf unserem Cluster gelöst. Darüber hinaus wird die Erstellung neuer Randbedingungen eingeführt.

(9) Lagrangescher Löser.

Der übliche Weg zur Lösung kontinuierlicher Felder (z.B. Druck oder Energie) ist die Verwendung eines Eulerschen Ansatzes. Für diskrete Phasen (z.B. ein Sprühstrahl in einem Gas) ist jedoch der Lagrangesche Ansatz interessanter. In diesem Kapitel wird ein Lagrangescher Löser von OpenFOAM® vorgestellt. Ein neues Modell für die Injektion der Partikel wird implementiert und auf den Testfall angewendet.

Die Studierenden haben die Möglichkeit, an einem Teamworkshop und einem Präsentationscoaching in Kleingruppen teilzunehmen, die vom ZSK (Zentrum für Schlüsselkompetenzen) angeboten werden.

### **Lernergebnisse:**

Nach Abschluss des Kurses sind die Teilnehmer in der Lage:

- ein breites Spektrum von CFD-Problemen mit OpenFOAM® zu lösen (Wärmeübertragung, inkompressible/kompressible Strömungen, turbulente Strömungen, Mehrphasenströmungen, Verbrennung, dispergierte Strömungen).
- Verwendung von ParaView zur Visualisierung der Ergebnisse von OpenFOAM®.
- Die Codestruktur von OpenFOAM® verstehen und die Verfahren zur Kompilierung von Solvern und Utilities kennen.
- den richtigen Solver für einen bestimmten CFD-Fall zu identifizieren.
- eine Vielzahl von CFD-Fällen methodisch aufbauen können.
- Eigene Simulationsergebnisse kritisch zu bewerten.
- bestimmte Solver und Hilfsprogramme in OpenFOAM® zu erstellen.

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

Alle Vorlesungen und Übungen beschäftigen sich mit praktischen Beispielen der Simulation thermofluidodynamischer Phänomene, die in verschiedenen Studienbereichen wie Maschinenbau, Chemieingenieurwesen, Bauingenieurwesen, angewandte Mathematik und Materialwissenschaften - um nur einige zu nennen - essenziell sind. Die Beispiele werden mit PowerPoint Folien theoretisch eingeleitet und zum Ende jeder Vorlesung mit Anwendungsbezug erklärt. Anschließend findet eine Rechnerübung statt, in der die Studierenden das Problem der Vorlesung eigenständig simulieren.

#### **Medienform:**

Präsentationen, Übungsskript

#### **Literatur:**

Polifke und Kopitz, Wärmetransport, 2.Auflage, Pearson-Verlag, 2009; Incropera et al., Heat and Mass Transfer, 6.Auflage, John Wiley & Sons, 2007; Press et al. Numerical Recipes 3rd Edition;

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

Polifke, Wolfgang; Prof. Dr.

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

Simulation of Thermofluids with Open Source Tools (Praktikum, 4 SWS)

Polifke W [L], Niebler K, Desor M

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

## Modulbeschreibung

### MW2134: Computational Thermo-Fluid Dynamics | Computational Thermo-Fluid Dynamics [CTFD]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2014/15

<b>Modulniveau:</b> Bachelor/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:

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Semesterende

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Es wird empfohlen, dass die Studierenden vor der Anmeldung zu diesem Kurs Wärme- und Stoffübertragung sowie Numerische Methoden für Ingenieure (Lehrstuhl für Computational Mechanics) besuchen.

#### Inhalt:

Der Kurs bietet einen Überblick über grundlegende numerische Methoden, die in der Thermofluidynamik verwendet werden, sowie eine Einführung in gute Programmierpraktiken in einer Hochsprache (Matlab). Der Ansatz des Kurses besteht darin, sowohl die Struktur der partiellen Differentialgleichungen, die den Wärmetransport beschreiben, als auch die numerischen Algorithmen, die sich am besten zur Lösung dieser Gleichungen eignen, miteinander zu verbinden. Dieser Ansatz wird zur Lösung typischer Probleme der Thermofluidynamik verwendet, insbesondere der Wärmeleitung (Fourier-Gleichung). Es wird erwartet, dass die Studierenden am Ende des Kurses ihr Verständnis für Wärmeübertragungsphänomene durch die Durchführung mathematischer, numerischer und physikalischer Analysen der partiellen Differentialgleichungen, die den Wärmetransport beschreiben, verbessern.

Während der 8 Kurseinheiten werden die Studenten Matlab-Algorithmen schreiben, die bestimmte Aufgaben erfüllen, um ein gegebenes thermofluidynamisches Problem zu lösen. Die Studenten werden in Zweiergruppen im Studentenrechnerraum des Lehrstuhls für Thermodynamik arbeiten.

Zu Beginn jeder Sitzung werden in einer kurzen Vorlesung sowohl die zu untersuchenden physikalischen Phänomene als auch die zu verwendenden numerischen Algorithmen vorgestellt.

Im letzten Drittel des Semesters führen die Studierenden individuelle Projekte durch. Es wird bewertet, wie gut die Studierenden in der Lage sind, Probleme der Thermofluidynamik als Summe von zwei Beiträgen zu behandeln: physikalisches Verständnis der Gleichungen, die ein bestimmtes Phänomen beschreiben, und Implementierung des dazugehörigen, am besten geeigneten numerischen Algorithmus.

Die folgenden Methoden werden berücksichtigt (die zugehörigen physikalischen Probleme sind in Klammern angegeben):

Finite-Differenzen-Methode (2D-Wärmegleichung mit variabler Temperaturleitfähigkeit); Finite-Volumen-Methode (2D-Wärmegleichung in einem strukturierten unregelmäßigen Netz, Wärmeübertragung durch eine Rippe); Finite-Elemente-Methode (1D-Wärmegleichung); Gauß-Seidel-, SOR-Ansätze als iterative Methoden zur Lösung großer linearer Systeme, die aus Finite-Differenzen-, Finite-Volumen- oder Finite-Elemente-Methoden abgeleitet sind (1D/2D-Wärmegleichung); instationäre Probleme: Fourier-Analyse des Fehlers, explizite und implizite Schemata, Runge-Kutta-Methoden, Charakteristiken und CFL-Bedingungen (instationäre 2D-Wärmegleichung, 1D-Konvektionsgleichung); Green-Funktionen und numerische Integration (2D-Wärmegleichung mit verteilter Quelle); Lösen nichtlinearer Systeme: Newton-Raphson (1D stetige Euler-Gleichungen), Optimierung: Suchmethoden, Gradientenmethoden, Constraint-Optimierung (Optimierung einer Rippenform zur Maximierung des Wärmeübergangs).

Die Studierenden haben die Möglichkeit, an einem Teamworkshop und einem Präsentationscoaching in Kleingruppen teilzunehmen, die vom ZSK angeboten werden.

### **Lernergebnisse:**

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

Team- und Einzelarbeit, Präsentationen der Studierenden, Vorträge.

### **Medienform:**

### **Literatur:**

KUZMIN D. A guide to numerical methods for transport equations. Friedrich-Alexander-Universität, 2010.

MORTON, K. W., AND MAYERS, D. F. Numerical solution of partial differential equations. Cambridge University Press, 2005.

Kevin D. Cole, James V. Beck, A. Haiji-Sheik, and Bahman Litkouhi. Heat conduction using Green's functions. CRC Press, 2011.

**Modulverantwortliche(r):**

Silva Garzon, Camilo Fernando; Dr. habil.

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

Computational Thermo-Fluid Dynamics (Praktikum, 4 SWS)

Polifke W [L], Varillon G, Silva Garzon C

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

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab 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 Python Programmierung und ein vorheriger Kurs in Machine Learning wird dringend empfohlen. Zu Beginn werden wichtige Grundlagen aus beiden Feldern wiederholt.

#### 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 Koller, Julija; Prof. Dr.

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

Praktisches Deep Learning (Praktikum, 4 SWS)

Zavadlav Koller J [L], Fuchs P

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

## Modulbeschreibung

### CLA10450: Wenn aus Ingenieuren Manager werden | When Engineers Become Managers

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2014

<b>Modulniveau:</b> Bachelor/Master	<b>Sprache:</b> Deutsch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester/ Sommersemester
<b>Credits:*</b> 1	<b>Gesamtstunden:</b> 30	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 18	<b>Präsenzstunden:</b> 12

\* 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 Fallstudie (3-5 Seiten) oder durch das Vorbereiten einer Präsentation (10-15 Min.) beschreiben die Studierenden, welche komplexen Problemstellungen im Management zu erwarten sind, und stellen hierzu Lösungsvorschläge vor (Prüfungsleistung).

#### Wiederholungsmöglichkeit:

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

#### Inhalt:

In den Ingenieur-Disziplinen gibt es für die meisten Aufgabenstellungen erprobte Theorien, Näherungsverfahren und Simulationsansätze. Im Management ist dies anders. Es gibt keine geschlossene, umfassende Theorie; allenfalls Ansätze für isolierte, begrenzte Themenbereiche. In dem Workshop werden bewährte Methoden und Instrumente für Standardsituationen vorgestellt, zusammen mit neuen, bisher nicht veröffentlichten Ansätzen zur Geschäftsoptimierung (Winning Business Models). Besonderen Raum nehmen die Themen Soft Skills und Veränderung ein. In diesem Zusammenhang wird ein neues Charakterstruktur-Ebenen Modell vorgestellt. Ausgewählte Themen werden in Arbeitsgruppen vertieft, die Ergebnisse werden von den Teilnehmern vorgetragen.

#### Lernergebnisse:

Nach erfolgreicher Teilnahme am Seminar sind die Studierenden in der Lage Antworten auf zwei relevante Fragen zu geben:

- was erwartet mich in der Managementpraxis?
- welche Instrumente kann ich für die Lösung typischer Managementprobleme einsetzen?

**Lehr- und Lernmethoden:**

Vortrag; offener Dialog; Gruppenarbeit; Präsentation; Erfahrungsberichte von Dozenten und Teilnehmern

**Medienform:**

**Literatur:**

**Modulverantwortliche(r):**

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

Wenn aus Ingenieuren Manager werden (Workshop, ,5 SWS)

Rüll H, Schrems A

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

## Modulbeschreibung

### CLA11313: Konfliktmanagement und Gesprächsführung | Conflict Management and Conducting Discussions

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2015

<b>Modulniveau:</b> Bachelor/Master	<b>Sprache:</b> Deutsch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester/ Sommersemester
<b>Credits:*</b> 1	<b>Gesamtstunden:</b> 30	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 8	<b>Präsenzstunden:</b> 22

\* 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 Studierenden dokumentieren in einem Bericht in Form einer schriftlichen Selbstreflexion (3-5 Seiten) ihr Verständnis des eigenen Konfliktverhaltens in schwierigen Gruppensituationen.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

#### Inhalt:

Wenn Menschen intensiv zusammenarbeiten, ergeben sich immer wieder Situationen, die sie als kontrovers, Stress auslösend und unproduktiv erleben. Durch das Aufeinandertreffen gegensätzlicher Interessen, Verhaltensweisen oder Einstellungen entstehen häufig Auseinandersetzungen, die es den Beteiligten erschweren, die eigentlichen Aufgaben zu erledigen und die angestrebten Ziele und Ergebnisse zu erreichen. Konflikte bergen jedoch auch viele positive Chancen und Veränderungspotenziale.

Der Workshop soll die Teilnehmenden sensibilisieren, Streitsituationen frühzeitig zu erkennen und eine konstruktive Haltung zur Situation einzunehmen. Sie lernen, Distanzfähigkeit zu entwickeln, wo sie selbst in Konflikte verwickelt sind, und ein Gespür für Verhandlungsgeschick entwickeln, wo sie als neutrale Dritte zwischen Kontrahenten vermitteln können. Der Workshop soll schließlich Strategien und (Gesprächs-)Techniken vermitteln, mit denen die Teilnehmenden Konflikte konstruktiv deeskalieren und den nachgelagerten Prozess gezielt steuern und strukturieren können.

**Lernergebnisse:**

Nach der Teilnahme sind die Studierenden in der Lage das persönliche Konfliktverhalten zu verstehen, Konflikte zu erkennen, zu bearbeiten und zu lösen. Die Studierenden kennen die Eskalationsstufen im Konfliktverlauf, wissen, wie sie schwierige Situation ansprechen und zwischen Konfliktparteien moderieren.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Durch theoretischen Input erfahren die Studierenden unterschiedliche Konfliktdefinitionen, die diese im Anschluss praktisch anhand von Rollenspielen und Fallarbeiten in Kleingruppen sowie im Plenum üben können

**Medienform:**

**Literatur:**

**Modulverantwortliche(r):**

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

Kritische Kommunikationssituationen einfach lösen (Workshop, 1,5 SWS)

Hörtlackner R ( Silva Padilla R )

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

## Modulbeschreibung

### CLA20267: Kommunikation und Präsentation | Communication and Presentation

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2013/14

<b>Modulniveau:</b> Bachelor/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:

In Präsentationssequenzen (15-20 Min.) zeigen die Studierenden, dass sie in der Lage sind die erarbeiteten Aspekte überzeugender Kommunikation und Präsentation anzuwenden.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

#### Inhalt:

Kommunikation meint in der Regel die dialogische Kommunikation. Gemeinsam werden förderliche und hinderliche Verhaltens- und Kommunikationsweisen anhand der folgenden Inhalte erarbeitet:

- Grundlagen der Kommunikation
- Konstruktives Feedback
- Effektive und zielgerichtete Gesprächsführung

Mit ausgewählten Übungen haben Sie Gelegenheit Ihre Kommunikationskompetenz zu erproben und zu entwickeln.

#### Lernergebnisse:

Nach der Teilnahme sind die Studierenden in der Lage kompetenter zu kommunizieren und wirkungsvoller zu präsentieren. Sie kennen zudem die Inhalte für überzeugende Präsentationsfähigkeit:

- Aspekte der verbalen und nonverbalen Kommunikation
- Aufbau einer Präsentation
- Visualisierung der Inhalte

- Aktivierung der Zuhörer

In gezielten Präsentationssequenzen bekommen Sie die Möglichkeit, Ihre Souveränität und Überzeugungskraft konkret zu trainieren und von der Gruppe Feedback zu erhalten.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Ausarbeitung der Präsentationsinhalte (Kurzpräsentation), Präsentationstraining mit Medieneinsatz im Plenum, Einzelarbeit, Gruppenarbeit, Trainerinput, Feedback (mündlich und schriftlich).

**Medienform:**

**Literatur:**

**Modulverantwortliche(r):**

Slanitz, Alfred; Dr. phil.

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

Rhetoric and Argumentation. An Academic Talking Lab (Workshop, 2 SWS)

Martinez Gómez J

Kommunikation und Präsentation - Innenstadt (Workshop, 1,5 SWS)

Zeus R ( Brea R )

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

## Modulbeschreibung

### CLA20710: Global Diversity Training | Global Diversity Training

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2013/14

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester/ Sommersemester
<b>Credits:*</b> 2	<b>Gesamtstunden:</b> 60	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 38	<b>Präsenzstunden:</b> 22

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

#### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Students will deal with their own cultural background in a short group presentation and deeply reflect on the learning outcomes of the workshop in a learning summary (100% of grade).

#### Wiederholungsmöglichkeit:

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

#### Inhalt:

#### Lernergebnisse:

After this workshop you will be able to individually deal with our own cultural background and its impact on intercultural collaboration

- Analyze the role and tasks of team leaders in an intercultural context.
- Develop strategies for case studies in international teams.
- be able to analyze situations of your professional life in an international team.

#### Lehr- und Lernmethoden:

The workshop will be a mix of input, case studies, discussions and group work.

#### Medienform:

**Literatur:**

**Modulverantwortliche(r):**

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

Global Diversity (Successful in International Teams) (Workshop, 1,5 SWS)

Eberhard M

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

## Modulbeschreibung

### CLA21114: Perspektiven der Technikfolgenabschätzung | Perspectives of Technology Assessment

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2013/14

<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> 45	<b>Präsenzstunden:</b> 15

\* 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 Essay zeigen die Studierenden ihr Verständnis über die verschiedenen Dimensionen der Technikfolgenabschätzung (Prüfungsleistungen).

#### Wiederholungsmöglichkeit:

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

#### Inhalt:

Innovation ist nicht ohne Risiko zu haben. Technikfolgenabschätzung (TA) versucht eine antizipierende Erkundung und Bewertung möglicher unerwünschter Technikfolgen. Was sind nun die Formen, Möglichkeiten, aber auch Grenzen von TA?

Diese Lehrveranstaltung vermittelt einen grundlegenden Einblick in die Geschichte, Ansprüche, Leistungen und Grenzen dieses umfassenden und ambitionierten Ansatzes. Dabei soll erstens auf die Etablierung von Technikfolgenabschätzung als Beratung für das Parlament eingegangen werden. Technikfolgenabschätzung versucht eine wissenschaftliche Analyse von komplexen Prozessen des Innovierens mit der Absicht, politische Entscheidungsprozesse zu beraten. Jedoch haben sich die Bedingungen politischen Entscheidens verändert, etwa dass die Laien eine größere Bedeutung zugesprochen bekommen. Wie spiegelt sich dieser Wandel von der Politik- zur Gesellschaftsberatung in der TA? Zweitens sollen deshalb die unterschiedlichen Verfahren der Technikfolgenabschätzung behandelt werden. Es gibt in der Zwischenzeit ein breites Spektrum, was der Vielfalt der beteiligten Disziplinen wie der sozialen Beteiligung geschuldet ist. Drittens werden schließlich die spezifischen wissenschaftlichen und sozialen Herausforderungen

behandelt, die mit diesem Projekt der TA einhergehen. Was sind die Risiken und Nebenwirkungen von TA selbst? Denn keine Innovation ohne Risiko - das gilt auch für die TA.

**Lernergebnisse:**

Nach dem Besuch der Lehrveranstaltung sind Studierende in der Lage, Technikfolgenabschätzung (TA) zu beschreiben und verschiedene Formen von TA zu klassifizieren. Sie haben gelernt, diese verschiedenen Formen von TA kontextspezifisch zu veranschaulichen. Sie haben ein Grundverständnis von der besonderen Projektform von TA-Projekten entwickelt und verstehen die spezifische Berichtsform von TA-Studien. Die Studierenden können Problemstellungen für TA-Studien erklären. Sie sind in der Lage die gegenwärtigen Herausforderungen, die sich TA stellen, zu beschreiben und mittels der veränderten aktuellen Anforderungen an Expertise für politische Entscheidungsprozesse, zu demonstrieren.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Die Lehrveranstaltung nutzt die Formate des Vortrags, der Arbeit in Kleingruppen und Kurzreferate.

**Medienform:**

**Literatur:**

**Modulverantwortliche(r):**

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

Perspektiven der Technikfolgenabschätzung (Workshop, 1 SWS)

Bösch S, Brea R

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

## Modulbeschreibung

### CLA30622: Von der Erfindung zum Patent | From Invention to Patent

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2009/10

<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:

In einer schriftlichen Prüfung demonstrieren die Studierenden ihre Kenntnisse über die verschiedenen Aspekte des Patentierens von technischen Ideen und wissenschaftlichen Forschungsergebnissen (Prüfungsleistung). Damit weisen die Studierenden nach, dass sie eine Erfindungsmeldung zu einer eigenen Erfindung verfassen und umsetzen können.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

#### Inhalt:

Forschungsergebnisse sind in der Zeit von Open Innovation für Wirtschaft und Industrie wichtige Quellen für neue Produkte und Dienstleistungen. Wie lassen sich jedoch Forschungsergebnisse schützen und verwerten?

Praxisorientierte Einführung in den gewerblichen Rechtsschutz unter besonderer Berücksichtigung von Hochschulerfindungen:

Es werden neben Patenten weitere relevante Gebiete des geistigen Eigentums (Intellectual Property Rights), nämlich Designschutz, Schutz von Domains und Marken sowie Gebrauchsmuster, durch Experten auf dem jeweiligen Gebiet eingehend behandelt. Dabei wird der Weg von der Erfindung zur Erlangung des jeweiligen Schutzrechtes, dessen rechtliche Durchsetzung vor Gericht und die wirtschaftliche Verwertung des Schutzrechtes, insbesondere im Rahmen von Firmenausgründungen, betrachtet. Für unterschiedliche technische Fachgebiete erfolgt dann in getrennten Studierendengruppen eine Vertiefung des Wissens über die Patentierungsmöglichkeiten von Erfindungen im jeweiligen Fachgebiet anhand von praktischen Fallbeispielen.

**Lernergebnisse:**

Nach der Teilnahme an der Veranstaltung sind die Studierenden in der Lage einzuschätzen, ob eine technische Entwicklung oder ein Forschungsergebnis patentrechtlich schützbar ist, und außerdem fähig, eine entsprechende Erfindungsmeldung zur eigenen Erfindung zu verfassen. Der Teilnehmer versteht, wie man Patente national und international erlangen, rechtlich durchsetzen und wirtschaftlich verwerten kann.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Vorlesung

**Medienform:**

**Literatur:**

**Modulverantwortliche(r):**

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

From Invention to Patent ( Protection and Commercialization of Research Results) (Vorlesung, 2 SWS)

Märkl I, Unglert M

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

## Modulbeschreibung

### ED0141: Logik | Logic

*Aussagen- und Prädikatenlogik erster Stufe*

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2025/26

<b>Modulniveau:</b> Bachelor/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:

In einer schriftlichen Prüfung (120 Min.) zeigen die Studierenden ein grundlegendes Verständnis der formalen Logik in allen in den „Lernergebnissen“ aufgeführten Aspekten.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Semesterende

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Es sind keine formalen Voraussetzungen erforderlich.

Eine allgemeine Offenheit für abstraktes und mathematisches Denken ist hilfreich.

#### Inhalt:

Logisches Denken bildet die methodische Grundlage der Mathematik, Informatik, Natur- und Technikwissenschaften sowie der Sozial- und Geisteswissenschaften.

Der Kurs befasst sich mit elementarer Logik, einschließlich Aussagenlogik und Prädikatenlogik erster Stufe.

Zu den Themen gehören:

1. Traditionelle Logik
2. Formalisierung von Aussagen in natürlicher Sprache
3. Wahrheitstabellen
4. Aussagenlogik
  - 4.1 Der Begriff der formalen Sprache
  - 4.2 Der Kalkül des natürlichen Schließens für die klassische Aussagenlogik
  - 4.3 Begriffe der (aussagenlogischen) Wahrheit und der logischen Schlussfolgerung
  - 4.4 Korrektheit in der Aussagenlogik
  - 4.5 Vollständigkeit in der Aussagenlogik
5. Prädikatenlogik erster Stufe

5.1 Formale Sprache in der Prädikatenlogik erster Stufe

5.2 Der Kalkül des natürlichen Schließens (NK) für die Prädikatenlogik erster Stufe

5.3 Tarski-Semantik für die prädikatenlogische Sprache

5.4 Beweis des Adequatheitssatzes (Korrektheitssatz und Vollständigkeitssatz für NK erster Stufe mit Identität)

**Lernergebnisse:**

Der Kurs vermittelt den Studierenden grundlegende Kenntnisse der formalen Logik mit Schwerpunkt auf der Aussagenlogik und der Prädikatenlogik erster Stufe.

Die Studierenden erwerben:

- Vertrautheit mit den formalen Werkzeugen und Methoden des logischen Denkens,
- die Fähigkeit, Aussagen der natürlichen Sprache in logische Ausdrücke zu formalisieren,
- ein Verständnis der Syntax und Semantik logischer Systeme,
- die Fähigkeit, formale Beweise unter Verwendung des Kalküls des natürlichen Schließens (NK) zu konstruieren, und
- Einblicke in wichtige metatheoretische Ergebnisse wie Korrektheit und Vollständigkeit.

Obwohl keine Vorkenntnisse erforderlich sind, wird eine gewisse Vertrautheit mit mathematischem Denken empfohlen.

**Lehr- und Lernmethoden:**

- Vorlesungen
- Geführte Übungen zur Formalisierung und Beweisführung

**Medienform:**

Vorlesungsskripte, Präsentationen, Moodle-Kurs.

**Literatur:**

Ein Skript wird zu Beginn des Kurses zur Verfügung gestellt.

**Modulverantwortliche(r):**

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

Propositional and First-Order Predicate Logic (Lecture) (Vorlesung, 2 SWS)

Centrone S

Propositional and First-Order Predicate Logic (Exercise) (Übung, 2 SWS)

Centrone S

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

## Modulbeschreibung

### **ED100051: Selbstmanagement - Stress bewältigen und die eigene Resilienz stärken | Self-Management - Coping with Stress and Building your own Resilience**

*Selbstmanagement - Stress bewältigen und die eigene Resilienz stärken*

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2024

<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:**

Die Modulprüfung erfolgt als Übungsleistung und wird je nach Studiengang entweder benotet (Prüfungsleistung) oder als bestanden/ nicht bestanden (Studienleistung) bewertet. Die Übungsleistung besteht zu gleichen Teilen aus folgenden Elementen:

- Bearbeiten von 3 Aufgaben in Einzel- und Gruppenarbeit, bei denen die Studierenden demonstrieren, dass die Qualifikationsziele des Seminars erreicht haben. Hierzu zählt beispielsweise die Reflexion des eigenen Selbstmanagements, Stressverhaltens und Resilienz. 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.
- Die Studierenden verfassen ebenso einen schriftlichen Bericht im Umfang von circa 4 Seiten, in welchem sie ihren persönlichen Lernprozess festhalten und diesen evaluieren.

#### **Wiederholungsmöglichkeit:**

Folgesemester

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

Das Seminar zielt auf die Vermittlung von Kompetenzen in den Themenbereichen Selbstmanagement, Stressmanagement und Stärkung der eigenen Resilienzfähigkeit ab. Die Bereitschaft der Reflexion eigener Verhaltensmuster im Umgang mit schwierigen/ stressigen Situationen sowie der eigenen Resilienz wird ebenso erwartet wie die Bereitschaft des Arbeitens mit interaktiven/ kooperativen Lernmethoden z.B. Simulationen im Skills Lab.

### **Inhalt:**

Das Selbst- und Stressmanagement sowie Resilienzförderung stehen im Fokus dieses Seminars. Durch eingehende Analyse von ausgewählten Lehrinhalten zu diesen Themen und der Anwendung dieser auf eigenes Verhalten erlangen die Teilnehmenden Sicherheit in der selbstständigen Anwendung dieser Techniken. Folgende Inhalte werden hierbei vermittelt:

- Ebenen eines effektiven Selbstmanagements
- Reflexion des eigenen Selbstmanagements und Identifikation von Stärken und Schwächen
- Erlernen von Techniken des Selbstmanagements
- Grundlagen der Entstehung von Stress sowie verschiedene Arten von Stress (Eustress, Distress)
- Reflexion des eigenen Stressverhaltens sowie Identifikation von eigenen Stressoren
- Reflexion des eigenen Stressverhaltens auf den Ebenen: instrumentelle, mentale und regenerative Stresskompetenz
- Erlernen von Techniken der Stressreduktion
- Grundlagen der Resilienzförderung: Kennenlernen der sieben Resilienzfaktoren (Akzeptanz, Optimismus, Selbstwirksamkeit, Verantwortung, Netzwerk-, Lösungs- und Zukunftsorientierung).
- Reflexion der eigenen Resilienz
- Erlernen von Techniken der Förderung eigener Resilienz bezogen auf die sieben Resilienzfaktoren.

### **Lernergebnisse:**

Nach der Teilnahme am Modul sind die Studierenden in der Lage:

- Eigene Stressoren zu erkennen und adäquate Copingstrategien einzusetzen
- Erlernte Techniken des Selbstmanagements und der Stressreduktion im Alltag sowie in Situationen des Studiums und Arbeitslebens anzuwenden.
- Die sieben Ebenen von Resilienz zu erkennen, diese bezogen auf das eigene Individuum zu reflektieren und durch erlernte Übungen zu stärken.
- Verschiedene Aspekte des Selbstmanagements zu verstehen und zu benennen und auf Grundlage dessen Arbeitsabläufe zu reflektieren und zu optimieren.
- Ziele realistisch zu setzen und den Weg zur effektiven Zielerreichung durch den Einsatz von im Seminar erlernten Methoden zu optimieren, sowie Vermeidung von Prokrastination.

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

Das Modul besteht aus einem Präsenzseminar innerhalb dessen verschiedene Lehrmethoden zum Einsatz kommen. Zusätzlich gibt es ein eLearning (Moodlekurs). Die theoretischen Grundlagen werden im Seminar anhand von Kurzvorträgen seitens der Dozierenden, sowie durch von den Studierenden, erarbeiteten Inhalten (beispielsweise durch Kurzreferate) vermittelt. In dazu passenden Übungen, werden diese vertieft, indem sie auf eigene Beispiele angewandt, sowie in Kleingruppen bzw. individuellen Übungen reflektiert und angewandt werden.

Damit lernen die Studierenden Grundlagenwissen zum Selbstmanagement, zum Stressentstehen sowie zu Resilienz. Ebenso das Erkennen von eigenen Stressoren und adäquaten Copingstrategien, um mit erlernten Techniken zum eigenen Stressmanagement und zur Stressreduktion beitragen zu können. Auch haben sie die Ebenen der Resilienz kennengelernt,

reflektieren diese bezogen auf sich selbst und lernen die Anwendung von Methoden zur Stressreduzierung und Stärkung der eigenen Resilienz.

Die Studierenden haben die Möglichkeit sich aktiv und integrativ im Seminar zu beteiligen. Dadurch soll erreicht werden, dass die Studierenden durch die Modulinhalte ihr eigenes Verhalten im Bereich Selbst- und Stressmanagement sowie der eigenen Resilienz reflektieren und auf Grundlage dessen diese Bereiche verändern/ ausbauen können. Der Vortragsstil ist interaktiv und besteht aus einem Methodenmix aus Wissensvermittlung (durch vortragende Teile), Diskussionen und Aufgaben in Kleingruppenarbeit und Reflexion in Einzelarbeit sowie in Skills Labs. Diskussionsrunden und Kleingruppenarbeiten ermöglichen den Erfahrungsaustausch und die Reflexion der erlernten Kompetenzen aus dem Modul. Einzelreflexion bietet die vertiefte persönliche Auseinandersetzung mit den Themen bezogen auf die eigenen Verhaltensweisen, Einstellungen und Werte. Ein Transfer in den Alltag und die nachhaltige Anwendung der erlernten Methoden durch die Teilnehmenden soll dadurch gelingen. Dieser Methodenmix bietet somit eine gute Grundlage für eine nachhaltige Lernerfahrung und ermöglicht die eigenen Kompetenzen im Selbst- und Stressmanagement zu erweitern und die eigene Resilienz auszubauen.

Des Weiteren zählt zum Lehrangebot ein eLearning / Moodlekurs mit weiteren unterstützenden Inhalten und Übungen. Im eLearning können die Studierenden die Themen aus dem Modul im Eigenstudium vertiefen.

Das Modul findet in deutscher Sprache statt.

**Medienform:**

Powerpoint, eLearning mit Übungen im Moodlekurs, Texte, Lernvideos, Kleingruppenarbeiten, visuelle Kollaborationsplattform (z.B. Miro), Interaktive Präsentationssoftware (z.B. Mentimeter); Workbook (seminarbegleitend)

**Literatur:**

Heller, Jutta (2019): Resilienz. 7 Schlüssel für mehr innere Stärke. GU-Verlag

Kaluza, Gert (2018): Gelassen und sicher im Stress. Das Stresskompetenz-Buch: Stress erkennen, verstehen und bewältigen. 7., korrigierte Auflage. Springer-Verlag: Berlin Heidelberg.

Selye, Hans (1976): Stress. In health and disease. Butterworth: Boston, London

Krengel, Martin (2013): Golden Rules. Erfolgreich lernen und arbeiten: Alles, was man braucht. Selbstcoaching. Motivation. Zeitmanagement. Konzentration. Organisation. 4. Aufl. Zürich: Midas Management Verlag.

Weisweiler, Silke; Dirscherl, Birgit; Braumandl Isabell (2013): Zeit- und Selbstmanagement. Ein Trainingsmanual - Modelle, Methoden, Materialien für Training und Coaching. Arbeitsmaterialien im Web. Mit 77 Abbildungen und 12 Tabellen. Berlin Heidelberg: Springer-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](#).

## Modulbeschreibung

### IN2270: BGCE Ferienakademie | BGCE Ferienakademie

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2013

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Sommersemester
<b>Credits:*</b> 4	<b>Gesamtstunden:</b> 120	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 40	<b>Präsenzstunden:</b> 80

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

#### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Type of Assessment: project work and presentation.

The project work assesses the students's capability to immerse into (complex) topics of computational engineering. The presentation examines the students' ability to structure and create a talk in a topic of computational engineering and to follow and discuss the topics illustrated in the talks by other participants.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

#### Inhalt:

A special topic in the area of engineering, natural sciences, informatics or an interdisciplinary field.

#### Lernergebnisse:

At the end of the module, students are able to immerse into (complex) topics of computational engineering as well as to structure and create a corresponding presentation. The participants are able to follow and discuss the topics illustrated in the talks.

#### Lehr- und Lernmethoden:

During Ferienakademie, several courses with different topics are offered. Depending on the course, this module has a seminar, workshop, or team project character or a combination of those. The content is taught by talks, teamwork, and case studies. The students work and discuss in teams, provide constructive feedback, and work on advanced problems and their solutions. The participants will be supported by supervisors in all aspects of their contributions.

**Medienform:**

Whiteboard, flipchart, presentation/lecture slides, lecture notes, exercise sheets

**Literatur:**

Literature depends on the course at Ferienakademie. A list of literature will be published by the course supervisors in time.

**Modulverantwortliche(r):**

Bungartz, Hans-Joachim; Prof. Dr. rer. nat. 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

### MCTS0053: Intercultural Communication | Intercultural Communication

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2021/22

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Englisch	<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:

Students give a 15-minute presentation, in which they demonstrate their knowledge of key intercultural communication concepts in a clear and concise manner, and their comprehension of how culture and other factors influence and shape communication. Furthermore, they show their ability to analyze intercultural encounters, communication styles and critical incidents and that they are familiar with strategies and techniques to improve communication. After the presentation, the examiner/lecturer and the audience have 10 minutes to pose questions on the topic of the presentation, which the examinees are expected to answer knowledgeably and concisely.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

This Skills module is aimed at students currently enrolled in the M.A. program 'Responsibility in Science, Engineering and Technology'. Students from other English-language MA programs can apply to join the respective course provided there is sufficient space available.

#### Inhalt:

In today's global and increasingly interdisciplinary environment, the success of ventures in almost any field requires an understanding of intercultural communication and cooperation. This module provides students with key concepts of intercultural communication and insights into how people from different backgrounds interact with each other. Based on the assumption that communication situations in international business and research settings are influenced by various factors including national, organizational and professional cultures, new media and technologies as well as the communicators' personalities, students learn to analyze and understand these factors. Furthermore, they develop greater self-awareness of their own cultural behavior and communication style and acquire strategies and techniques to improve their communication skills.

**Lernergebnisse:**

Upon successful completion of the module, students:

- have knowledge of key concepts in Intercultural Communication Theory
- understand how culture and other factors influence and shape communication
- are able to analyze and evaluate intercultural encounters and critical incidents
- can analyze different communication styles
- have greater self-awareness of their own cultural behavior and communication style
- are familiar with strategies and techniques to improve their communication skills

**Lehr- und Lernmethoden:**

Classroom activities are tailored to the topics of the respective course and include lectures, reading activities, in-class discussions of key texts, talks and case studies, group work, simulation activities, communication exercises and student presentations. Students are expected to read and analyze key literature and case studies in order to familiarize themselves with fundamental concepts in Intercultural Communication Theory. Furthermore, they engage in discussions, simulation activities and communication exercises in order to understand how culture and other factors influence and shape communication, to analyze and evaluate intercultural encounters, and to learn about and apply strategies and techniques to improve their communication skills. Giving a presentation trains students to present their findings in a clear and concise manner.

**Medienform:**

Texts, case studies, slide presentations, videos and audio tracks, flipchart/whiteboard, worksheets, Moodle

**Literatur:**

A reading list will be provided at the beginning of the semester.

**Modulverantwortliche(r):**

Bauer, Victoria; M.A.

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

Interpersonal Business Communication Skills (Workshop, 2 SWS)

Crail T

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

## Modulbeschreibung

### MW1535: Patent-, Marken- und Musterrecht für Ingenieure: Eine Einführung | Introduction to Patent, Trademark and Design Law for Engineers [Patentrecht]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2023

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> 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:

In a written exam (duration 60 min.) the knowledge gained based on the taught content of the course is examined. The competence to report and interpret both substantive law and dogmatic background is tested. In addition, the competence to apply substantive law to small case studies is examined.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

#### Inhalt:

Diese Vorlesung richtet sich insbesondere an Studierende der Ingenieurwissenschaften und soll ein grundlegendes Verständnis für die gewerblichen Schutzrechte vermitteln. Ziel der Veranstaltung ist es, einen Überblick über die wichtigsten gewerblichen Schutzrechte Patent, Marke und Design zu geben und die Themen Erlangung, Verteidigung und Durchsetzung eines technischen Schutzrechts am Beispiel des Patents zu vertiefen. Die Vorlesung behandelt auch die Themen Urheberrecht, Zollvorschriften, Due Diligence bei Mergers & Acquisitions.

Die Vorlesung gliedert sich in die Abschnitte:

- Einführung, Patentrecht, Arbeitnehmererfindungsrecht
- Patentrecht (Schutzfähigkeit und Prüfung, ausländisches Patentrecht)
- Patentrecht (Angriff auf ein Patent, Verteidigungsstrategien)
- Patentrecht (Patentverletzungen und Durchsetzung)
- FRAND, SEP, Streitschlichtung

- Gebrauchsmusterrecht und Geschmacksmusterrecht
- Bekämpfung der Produktpiraterie

**Lernergebnisse:**

Nach Abschluss des Moduls sind die Studierenden in der Lage, grundlegende Fragen im Bereich der Rechte des geistigen Eigentums zu beurteilen. Ziel ist es, den Studierenden einen ausreichenden Kenntnisstand zu vermitteln, damit sie sich mit grundlegenden Fragen des geistigen Eigentums auseinandersetzen können, die ihnen in ihrem täglichen Leben als zukünftige Ingenieure begegnen werden. Dies betrifft insbesondere die Erlangung, Verteidigung und Durchsetzung technischer Schutzrechte.

**Lehr- und Lernmethoden:**

In der Vorlesung werden die Lehrinhalte anhand von Vortrag und Präsentation vermittelt. Beispielhaft werden Probleme und Themen aus der Praxis dargestellt. Den Studierenden werden die Folien sowie weiterführende Informationen online über das E-learning Portal zugänglich gemacht.

**Medienform:**

Vortrag, Präsentation, Handzettel, ggf. Lehrfilme.

**Literatur:**

Haedicke/Timmann, Patent Law: A Handbook on European and German Patent Law; Ilzhöfer/Engels, Patent-, Marken- und Urheberrecht, 8. Auflage, Verlag Vahlen, 2010; Beck-Texte, 11. Auflage, Patent- und MusterR, dtv, 2011; Beck-Texte, 31. Auflage, Wettbewerbsrecht, Markenrecht und Kartellrecht, dtv, 2010; Benkard, Kommentar zum Patentgesetz, 10. Auflage, Verlag C. H. Beck, 2006; Schulte, Kommentar zum Patentgesetz, 8. Auflage, Heymanns Verlag, 2008; Ingerl/Rohnke, Kommentar zum MarkenG, 3. Auflage, Verlag C. H. Beck, 2010; Ströbele/Hacker, Kommentar zum MarkenG, 10. Auflage, Heymanns Verlag, 2009  
Patentgesetz (PatG), Gebrauchsmustergesetz (GebrMG), Designgesetz (DesignG)

**Modulverantwortliche(r):**

Mela, Petra; 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

### NAT0127: Theorie und Praxis zum Datenmanagement in der Chemie | Theory and Practice on Data Management in Chemistry

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2023/24

<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> 120	<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 Abschlusspräsentation. Während des Moduls bearbeiten die Studierenden eine Projektarbeit: Der gelernte Modulinhalt wird im Rahmen eines kleinen Projektes angewendet und durch eine Abschlusspräsentation den Kursteilnehmenden demonstriert. Hierbei sollen Studierende ihre eigenen Daten mitbringen.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Semesterende

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Grundkenntnisse Programmierung vorzugsweise Python, Matlab oder LabView.

#### Inhalt:

Datenverarbeitung, Datenauswertung, Datenbanken, Ontologien, Datenmanagement.

#### Lernergebnisse:

Daten nach FAIR Kriterien ablegen und in der eigenen Forschung nutzen.

#### Lehr- und Lernmethoden:

Das Modul besteht aus einer Vorlesung mit integrierten Übungen (2 SWS). In der Vorlesung wird allgemein auf die Geschichte und die Methoden und theoretischen Grundlagen eingegangen. In der Übung werden die gelernten Inhalte praktisch angewendet und Erfahrungen gesammelt. In der Projektarbeit sollen die Studierenden zeigen, dass sie die erlernten Methoden sicher selbst anwenden können.

#### Medienform:

PowerPoint, Code.

**Literatur:**

Geeignete Literatur wird projektbezogen vom Dozenten zu Semesterbeginn bekannt gegeben.

**Modulverantwortliche(r):**

Stein, Helge; 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

### PH6003: Präsentationsseminar für Naturwissenschaftler | Presentation Skills for Natural Scientists

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2014/15

<b>Modulniveau:</b>	<b>Sprache:</b> Deutsch/Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester/ Sommersemester
<b>Credits:*</b> 1	<b>Gesamtstunden:</b> 30	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 15	<b>Präsenzstunden:</b> 15

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

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

Aktive Teilnahme an den Modulveranstaltungen und Diskussionen zum Thema.

#### **Wiederholungsmöglichkeit:**

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

#### **Inhalt:**

#### **Lernergebnisse:**

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

#### **Medienform:**

#### **Literatur:**

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

Studiendekan Physik

**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

### **POL00011: Politics for Rocket Scientists: Einführung in die Politikwissenschaft für Nicht-Politikwissenschaftler | Politics for Rocket Scientists: An Introduction to Political Science for Non-Political Scientists**

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2022

<b>Modulniveau:</b> Bachelor/Master	<b>Sprache:</b> Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> 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:**

Form of examination ("Prüfungsleistung"): Closed book final exam ("Klausur", 90 minutes), predominantly in multiple choice format ("Multiple Choice mit Einfachauswahlausgaben"). The exam will provide students with an opportunity to demonstrate their mastery of the course materials and the learning objectives, such as their familiarity with different ways of thinking systematically about politics and public policy, by answering a series of questions addressing the full range of topics covered in the course.

#### **Wiederholungsmöglichkeit:**

Semesterende

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

Open to TUM students in any field of study; no prerequisites. This is an introductory course geared toward students without prior university-level training in political science or related social sciences, who seek an understanding of the systematic, scientific study of politics and public policy.

#### **Inhalt:**

This course provides a broad introduction to the systematic study of politics and policy from the local to the global level. We will study the sources of political preferences, as well as various forms of articulating those preferences (from public opinion polls and voting to political violence). We compare how legislative institutions translate public preferences into law and policy in democratic and non-democratic regimes--and we will examine the role of executives and courts in the political process. Addressing these issues requires empirical analysis but also raises fundamental questions of political philosophy, such as: What is the nature of power and how is it related to

expertise, authority, legitimacy, and ethics? And what does democracy mean in international politics or global governance? We will also examine the relationship between politics, economics, law, and technological innovation, asking questions such as: Why is government intervention in the development of new technologies or elsewhere in the economy sometimes considered essential and other times the source of severe problems? What are the political consequences of various kinds of inequality in a democracy? Why are technically or scientifically optimal policies often passed up for sub-optimal policies that are no more than "second-best"? Are there ways to improve upon those second-best outcomes? And why is the realization that war makes everyone worse off no guarantee against the military escalation of interstate disputes? Approximately 2/3 of each week's class will be devoted to the conceptual, theoretical and empirical-methodological tools of political analysis; during the remaining 1/3 of each class, we will explore the application of those tools to contemporary issues at the intersection of science, technology, economy and society.

### **Lernergebnisse:**

The course is designed to expose students from across the TUM (especially those in the natural sciences and engineering but also students at the TUM School of Health and Medicine and the TUM School of Management) to different ways of thinking systematically about politics and public policy. Students will gain an understanding of the foundational questions of Political Science, acquire knowledge of key concepts, theories and core methods of political analysis, and learn how to apply some of the conceptual, theoretical and methodological tools of the social sciences to important contemporary policy questions for science, technology, economy and democratic societies.

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

The module consists of a single 3 hours/week highly interactive lecture, accompanied by weekly reading assignments. Close advance reading of the assigned texts for each week's lecture will be expected, but lectures will go well beyond the readings, and the exam will assume familiarity with both the readings and lectures.

In early May, in early June, and again in the week before the final exam, there will be optional tutorials ("Übung") to learn how we read texts and study in the social sciences. These sessions are offered at different times to ensure that anyone can attend at least one session - and I strongly encourage every student to attend one.

### **Medienform:**

Various (readings, slides, etc.)

### **Literatur:**

Required readings are taken from various books (including Aristotle's *The Politics*; *The Oxford Handbook of Political Economy*; *International Political Economy: Perspectives on Global Power and Wealth* (Frieden, Lake & Broz, eds.); and *The New Global Rulers: The Privatization of Regulation in the World Economy* (Buzdhan and Mattli), as well as academic journals (such as the *American Political Science Review*, *Antitrust Bulletin*, *International Organization*, and *West European Politics*) and occasionally from popular magazines and online publications. Final list to be announced at the beginning of the semester

**Modulverantwortliche(r):**

Büthe, Tim; 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

### POL60900: Information Technologies, Protest, and Conflict | Information Technologies, Protest, and Conflict

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2024/25

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester
<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:

The module grade is based on a portfolio, consisting of a paper (70%), a presentation (5%) and two other class contributions (25%), in the form of a proposal and a peer review.

In the seminar paper (Words 4000 (+/-300 words)), students demonstrate their ability of develop a meaningful research project in the area of contentious politics and information technologies.

The seminar paper is accompanied by three tasks during the semester:

- Moderation of one session (including presentation slides and the preparation of discussion questions) to test the communicative competence of presenting scientific topics to an audience.
- Research proposal draft for the final seminar paper (max. 2 pages) and its presentation in a mini conference during the seminar to prepare the final paper.
- Review and discussion of one other student's research proposal draft.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Quantitative methods

#### Inhalt:

This module consists of two building blocks:

First, it provides a basic introduction to contentious politics, with a strong focus on the impact of information technologies on political mobilization, i.e., violent and non-violent collective action and political violence (e.g., protests, riots, armed groups, civil wars, post-conflict stability). New information technologies are a double-edged sword. While they can enable swift collective action and easy coordination of protesters

or other contestants of the government, governments can also use new communication technologies as an effective tool of surveillance, information manipulation, and oppression. This course looks at how information technologies and their development influence and change strategies of political actors. Secondly, it offers an introduction to research designs in this area. This includes a general introduction to research designs as well as specific applications and problems in the field of conflict research (e.g. problems of causal inference, availability and quality of data sources, ethical considerations). The module focuses especially on political mobilization in autocratic environments and relies strongly on quantitative empirical studies.

### **Lernergebnisse:**

Upon the completion of the module, students are

- able to define basic concepts and terms in the research area of contentious politics
- able to summarize and critically evaluate seminal theories of political mobilization
- able to apply these theories to analyze the impact of information technologies on political mobilization.
- able to compare the impact of old information technologies with the impact of new information technologies on political mobilization.
- able to summarize, interpret, and assess the findings of influential empirical studies.
- able to critically evaluate these research designs of empirical studies.
- able to develop their own research project in conflict studies (including the identification of a meaningful research question, the clear definition of the gap in the literature, deduction of hypotheses, deduction of an appropriate research design, and the critical evaluation of existing data sources to investigate the selected research question)

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

The module consists of two seminars: "Information Technologies, Collective Action and Conflict" (2 SWS) and "Quantitative Research Designs in Conflict Studies" (2 SWS). Both seminars a) provide foundational knowledge through presentations and slides on selected topics by the lecturer, b) enable discussion of the contents, c) train students in independent scientific work through student-led sessions (preparation and moderation of at least one session, including slides and discussion questions) and peer feedback on the work of other students, d) prepare students for their final proposal during the semester by including tailored exercises and discussion formats.

### **Medienform:**

Scientific literature, slides, exercises.

### **Literatur:**

- Gohdes, Anita R. 2018. "Studying the Internet and Violent Conflict." *Conflict Management and Peace Science* 35(1):89-106.

- Kellstedt, Paul M., and Guy D. Whitten. 2018. The Fundamentals of Political Science Research (Third Edition). Cambridge: Cambridge University Press.
- King, Gary, Robert O. Keohane, and Sidney Verba. 1994. Designing Social Inquiry. Princeton: Princeton University Press.
- Tilly, Charles, and Sidney Tarrow. 2015. Contentious Politics (Second Edition). Oxford: Oxford University Press.
- Tufekci, Zeynep. 2017. Twitter and Tear Gas: The Power and Fragility of Networked Protest. New Haven: Yale University Press.

**Modulverantwortliche(r):**

Paula, Katrin; Prof. Dr. rer. soc.

**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

### SE1005: Interkulturelle Kompetenzen | Intercultural Competencies [IKK]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2016/17

<b>Modulniveau:</b> Bachelor/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> 45	<b>Präsenzstunden:</b> 15

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

#### Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Als Prüfungsleistung wird von den Studierenden neben der aktiven Teilnahme am Workshop die Erstellung eines Lerntagebuchs im Umfang von 2-5 Seiten gefordert. Darin sollen die Studierenden das Gelernte dokumentieren und in der reflektierten Beschäftigung die eigenen Perspektiven auf kulturelle Unterschiede und Konflikte bewusst aufarbeiten. Sie sollen zeigen, dass sie in der Lage sind, den persönlichen kulturellen Standpunkt kritisch zu hinterfragen und zu beschreiben.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

keine

#### Inhalt:

- Sensibilisierung für intra- und interkulturelle Situationen im (deutschen) Hochschulalltag,
- Vermittlung von interkulturellem Hintergrundwissen,
- Reflexion von Alltagssituationen anhand von Fallbeispielen,
- Umgang mit kulturellen Irritationen,
- Erarbeitung von Strategien für die Zusammenarbeit im multikulturellen Team

#### Lernergebnisse:

Nach der Teilnahme sind die Studierenden in der Lage eigene und fremde kulturelle Standards zu reflektieren, die Gefahren von Stereotypisierung im interkulturellen Kontext zu erkennen, und dadurch kompetenter mit kulturellen Unterschieden und möglichen Konfliktsituationen umzugehen. Die Studierenden können kompetent in interkulturellen Situationen agieren und die erworbenen Soft Skills praxisnah und anschaulich weiterentwickeln. Internationale Studierende können sich leichter in Hochschule, Gesellschaft und Arbeitswelt integrieren. Weiterhin haben sie Strategien erarbeitet um erfolgreich im Studienkontext zusammenzuarbeiten.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Bei der Arbeit mithilfe von Fallbeispielen, Simulationen, und in der Gruppenarbeit, werden Theorien, die in Kurzvorträgen vorgestellt wurden praktisch vermittelt und eingeübt.

**Medienform:**

Flip Chart, Powerpoint-Vortrag, Arbeitsblätter

**Literatur:**

**Modulverantwortliche(r):**

APD Interdisciplinary Engineering

**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

### SOT86066: Machine Learning and Society (3 ECTS) | Machine Learning and Society (3 ECTS)

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2023/24

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> 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:

The module examination is a written examination in the form of a multiple choice test (60 minutes). With the written exam, students demonstrate that they are able to critically evaluate ML technologies, recognize potential biases and harms, and can conceptually contribute to the development of ethical and responsible AI systems. In addition, students prove that they are capable of evaluating key concepts of machine learning, such as algorithmic fairness, and applying them in various socio-technical contexts.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Basic knowledge of machine learning concepts and algorithms is recommended, though not strictly required. The same applies for coding skills. An interest in ethics, social science, and policy aspects related to technology would be advantageous for engaging with the course content.

#### Inhalt:

This module sheds light into the profound impact of machine learning (ML) on society, emphasizing the ethical, societal, and technical challenges posed by advanced algorithms. It aims to equip students with a critical understanding of the implications of ML technologies and the responsibility of practitioners in this field.

##### 1. Algorithmic Bias

Explore the concept of bias in machine learning algorithms.

Understand how bias originates from data sources and algorithmic design.

Examine case studies where algorithmic bias has impacted decision-making in areas like recruitment, criminal justice, and lending.

## 2. Fairness: Formal Definitions

Introduce formal definitions of fairness in the context of machine learning.

Analyze different models of fairness and their applicability in various scenarios.

Discuss the trade-offs and challenges in implementing these models in real-world applications.

## 3. Alignment of Large Language Models (LLMs)

Investigate the alignment challenges in large language models.

Discuss strategies for aligning LLMs with human values and ethical norms.

Evaluate the effectiveness and limitations of these alignment strategies through practical examples.

## 4. Red Teaming

Learn about the practice of red teaming in the context of machine learning.

Understand how adversarial approaches can identify vulnerabilities in ML systems.

Study real-life instances where red teaming has been used to improve system robustness and safety.

## 5. Auditing

Examine the role of auditing in ensuring the ethical use of machine learning.

Discuss methodologies for conducting effective audits of ML systems.

Assess the impact of regulatory and compliance requirements on ML auditing processes.

## 6. Limits of Prediction

Investigate the theoretical and practical limits of predictive modeling in machine learning.

Understand the implications of these limits on the reliability and utility of ML predictions.

Explore scenarios where over-reliance on predictive models can lead to adverse outcomes.

## 7. Algorithmic Harms

Define and categorize different types of algorithmic harms.

Analyze the societal impact of these harms, with a focus on vulnerable and marginalized groups.

Discuss strategies to mitigate and prevent algorithmic harms, including policy interventions and technical solutions.

## 8. ML in Society

Understand how ML systems are influenced by and, in turn, influence social structures, norms, and values.

Discuss case studies that illustrate the deep interconnection between ML applications and social dynamics.

## 9. ML as Society

Understand the collaborative and often complex interactions between these stakeholders in the development and deployment of ML systems.

Examine the roles and responsibilities of each stakeholder group, emphasizing the ethical considerations at each stage of ML development.

Explore the concept of ML systems as socio-technical systems, where technical aspects are deeply intertwined with social, ethical, and organizational dimensions.

**Lernergebnisse:**

After successful participation in the module, students will have a comprehensive understanding of the complex interplay between machine learning and society. They will be equipped to critically assess ML technologies, recognize potential biases and harms, and contribute to the development of more ethical and responsible AI systems. Students will also gain practical skills in auditing and red teaming approaches, understanding the importance of aligning large language models with societal values, and dealing with the challenges of fairness in algorithmic decision-making.

**Lehr- und Lernmethoden:**

The module consists of a lecture. In the lecture students will be introduced to key concepts in Machine learning and Society. During the lecture, there will be slides and presentations, which will describe different parts key concepts. Students will be answer questions and perform short excercises, through which they can prove their understanding of the course content.

**Medienform:**

computer, presentations, videos

**Literatur:**

Barocas, Solon, Moritz Hardt, and Arvind Narayanan. Fairness and machine learning: Limitations and opportunities. MIT Press, 2023.

Raji, Inioluwa Deborah, Andrew Smart, Rebecca N. White, Margaret Mitchell, Timnit Gebru, Ben Hutchinson, Jamila Smith-Loud, Daniel Theron, and Parker Barnes. "Closing the AI accountability gap: Defining an end-to-end framework for internal algorithmic auditing." In Proceedings of the 2020 conference on fairness, accountability, and transparency, pp. 33-44. 2020.

Casper, Stephen, Xander Davies, Claudia Shi, Thomas Krendl Gilbert, Jérémy Scheurer, Javier Rando, Rachel Freedman et al. "Open problems and fundamental limitations of reinforcement learning from human feedback." arXiv preprint arXiv:2307.15217 (2023).

**Modulverantwortliche(r):**

Papakyriakopoulos, Orestis; 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

### SOT86080: Risk & Crisis Communication (6 ECTS) | Risk & Crisis Communication (6 ECTS)

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2024/25

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester
<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:

The module will be assessed through a case study report of 10-15 pages, which will make up 80% of the grade and a 20 minute presentation which makes up the remaining 20%.

The case study report allows the students to demonstrate their ability to determine what constitutes a crisis, that they understand the key concepts and theories in risk and crisis communication and that they know of the typical stages of a crisis. They are further able to highlight their knowledge of the intersection of communication strategies, political decision-making and public attitudes. Within the report students will also critically assess the communication practices utilized in their given topic. In their presentation students will demonstrate their ability to communicate scientific findings to an academic audience.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

An interest in learning about different theories and scenarios of risk and crisis communication as well as social science research.

#### Inhalt:

The module consists of a lecture and a seminar. The lecture introduces the theoretical foundations and practical applications of risk and crisis communication from a social science perspective. It delves into how communication strategies are developed and executed in times of crisis, the role of media, the impact of political decisions, and the psychological aspects of risk perception. This also includes the different stages of the crisis management process, including precrisis (prevention, preparation, planning), crisis response (crisis communications and stakeholder engagement), and

postcrisis (lessons learned, corrective actions and reputation recovery). During the lecture, there will be slides and presentations, students will answer questions and perform short exercises that help them to better understand the course content. In the seminar, students will apply the learned concepts to a case study. They will form groups, learn how to work as teams, and examine a real-life risk and crisis event. Through a presentation and a project report, they will prove their expertise in risk and crisis communication.

### **Lernergebnisse:**

After successful participation in the module, students will have a comprehensive understanding of risk and crisis communication: what constitutes a crisis, understand key concepts and theories in risk and crisis communication, and typical stages of a crisis. They will have an understanding of the intersection of communication strategies, political decision-making, and public attitudes. They will be equipped to critically assess communication practices of past and recent crises. They will be able to work in teams, to conceptualize, plan and execute a risk and crisis communication case study.

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

Lectures, presentations, group work and discussions, assigned readings, film/video screenings. The module consists of a lecture and a seminar. The lecture introduces the theoretical foundations and practical applications of risk and crisis communication from a social science perspective. It delves into how communication strategies are developed and executed in times of crisis, the role of media, the impact of political decisions, and the psychological aspects of risk perception. This also includes the different stages of the crisis management process, including precrisis (prevention, preparation, planning), crisis response (crisis communications and stakeholder engagement), and postcrisis (lessons learned, corrective actions and reputation recovery). During the lecture, there will be slides and presentations, students will answer questions and perform short exercises that help them to better understand the course content. In the seminar, students will apply the learned concepts to a case study. They will form groups, learn how to work as teams, and examine a real-life risk and crisis event. Through a presentation and a project report, they will prove their expertise in risk and crisis communication.

### **Medienform:**

Computer, presentations, videos

### **Literatur:**

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

Walter, Stefanie; Prof. Ph.D.

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

(SOT86080) Risk & Crisis Communication (part of 6 ECTS module) (Seminar, 2 SWS)

Walter S

(SOT86080, SOT86102) Risk & Crisis Communication: Theories and beyond (Vorlesung, 2 SWS)

Walter S

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

## Modulbeschreibung

### SOT86083: Start-up Skills - Legal Fundamentals | Start-up Skills - Legal Fundamentals

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2024/25

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester
<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:

The module exam is a written examination.

The written examination will cover topics regarding the legal fundamentals that are necessary for the foundation of a start-up. The examination will last 60 minutes and will consist of various questions (essay and/or multiple choice)

With the written examination, the students demonstrate that they have understood the most important principles regarding the selection and implementation of an adequate legal form for a start-up, the protection of intellectual property and the creation of a financing concept.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

None

#### Inhalt:

The following topics are covered in the module:

Founding a start-up: legal form and tax law, financing and contracts, specifics, etc.;

Protection of Intellectual Property: Intellectual Property, Patents, Copyright, Trade Secrets, Trademarks;

Data protection law;

Competition law

**Lernergebnisse:**

After completing the seminar, students will be able to choose the appropriate legal form for the establishment of a start-up, as well as to identify the appropriate financing method for the foundation. In addition, students are able to understand the essential legal regulations of intellectual property law, product labelling, data protection law and competition law.

**Lehr- und Lernmethoden:**

The module will be conducted as a seminar in the form of business games / case studies. The students will first complete several introductory units that explain the course of the business game. Subsequently, the students will create concepts for the foundation of a start-up in groups and carry out legal analyses. Finally, qualified feedback is given to show the students possible improvements.

**Medienform:**

Exercise documents, PowerPoint, Reader

**Literatur:**

1. "Wirtschaftsrecht: Handels- und Gesellschaftsrecht", 2. Auflage; Kristian Ewers, Sebastian Jagusch, Daniel Lorberg; NWB Verlag; ISBN: 978-3-470-65542-0
2. "Steuerrecht – leicht gemacht: Eine Einführung nicht nur für Studierende an Universitäten, Hochschulen und Berufsakademien"; 6. Auflage; Stephan Kudert; Ewald-von-Kleist-Verlag; ISBN: 978-3-874-40330-6
3. "Gewerblicher Rechtsschutz und Urheberrecht"; 13. Auflage; Joachim Gruber; Niederle, J; ISBN: 978-3-867-24131-1

**Modulverantwortliche(r):**

Paal, Boris; Prof. Prof. Dr. Dr. jur.

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

(SOT86083) Start-up Skills - Legal Fundamentals (Seminar, 4 SWS)

Paal B ( Krikis K )

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

## Modulbeschreibung

### SOT86084: Introduction to Business Law | Introduction to Business Law

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2025

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> 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:

The module examination consists of a graded, written exam (60 minutes). Necessary legal materials will either be provided or may be brought as copies. Students answer abstract legal questions and solve small cases by applying the respective law. By completing the exam, students demonstrate their understanding of the legal business framework and of basic legal methods for solving a case as well as identifying legal issues and they show that they are able to apply their legal knowledge to a specific case by addressing and discussing such legal issues. The fictive (hypothetical) cases are taken from the areas of law covered during the semester and include concepts as laid down in the first three books of the Bürgerliches Gesetzbuch (German Civil Code) with a particular focus on the digital transformation, fundamentals of German commercial and corporate law (e.g., from the German Commercial Code, HGB), principles of IP law and the EU legal framework for digital businesses. The exact weighting of the abstract questions and the case work will be announced before the exam.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

None.

No prior legal knowledge is required. Everything that is necessary for attending and passing the module is taught as part of the module. Preparation before the start of the module is also not necessary.

### **Inhalt:**

This module introduces the foundations of private business law taking into account the development of new business models (e.g., in the digital transformation) and respective cases for topics such as:

- Foundations of German private law and methods of legal interpretation and case solving, taking into account the European and international perspective on business law;
- General part of the German Civil Code (BGB): Legal capacity, legal transactions, agency;
- Contracts as laid down in the BGB: Establishment, content and termination of different types of contracts; with a particular focus on digital products (Sec. 327 et seqq. BGB);
- Overview of commercial and corporate law as laid down in the BGB and Handelsgesetzbuch (Commercial Code, HGB);
- Law of Torts and unjust enrichment (BGB);
- Property law (BGB), principles of IP Law and implications for phenomena such as the digital transformation;
- Overview of EU Law for Digital Business and its interaction with private law, including the General Data Protection Regulation, the Digital Services Act, the Data Act, the Digital Markets Act, and the AI Act.

### **Lernergebnisse:**

After completing the module, students will be able to

- (1.) understand the basic principles of German private law as distinguished from other jurisdictions and the legal framework for conducting business and the implications of European Union law,
- (2.) analyze essential legal requirements and apply them to specific circumstances,
- (3.) create a legal analysis for a specific case in the area of business law, taking into account developments in business models (e.g., related to the digital transformation), that identifies and addresses legal issues and proposes a solution from the perspective of a judge on the basis of sound legal arguments.

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

The module consists of the lecture and the accompanying case studies. In the lecture, the respective basic legal principles, scope and essence of relevant provisions are presented. This takes place in the form of media-supported frontal teaching together with interactive elements to activate the students, such as live online surveys or discussions, or in a hybrid format.

In the case studies, the established legal understanding is applied to specific life situations including actual and fictional cases. The students discuss the case and the solution of the case together as a group, individually or in small groups. The case study format allows for the students to deepen their understanding of the law, to practise the identification of legal issues, the structured presentation of legal issues as well as the development of sound legal arguments.

### **Medienform:**

PowerPoint, case materials, text of legal acts

**Literatur:**

'No required reading. Materials for consultation during the semester:

- Robbers, An Introduction to German Law, 8th edition 2023 (or previous editions), ISBN 978-3-7560-0011-1
- English translations of German statutes, available online: [https://www.gesetze-im-internet.de/Teilliste\\_translations.html](https://www.gesetze-im-internet.de/Teilliste_translations.html)
- English translations of German case law, available online: <https://law.utexas.edu/transnational/foreign-law-translations/german/toc.php>
- Legal acts of the European Union, available online: <https://eur-lex.europa.eu/homepage.html>
- Case law of the Court of Justice of the European Union, available online: [https://curia.europa.eu/jcms/jcms/j\\_6/en/](https://curia.europa.eu/jcms/jcms/j_6/en/)

**Modulverantwortliche(r):**

Paal, Boris; Prof. Prof. Dr. Dr. jur.

**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

### SOT86085: Sustainable Transitions | Sustainable Transitions

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2025/26

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester
<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:

The module will be assessed in two inter-linked parts, reflecting the lecture + seminar setup. There will be a 60 min end of term written exam consisting of multiple choice questions, open questions and small tasks involving graphs (50%). In the exam students will need to demonstrate that they grasp the key concepts presented in class and the empirical evidence discussed along state-of-the-art research papers. More specifically, students will need to showcase an understanding of socio-technical systems, the drivers and barriers to transition, the role of technology characteristics and innovation, the importance of finance and effects on developing countries. Alongside the course, students will work in groups (individual grading) on two assignments (50%). These assignments will involve working with data on real-world sustainability transition challenges in the OECD as well as non-OECD (i.e., developing) countries.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

none

#### Inhalt:

This module focuses on climate change as one of the key dimensions of sustainability. Climate change is largely driven by the way we generate and use energy (incl. for mobility). A secondary driver of climate change is agriculture and land use change, which will also be discussed in class. Both the 2015 United Nations Paris Agreement on climate change and the UN Sustainable Development Goals call for a fast and extensive transition of our economies and societies. As the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) puts it: "rapid and far-reaching transitions in energy, land, urban and infrastructure (including transport and buildings), and industrial systems [...]. These systems transitions are unprecedented in terms of scale, but not necessarily in terms

of speed [...]". This module introduces students to the challenges involved in this transition and the opportunities (e.g., in innovation, finance, and development) with a particular emphasis on the rate and direction of technical change. It compares the current situation with historical socio-technical transitions and derives the consequences for policymaking using concepts from the innovation and transitions literatures. It then focuses on the role of public policy in governing these transitions, considering the role of finance, institutions and policy feedback - again with a particular focus on emerging and developing countries. The module is designed for an interdisciplinary audience and we expect students to be open to learn from each other and be curious to understand different backgrounds, including the need to explain foundational concepts that may be new to some students but known to others.

### **Lernergebnisse:**

After successful completion of the module students will be able to:

- \* understand the importance of the rate and direction of innovation and technological change to address urgent challenges, such as climate change (SDG13)
- \* explain why large socio-technical systems typically only undergo slow transitions and how effective policies can accelerate the process
- \* recognize the opportunities and threats of sustainability transitions for developing countries
- \* realize the criticality of finance and investment for large transitions
- \* link their own actions and sphere of influence to sustainability challenges with a refined understanding of different impact channels

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

The module will include a mix of teaching methods containing a lecture and a seminar. In the lecture students will be introduced to the frameworks, concepts and recent empirical evidence on the drivers of and barriers to sustainability transitions. They will learn about the policy, politics and historical background of sustainability transitions. In the accompanying seminar students will then be able to utilize their knowledge to critically discuss and evaluate related literature and current events. The seminar will be accompanied by real-world assignments involving data analysis and writing.

### **Medienform:**

PowerPoint, Audio (e.g., podcast), Whiteboard, Case studies, Data

### **Literatur:**

Howlett, M., Cashore, B. (2014). Conceptualizing Public Policy. In: Engeli, I., Allison, C.R. (eds) Comparative Policy Studies. Research Methods Series. Palgrave Macmillan, London.

Raworth, K. (2018). Doughnut Economics: Seven Ways to Think Like a 21st-Century Economist. Random House Business.

Obama, B. (2017). The Irreversible Momentum of Clean Energy. Science 355(6321), 126-129.

These are background reads, the syllabus will cover state-of-the art research papers.

**Modulverantwortliche(r):**

Egli, Florian; Prof. Dr.sc. ETH Zürich

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

(SOT86085) Sustainable Transitions - Lecture (Vorlesung, 2 SWS)

Lehofer C, Egli F, Toetzke M

(SOT86085) Sustainable Transitions - Seminar (Seminar, 2 SWS)

Lehofer C, Egli F, Toetzke M

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

## Modulbeschreibung

### SOT86097: Aligning Generative AI to Social Values (3 ECTS) | Aligning Generative AI to Social Values (3 ECTS)

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2024

<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:

The module examination consists of a written exam (Multiple Choice Test) (60 minutes). With the Multiple Choice Test, the students show their understanding of the principles and frameworks for aligning generative AI systems with societal values and ethical considerations. They further demonstrate their ability to critically evaluate the impact of generative AI technologies on different social dimensions and to understand the challenges and complexities of balancing innovation with ethical responsibility in deploying of generative AI.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Basic knowledge of machine learning concepts and algorithms is recommended, though not strictly required. The same applies for coding skills. An interest in ethics, social science, and policy aspects related to technology would be advantageous for engaging with the course content.

#### Inhalt:

This module explores the intersection of generative AI and social values, focusing on ethical considerations, bias mitigation, and the development of AI systems that reflect diverse societal values. Students will engage with theoretical frameworks, practical tools, and case studies to understand and address the ethical challenges in generative AI.

Course Content:

1. Introduction to Generative AI and Social Values

Overview of generative AI technologies

Importance of aligning AI with societal values

Ethical principles in AI (fairness, accountability, transparency, inclusivity)

## 2. Ethical Frameworks and Principles

Key ethical theories and their application to AI

Existing frameworks for ethical AI

Case studies on ethical AI failures and successes

## 3. Understanding and Mitigating Bias in Generative AI

Types and sources of bias in AI models

Methods for detecting and mitigating bias

Practical exercises in bias identification and mitigation

## 4. Transparency and Accountability in AI

Importance of transparency in AI systems

Techniques for improving transparency

Ensuring accountability in AI deployment

## 5. Auditing and Red Teaming Approaches

Introduction to auditing AI systems

Red teaming methodologies for stress-testing AI models

Hands-on projects in auditing and red teaming generative AI

## 6. Aligning Large Language Models with Societal Values

Challenges specific to large language models (e.g., GPT, BERT)

Techniques for aligning language models with ethical standards

Practical projects in fine-tuning and aligning language models

## 7. Balancing Innovation and Ethical Responsibility

Case studies on innovation vs. ethical dilemmas in AI

Strategies for responsible AI development

Policy implications and regulatory considerations

### **Lernergebnisse:**

Upon successful completion of this module, students will:

Develop a thorough understanding of the principles and frameworks for aligning generative AI systems with societal values and ethical considerations.

Be able to critically evaluate the impact of generative AI technologies on various social dimensions, including fairness, accountability, transparency, and inclusivity.

Acquire skills to identify and mitigate biases in generative AI models, ensuring more equitable and just outcomes.

Understand the challenges and complexities of balancing innovation with ethical responsibility in the deployment of generative AI.

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

The module consists of a lecture.

In the lecture students will be introduced to key concepts in Generative AI & Social Values. During the lecture, there will be slides and presentations, which will describe different parts key concepts.

Students will answer questions and perform short exercises, through which they can prove their understanding of the course content.

**Medienform:**

computer, presentations, videos

**Literatur:**

Gabriel, Iason. "Artificial intelligence, values, and alignment." *Minds and machines* 30, no. 3 (2020): 411-437.

Ryan, Michael J., William Held, and Diyi Yang. "Unintended Impacts of LLM Alignment on Global Representation." *arXiv preprint arXiv:2402.15018* (2024).

Casper, Stephen, Xander Davies, Claudia Shi, Thomas Krendl Gilbert, Jérémy Scheurer, Javier Rando, Rachel Freedman et al. "Open problems and fundamental limitations of reinforcement learning from human feedback." *arXiv preprint arXiv:2307.15217* (2023).

Shi, Weiyan, Ryan Li, Yutong Zhang, Caleb Ziems, Raya Horesh, Rogério Abreu de Paula, and Diyi Yang. "CultureBank: An Online Community-Driven Knowledge Base Towards Culturally Aware Language Technologies." *arXiv preprint arXiv:2404.15238* (2024).

**Modulverantwortliche(r):**

Papakyriakopoulos, Orestis; Prof. Dr. rer. nat.

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

(SOT86097, SOT86074) Aligning Generative AI to Social Values (Vorlesung, 2 SWS)

Papakyriakopoulos O

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

## Modulbeschreibung

### SOT86701: EuroTeQ Collider. Enhancing Connections for Sustainable Futures (MSc) | EuroTeQ Collider. Enhancing Connections for Sustainable Futures (MSc)

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2024

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> 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:

During this module, students must complete following tasks: producing a presentation that provides information on the project concept development and implementation, as well as a final report, charting the progress of their work/research over time. These assessments will evaluate a) the success of the project and b) the learning success of the students in oral and written form. Students will be graded based on the active participation in a group project (20%), a final presentation of project results (60%) and a final project report (20%). These examination requirements will assess the success of the project, but also examine the learning success of the students in oral and written form.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

This module is aimed at all students enrolled in a Bachelor or Master program at the TUM; it is thus designed as an interdisciplinary venue which brings together a range of scientific perspectives. No specific prior knowledge is required; however, its project-based character requires high levels of intrinsic motivation and the willingness to actively participate in a project. Please register for this course via TUM Online. If you have any questions or problems to register, please send an email to [euroteq@ja.tum.de](mailto:euroteq@ja.tum.de)

#### Inhalt:

"Enhancing Connections for Sustainable Futures" aims to promote an integrated approach based on three main areas: People, Nature, and Technology. In the "People" domain, the focus is on empowering and enabling communities. This involves connecting people's needs and

aspirations through technology, including digital solutions, in various areas such as wellbeing, health, culture, etc. In the "Nature" realm, the call concentrates on the conscious use of nature and the consideration of its resources. This includes examining interactions in ecosystems, safeguarding biodiversity and nature conservation, as well as utilizing renewable energies. Within the "Technology" sphere, the emphasis is on establishing efficient connections through technology, both digital and physical. This encompasses various fields such as information technology, logistics, transportation, manufacturing, communication, etc. Overall, the call aims to promote sustainable connections that enable meeting human needs, protecting the environment, and leveraging innovative technologies to achieve these goals.

The Technical University of Munich (TUM) joint forces within eight leading universities of science, technology and business to foster the European spirit in a EuroTeQ format to promote innovative engineering education across Europe. Together, we have created the first EuroTeQ Collider in 2022. Now, the journey goes into the second round. The Collider is an innovative learning format with the aim of bringing students together with vocational trainees and professionals to tackle challenges. The theme for the period 2024-2026 is "Enhancing connections for sustainable Futures". The goal is to connect participants with different profiles and personalities to boost creativity, innovation, shared understanding, enabling participants to imagine new approaches and design disruptive solutions.

The module is a seminar that gives students the opportunity to apply their knowledge on topics related to the theme "Enhancing connections for sustainable Futures". Within this overarching theme, we are offering challenges on three different topic-domains, namely:

- People – e.g., empowering and enabling communities, connecting people's needs and aspirations through technology (including digital solutions) in different areas such as wellbeing, health, culture, etc.
- Nature – e.g., on the conscious use of nature, taking into account environmental resources and the relationship of organisms to the environment: interactions in the ecosystem, safeguarding biodiversity and nature conservation, use of renewable energies, etc.
- Technology – e.g., efficient connections through technology, both digital and physical, in various areas such as information technology, logistics, transportation, manufacturing, communication, etc.

Within every topic domain, interdisciplinary (and international) teams of students, vocational trainees and professional learners are formed to develop solutions towards a desirable future, test and validate tools and create prototypes of their solutions. A selection of the best projects will be presented in a major high-level event, the EuroTeQaThon.

### **Lernergebnisse:**

After completion, all EuroTeQ Collider participants will be able to:

- Select and apply appropriate design, engineering and business approaches and tools to create an innovative and science-based solution to a real-life challenge.

- Develop a profound interpretation of a complex, real-life problem and its context using a system-thinking approach, considering multiple perspectives.
- Develop a problem-driven, creative, and integrative design, demonstrated by a concrete prototype that balances desirability, feasibility, and viability.
- Use disciplinary knowledge and expertise in an inter-disciplinary team to develop an innovative and scientifically sound solution in a European context.
- Communicate your ideas, at different levels of elaboration, via several mediums in an international context to a diverse set of stakeholders.
- Define and regularly reflect on personal and team development.

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

A range of teaching & learning techniques will be applied:

- (pre-recorded) videos and online presentations, with podcasts and interviews, Q&A Sessions with experts
- This module is focusing on service-learning and project-based learning
- After a set of introductory sessions which provide input on the core topics but also project management, students will work on their projects in groups. Progress will be determined through project presentations during the semester, continuous feedback from the instructors, as well as peer-to-peer feedback.
- Presentational skills will be further facilitated through the requirement to present the results
- As students and professionals will work together in a joint effort, all participants will not only improve their technical skills but also enhance their soft skills such as team spirit, flexibility to work in multicultural environments, and design thinking, which are also very important in professional life.

### **Medienform:**

### **Literatur:**

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

Wester, Angela; M.A.

### **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

### SZ0330: Deutsch für Ingenieur/innen B2 | German for Engineers B2

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2022

<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:

In den Prüfungsleistungen werden die in der Modulbeschreibung angegebenen Lernergebnisse geprüft. Die Prüfungsleistungen werden in Form von kompetenz- und handlungsorientierten (Portfolio-) Prüfungsaufgaben erbracht. Hilfsmittel sind erlaubt.

Die Prüfungsleistungen sind in ihrer Gesamtheit so konzipiert, dass die Anwendung von Wortschatz und Grammatik, das Lese- und/oder Hörverstehen sowie die freie Textproduktion geprüft werden.

Mündliche Kommunikationsfähigkeiten werden anhand der Anwendung entsprechender Redemittel in schriftlichen Dialogbeispielen überprüft und/oder in Form einer Audio-/Videodatei. Hierzu beachten wir die Datenschutzgrundverordnung (DSGVO, Art. 12 -21).

#### Wiederholungsmöglichkeit:

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Deutschkenntnisse Niveau B2/gesicherte Deutschkenntnisse der Stufe B1.2

#### Inhalt:

Das Modul orientiert sich am Niveau B2 des GER. In diesem Modul werden Kenntnisse in Deutsch als Fremdsprache erarbeitet, die es Studierenden in ingenieurwissenschaftlichen Fächern ermöglichen, in Studium und Beruf aktiv und annähernd flüssig über Themen ihres Fachgebietes zu kommunizieren. Die Studierenden erarbeiten die Anwendung eines allgemeinen technischen Fachwortschatzes sowie einen differenzierteren Wortschatz zu einem Thema im eigenen Fach. Sie verwenden Strategien, die effizientes Hören und Lesen unterstützen, vertiefen ihre Kenntnisse zu grundlegenden fachsprachlichen Strukturen und Diskursmustern (wie z.B. Funktionen beschreiben, Vor- und Nachteile angeben, vergleichen). Die Studierenden präsentieren Gegenstände ihres Faches, erweitern ihr Wissen durch gezieltes Nachfragen und diskutieren über Fachthemen.

**Lernergebnisse:**

Im Anschluss an das Modul können die Studierenden relevanten Fachwortschatz verwenden und Zusammenhänge des eigenen Faches und Interessengebietes selbstständig und nachvollziehbar darstellen. Sie sind in der Lage, Fachpräsentationen zu folgen, sofern sie gut vorgetragen sind, und nach Bedarf das eigene Wissen durch gezieltes Nachfragen zu erweitern. Sie können annähernd flüssig argumentieren und auf die Argumente anderer eingehen.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Das Modul besteht aus einem Seminar, in dem die angestrebten Lerninhalte mit gezielten Hör-, Lese- und Sprechübungen in Einzel-, Partner- und Gruppenarbeit kommunikativ und handlungsorientiert erarbeitet werden. Eine fachbezogene Präsentation zu Studieninhalten im Rahmen der Lehrveranstaltung ist obligatorisch. Freiwillige Hausaufgaben (zur Vor- und Nacharbeitung) festigen das Gelernte.

**Medienform:**

multimedial gestütztes Lehr- und Lernmaterial, auch online

**Literatur:**

Lehrwerk: wird im Kurs bekannt gegeben

**Modulverantwortliche(r):**

Christina Thunstedt

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

Deutsch für Ingenieur/innen B2 (Seminar, 2 SWS)

Hanke C

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

## Modulbeschreibung

### SZ0331: Deutsch für Ingenieur/innen C1 | German for Engineers C1

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2022

<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:

In den Prüfungsleistungen werden die in der Modulbeschreibung angegebenen Lernergebnisse geprüft. Die Prüfungsleistungen werden in Form von kompetenz- und handlungsorientierten (Portfolio-) Prüfungsaufgaben erbracht. Hilfsmittel sind erlaubt.

Die Prüfungsleistungen sind in ihrer Gesamtheit so konzipiert, dass die Anwendung von Wortschatz und Grammatik, das Lese- und/oder Hörverstehen sowie die freie Textproduktion geprüft werden.

Mündliche Kommunikationsfähigkeiten werden anhand der Anwendung entsprechender Redemittel in schriftlichen Dialogbeispielen überprüft und/oder in Form einer Audio-/Videodatei. Hierzu beachten wir die Datenschutzgrundverordnung (DSGVO, Art. 12 -21).

#### Wiederholungsmöglichkeit:

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Deutschkenntnisse Niveau C1/gesicherte Deutschkenntnisse der Stufe B2.2

#### Inhalt:

Das Modul orientiert sich am Niveau C1 des GER. In diesem Modul werden Kenntnisse in Deutsch als Fremdsprache erarbeitet, die es den Studierenden ermöglichen, in Studium und Beruf flüssig über ingenieurwissenschaftliche Themen des eigenen und eines fremden Fach- und Interessengebiets zu kommunizieren. Die Studierenden erarbeiten einen umfangreichen und differenzierten Wortschatz zu einem breiten Spektrum an technischen Themen. Sie verwenden Strategien, die effizientes Hören und Lesen im Fach unterstützen, vertiefen ihre Kenntnisse zu relevanten Strukturen wie z.B. zum Nominalstil und erweitern ihr Repertoire an fachsprachlichen Diskursmustern (z.B. Ursachen und Wirkungen beschreiben, definieren etc.). Im Seminar präsentieren sie einen komplexen Gegenstand ihres Faches und diskutieren aktuelle Themen mit ingenieurwissenschaftlichem Bezug.

**Lernergebnisse:**

Im Anschluss an das Modul können die Studierenden relevanten Fachwortschatz kompetent verwenden und dabei auch komplexe Satzstrukturen produzieren. Sie können authentischen Lese- und Hörtexten wichtige Informationen in der für Studium und Beruf erforderlichen Schnelligkeit entnehmen. Sie verfügen über sprachliche Mittel, die erfolgreiche Kommunikation über ingenieurwissenschaftliche Zusammenhänge in interkulturellen sowie interdisziplinären Teams ermöglichen. Die Studierenden sind in der Lage, zu kontroversen Themen mit ingenieurwissenschaftlichem Bezug ausführlich und logisch nachvollziehbar Stellung zu beziehen.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Das Modul besteht aus einem Seminar, in dem die angestrebten Lerninhalte mit gezielten Hör-, Lese- und Sprechübungen in Einzel-, Partner- und Gruppenarbeit kommunikativ und handlungsorientiert erarbeitet werden. Eine fachbezogene Präsentation zu Studieninhalten im Rahmen der Lehrveranstaltung ist obligatorisch. Freiwillige Hausaufgaben (zur Vor- und Nacharbeitung) festigen das Gelernte.

**Medienform:**

multimedial gestütztes Lehr- und Lernmaterial, auch online

**Literatur:**

Lehrbuch: wird im Kurs bekannt gegeben

**Modulverantwortliche(r):**

Christina Thunstedt

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

Deutsch für Ingenieur/innen C1 (Seminar, 2 SWS)

Hartkopf D

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

## Modulbeschreibung

### **SZ0346: Deutsch als Fremdsprache C1.2 - Professionell kommunizieren in Wissenschaft und Beruf | German as a Foreign Language C1.2: Communicating Professionally in Science and Business**

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2022

<b>Modulniveau:</b> Bachelor/Master	<b>Sprache:</b> Deutsch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Unregelmäßig
<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 den Prüfungsleistungen werden die in der Modulbeschreibung angegebenen Lernergebnisse geprüft.

Die Prüfungsleistungen werden in Form von kompetenz- und handlungsorientierten (Portfolio-) Prüfungsaufgaben erbracht.

Hilfsmittel sind erlaubt. Die Prüfungsleistungen sind in ihrer Gesamtheit so konzipiert, dass die Anwendung von Wortschatz und Grammatik, das Lese- und/oder Hörverstehen sowie die freie Textproduktion geprüft werden.

Mündliche Kommunikationsfähigkeiten werden anhand der Anwendung entsprechender Redemittel in schriftlichen Dialogbeispielen überprüft und/oder in Form einer Audio-/Videodatei. Hierzu beachten wir die Datenschutzgrundverordnung (DSGVO, Art. 12 -21).

#### **Wiederholungsmöglichkeit:**

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

gesicherte Kenntnisse der Stufe C1.1; Einstufungstest mit Ergebnis C1.2

#### **Inhalt:**

In diesem Modul werden Kenntnisse in Deutsch als Fremdsprache auf anspruchsvollem schriftsprachlichen Niveau und unter Berücksichtigung interkultureller, landeskundlicher und studienbezogener Aspekte erarbeitet.

Die Studierenden beschäftigen sich mit komplex aufgebauten und anspruchsvoll formulierten Hör- und Lesetexten auf wissenschaftssprachlichen Niveaus zu aktuellen Themen aus Bereichen wie

z.B. Ökologie, Ökonomie und Soziologie. Sie überprüfen und vertiefen dabei ihre Fähigkeiten, mühelos und flüssig in der Fremdsprache zu agieren.

Sie erweitern ihre Fertigkeit, Textsorten und Schreibstile zu unterscheiden und implizit formulierte Meinungen zu identifizieren. Sie üben, komplexe Sachtexte auch außerhalb des eigenen Fachgebietes zu analysieren, strukturiert zu komprimieren und ausführlich Stellung zu beziehen. Sie üben, längeren Redebeiträgen, Vorträgen, Reportagen etc. detaillierte Informationen zu entnehmen. Sie lernen Bedeutungsnuancen verwandter Ausdrücke zu differenzieren und eine Vielzahl von Redewendungen zu verstehen. Sie vertiefen ein differenziertes Repertoire an Ausdrucksvarianten zu aktuellen Themen wissenschaftlicher und populärwissenschaftlicher Fragestellungen. Sie beschäftigen sich mit ausgewählten grammatischen Besonderheiten wie z.B. Nominalisierungsmöglichkeiten und Nominalstil, Textkohärenz, den verschiedenen Formen der Indirekten Rede, Wortbildungsvarianten und der Funktion des Pronomens „es“.

Die Studierenden hinterfragen Positionen des öffentlichen Diskurses auch nach ihrer kulturellen Bedingtheit. Sie setzen sich mit ausgewählten Aspekten der Arbeitskultur in Deutschland auseinander.

### **Lernergebnisse:**

Das Modul orientiert sich am Niveau C1 des GER.

Die Studierenden können den Inhalt von komplexen Artikeln und Berichten auch außerhalb des eigenen Fach- und Interessengebiets selbstständig und vielfach mühelos verstehen und Standpunkte identifizieren.

Sie können längeren Redebeiträgen und Vorträgen zu aktuellen Themen wie auch Fachvorträgen innerhalb und außerhalb ihres Fachgebietes folgen, sofern sie klar vorgetragen werden.

Sie sind in der Lage, zu aktuellen Themen aus Wissenschaft und Sozialleben ausführlich und logisch nachvollziehbar Stellung zu beziehen, sowie zu Themen aus ihrem Interessen- oder Fachgebiet klar strukturiert und verständlich zu referieren.

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

Das Modul besteht aus einem Seminar, in dem die angestrebten Lerninhalte mit gezielten Hör-, Lese-, Schreib- und Sprechübungen in Einzel-, Partner- und Gruppenarbeit kommunikativ und handlungsorientiert erarbeitet werden. Ergänzend sollen die Teilnehmenden durch kontrolliertes Selbstlernen ausgewählte Grammatikthemen und Wortschatzübungen mit vorgegebenen Materialien eigenständig erarbeiten.

Freiwillige Hausaufgaben (zur Vor- und Nacharbeitung) festigen das Gelernte.

### **Medienform:**

Lehrbuch; multimedial gestütztes Lehr- und Lernmaterial, auch online

### **Literatur:**

Lehrbuch wird im Seminar bekannt gegeben

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

Christina Thunstedt

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

Deutsch als Fremdsprache C1.2 - Professionell kommunizieren in Wissenschaft und Beruf  
(Seminar, 2 SWS)

Koch H

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

## Modulbeschreibung

### SZ0349: Deutsch als Fremdsprache C1 - Kommunikation im Unternehmen | German as a Foreign Language C1 - Communication in Companies

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2022

<b>Modulniveau:</b> Bachelor/Master	<b>Sprache:</b> Deutsch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Unregelmäßig
<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 den Prüfungsleistungen werden die in der Modulbeschreibung angegebenen Lernergebnisse geprüft.

Die Prüfungsleistungen werden in Form von kompetenz- und handlungsorientierten (Portfolio-) Prüfungsaufgaben erbracht. Hilfsmittel sind erlaubt. Die Prüfungsleistungen sind in ihrer Gesamtheit so konzipiert, dass die Anwendung von Wortschatz und Grammatik, das Lese- und/oder Hörverstehen sowie die freie Textproduktion geprüft werden. Mündliche Kommunikationsfähigkeiten werden anhand der Anwendung entsprechender Redemittel in schriftlichen Dialogbeispielen überprüft und/oder in Form einer Audio-/Videodatei. Hierzu beachten wir die Datenschutzgrundverordnung (DSGVO, Art. 12 -21).

#### Wiederholungsmöglichkeit:

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Deutschkenntnisse Niveau C1/gesicherte Kenntnisse der Stufe B2.2

#### Inhalt:

Das Modul orientiert sich am Niveau C1 des GER. In dieser Lehrveranstaltung werden Kenntnisse in Deutsch als Fremdsprache erarbeitet und vertieft, die den Studierenden ermöglichen, im beruflichen Kontext sprachlich souverän und flüssig zu kommunizieren. Anhand ausgewählter beruflicher Themenfelder (wie z. B. Karriereentwicklung, Unternehmensleitbilder, ‚Digitale Transformation‘, Kreativität und Innovation sowie Projektarbeit und Unternehmenspräsentation) werden Teilprozesse und Situationen aus dem Berufsalltag simuliert und aktiv trainiert, wie z.B.

Leitbild eines Unternehmens verstehen, E-Mails kontextbezogen schreiben, Präsentationen halten und proaktiv an Meetings teilnehmen.

Die Studierenden vertiefen ein Spektrum an berufs- und branchenbezogenem Vokabular. Sie trainieren entsprechende Mehrwortverbindungen und Dialogmuster und vertiefen ihre Grammatikkenntnisse in Bezug auf indirekte Aufforderungen (Imperativ, wichtige Verben mit Vorsilben) sowie den Verbal- und Nominalstil.

### **Lernergebnisse:**

Im Anschluss an das Modul kann der/die Studierende das Unternehmensleitbild eines Unternehmens verstehen und mögliche Fragen an das Unternehmen per E-Mail formulieren, einer Podiumsdiskussion die Hauptaussagen entnehmen und zusammenfassen, einen Kommentar per E-Mail verfassen, ein Produkt präsentieren und auf mögliche Fragen souverän reagieren.

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

Das Modul besteht aus einem Seminar, in dem die angestrebten Lerninhalte mit gezielten Hör-, Lese- und Sprechübungen in Einzel-, Partner- und Gruppenarbeit kommunikativ und handlungsorientiert im jeweiligen Berufskontext erarbeitet werden.

Anhand ausgewählter Themenschwerpunkte und Kommunikationsmuster werden Grundlagen des monologischen und dialogischen Sprechens in der Fremdsprache zu beruflichen Themen vermittelt.

Freiwillige Hausaufgaben (zur Vor- und Nacharbeitung) festigen das Gelernte.

### **Medienform:**

multimedial gestütztes Lehr- und Lernmaterial (Tafel, Folien, Übungsblätter, Bilder, Grafiken, Filme, etc.), auch online

### **Literatur:**

Baier, Gabi/Karagiannakis, Evangelia/Merkelbach, Matthias/ Schappert, Petra/ Weimann, Gunther: Fokus Deutsch C1 – Erfolgreich im Alltag und Beruf, Berlin: Cornelsen 2022 (freiwillig)

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

Christina Thunstedt

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

Deutsch als Fremdsprache C1 - Kommunikation im Unternehmen (Seminar, 2 SWS)

Häusler A

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

## Modulbeschreibung

### SZ0406: Englisch - Writing Academic Research Papers C2 | English - Writing Academic Research Papers C2

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2022

<b>Modulniveau:</b> Bachelor/Master	<b>Sprache:</b>	<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:

Performance, testing the learning outcomes specified in the module description, is examined by a cumulative portfolio of competence and action-oriented tasks. These include a 350-word abstract for an academic research paper (15%); a 15-minute oral “academic-conference-style” presentation of research and findings (35%); and complete an academic research paper of up to 5,000 words including references (APA/MLA style, 50%), in which they demonstrate an ability to critically engage in academic discourse, making use of rhetorical devices and conventions appropriate for their audience. The major assignment is based on multiple iterations of the academic research paper on which critical feedback has been given by the instructor.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Ability to begin work at at least 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:

This is a process writing course during which students will study effective organization of written academic English incorporating discourse markers, topic sentences, and good paragraphing; study effective use of rhetorical structures appropriate to academic English: e.g. theme and rheme, nominalisation, use of passive, as well as register and style appropriate to target audience; and choose a topic commensurate with their interests/area of study and produce an abstract, a presentation and an academic research paper with the support of peers and tutor.

## **Lernergebnisse:**

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

Students will:

- a) Research a topic and gather information pertinent to a self-chosen thesis/research question
- b) Prepare a presentation outlining their chosen research question or thesis which they will have to defend orally
- c) Work on their chosen topic with tutor support and regular tutorials

The tutor will:

- a) Give short input presentations with accompanying language based activities (pair work, group work) at the beginning of each sessions in the first half of the course
- b) Give regular tutorial support

### **Medienform:**

Powerpoint presentations (student and lecturer generated); Audio and visual recordings from a variety of sources; printed handouts.

### **Literatur:**

Handouts and selected extracts from published sources will be used in the course. Key literature will be advised by the teacher and/ or listed in the course description.

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

Christina Thunstedt

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

Englisch - Writing Academic Research Papers C2 (Seminar, 2 SWS)

Davies A, Hughes K

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

## Modulbeschreibung

### SZ0425: Englisch - Introduction to Academic Writing C1 | English - Introduction to Academic Writing C1

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2022

<b>Modulniveau:</b> Bachelor/Master	<b>Sprache:</b> Englisch	<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:

Performance, testing the learning outcomes specified in the module description, is examined by a cumulative portfolio of competence and action-oriented tasks. This includes three writing assignments (each 30%) covering various essay genres such as process description, comparison/contrast, problem/solution, requiring argumentation, persuasion and analysis, as well as a final exam (10%). Students will be graded on their ability to present content clearly and succinctly taking readers' needs and writing conventions into consideration.

As the course may be offered in various formats (online or classroom) the form and conditions of the final exam (with or without aids) will vary. Where audio or video is recorded, we observe the Basic Data Protection Regulation (DSGVO, Art. 12 -21).

#### Wiederholungsmöglichkeit:

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Ability to begin work at the C1 level of the GER as evidenced by the placement test at [www.moodle.tum.de](http://www.moodle.tum.de).

#### Inhalt:

This course will help students learn to express themselves more correctly and persuasively in written English. There will be a focus on forming correct sentences and paragraphs, working towards the production of longer texts of the type students will be expected to write during their academic studies. They will also learn to evaluate and interpret the written texts of others.

**Lernergebnisse:**

After completion of this module students will be able to write academic texts with greater fluency and accuracy and with fewer grammatical errors. They will be able to engage the rules of composition to construct logical and mature descriptions, explanations, and claims of the sort they will need throughout their academic years and beyond.

Corresponds to C1 of the CER.

**Lehr- und Lernmethoden:**

This course makes use of peer group revision (students give each other feedback on their texts), working through multiple drafts, and evaluation of model texts to help students develop their academic writing skills.

**Medienform:**

Peer groups, handouts, textbook, online resources.

**Literatur:**

Handouts and selected extracts from published sources will be used in the course. Key literature will be advised by the teacher and/ or listed in the course description.

**Modulverantwortliche(r):**

Christina Thunstedt

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

Englisch - Introduction to Academic Writing C1 (Seminar, 2 SWS)

Lemaire E, Ritter J, Schrier T, Starck S

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

## Modulbeschreibung

### SZ0429: Englisch - English for Scientific Purposes C1 | English - English for Scientific Purposes C1

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2022

<b>Modulniveau:</b> Bachelor/Master	<b>Sprache:</b> Englisch	<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:

Performance, testing the learning outcomes specified in the module description, is examined by a cumulative portfolio of competence and action-oriented tasks consisting of multiple drafts of two assignments to allow students to develop written skills by means of a process of drafting and revising texts (25% each assignment), as well as an oral presentation (including a handout and visual aids, 25%) , and a final written examination (25%).

#### Wiederholungsmöglichkeit:

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

C1 level according to the online placement test

#### Inhalt:

This course enables students to practise scientific and technical English through active group discussions and delivery of subject-related presentations.

Students will develop an awareness of Anglo-American public speaking conventions and will be able to put these into practice. In written and spoken contexts they will be able to differentiate accurately between situations requiring formal or familiar registers and select the correct form. Further, they will improve their ability to present content clearly and succinctly taking readers' needs and writing conventions into consideration.

#### Lernergebnisse:

On completion of this module/course students will have expanded their knowledge of vocabulary related to science and technology. The student's reading, writing and listening skills as well as oral fluency will improve.

Corresponds to C1 of the CER.

**Lehr- und Lernmethoden:**

This course involves pair-work and group-work enabling students to develop their verbal and written skills in scientific and technical environment.

**Medienform:**

Internet sources, handouts contributed by course tutor/students, e-learning platform

**Literatur:**

Internet articles, Journals such as Nature and Scientific American

**Modulverantwortliche(r):**

Christina Thunstedt

**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

### SZ0453: Englisch - Scientific Presentation and Writing C2 | English - Scientific Presentation and Writing C2

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2022

<b>Modulniveau:</b> Bachelor/Master	<b>Sprache:</b> Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester/ Sommersemester
<b>Credits:*</b> 3	<b>Gesamtstunden:</b>	<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:

Performance, testing the learning outcomes specified in the module description, is examined by a cumulative portfolio of competence and action-oriented tasks. An oral presentation including a handout and visual aids (25%), written assignments (50%), and a final exam (25%) contribute to the final course grade. Students are expected to complete a presentation, an argumentative research essay, five forum entries, and a final exam for the final grade.

As the course may be offered in various formats (online or classroom) the form and conditions of the final exam (with or without aids) will vary. Where audio or video is recorded, we observe the Basic Data Protection Regulation (DSGVO, Art. 12 -21).

#### Wiederholungsmöglichkeit:

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Ability to begin work at the C2 level as evidenced by a placement test score in the range of 80 – 100 percent. (Please check current announcements as the exact percentages may vary each semester.)

#### Inhalt:

This course allows students to practice for formal speaking tasks in English such as a class presentation, dissertation defense or conference talk, and for completing formal written tasks such as a journal article, report, project proposal or a literature summary.

#### Lernergebnisse:

After completion of this module students can understand with increased ease virtually everything heard or read; they can summarize information from different spoken and written sources,

reconstructing arguments and accounts in a coherent presentation, and they can express themselves spontaneously very fluently and precisely, differentiating finer shades of meaning even in more complex situations.

Corresponds to C2 of the CER.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Techniques for evaluating one's own presenting and writing will be practiced, with opportunities to revise drafts. Oral and written peer evaluations will form a regular component of the class sessions including use of an online peer forum and online instructor feedback.

**Medienform:**

Course handouts, online platform

**Literatur:**

Handouts and selected extracts from published sources will be used in the course. Key literature will be advised by the teacher and/ or listed in the course description.

**Modulverantwortliche(r):**

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

Englisch - Scientific Presentation and Writing C2 (Seminar, 2 SWS)

Hughes K, Schrier T

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

## Modulbeschreibung

### SZ0471: Englisch - Intensive Thesis Writers' Workshop C2 | English - Intensive Thesis Writers' Workshop C2

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2022

<b>Modulniveau:</b> Bachelor/Master	<b>Sprache:</b> Englisch	<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:

Performance, testing the learning outcomes specified in the module description, is examined by a cumulative portfolio of competence and action-oriented tasks. Students' thesis-writing ability will be assessed based on their demonstration of clear improvements over the course of the workshop, showing that an effort has been made to implement the material discussed in class and the individual consultations with the instructor.

#### Wiederholungsmöglichkeit:

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

For students currently writing theses or dissertations in English. Ability to begin work at the upper C1 or C2 level of the GER, as demonstrated by a score above 75% on the English placement test at [www.moodle.tum.de](http://www.moodle.tum.de). Basic understanding of grammatical terms (e.g., parts of speech, subject, verb, object, active, passive, nominalization).

#### Inhalt:

This course is aimed at students currently writing theses or dissertations. It combines group seminars with individual consultations. All sessions go beyond mere questions of "correct" grammar and word choice and emphasize instead stylistic guidelines for compelling and clear English writing at a high academic level. Discussions have a slight emphasis on strategies for German speakers but are appropriate to students from any language background. The individual sessions are tailored to the needs of each student.

#### Lernergebnisse:

After completion of this module, students will be able to express themselves with greater clarity and precision in written English. They will become more familiar with strategies for effective

academic writing in English specifically, while gaining a sense for potential contrasts with their own native languages. Students will develop techniques to implement compelling sentence constructions, create cohesion within and between sentences, and render paragraphs coherent through specific semantic and syntactic choices.

Corresponds to C2 of the CER.

**Lehr- und Lernmethoden:**

Seminars adopt a communicative and skills-oriented approach through group discussion, case studies, presentations, group work, etc. Individual sessions use students' texts as the primary learning materials.

**Medienform:**

Handouts, presentations, audio-visual material, students' own texts.

**Literatur:**

Handouts and selected extracts from published sources will be used in the course. Key literature will be advised by the teacher and/ or listed in the course description.

**Modulverantwortliche(r):**

Christina Thunstedt

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

Englisch - Intensive Thesis Writers' Workshop C2 (Workshop, 2 SWS)

Jacobs R, Wellershausen N

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

## Modulbeschreibung

### WI000264: Project Management | Project Management [PM]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2021

<b>Modulniveau:</b> Bachelor	<b>Sprache:</b> Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester
<b>Credits:*</b> 6	<b>Gesamtstunden:</b> 180	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 135	<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:

Students' mastery of the learning outcomes of this module is assessed with a 60 minutes written exam, during which students are only allowed to use a non-programmable calculator and a one-page handwritten sheet..

In the exam students have to demonstrate their ability to solve small project planning and management problems and to interpret planning results. They do this by answering questions and applying the mathematical concepts taught in the module. Answering the exam questions requires the knowledge, understanding and application of the module content.

Three optional group assignments (with 3-4 students per group) will be throughout the course. Successfully undertaking these assignments, students will obtain a bonus of 0.3 grades on their exam grade

#### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

#### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Mathematics I and II, Management Science, Statistics, Financial Management

#### Inhalt:

Projects are unique endeavors and in our dynamically changing world, many undertakings have a project character. In order to manage projects successfully, specific skills and tools are necessary. The module "Project Management" teaches the basic quantitative tools for managing projects successfully.

The following basic project management techniques are covered in this module:

- Work breakdown structure (WBS);

- Activity-on-node network (AON);
- Metra potential method (MPM),
- Critical path method (CPM)
- Activity-on-arc networks(AOA),
- Planning material, resources and costs,
- Maximizing the project's net present value,
- Resource-constrained project scheduling,
- Stochastic project scheduling with PERT,
- Monte Carlo Simulation
- Planning and simulating projects with the Project Team Builder (PTB),
- Controlling projects with milestone trend analysis (MTA) and earned value analysis (EVA),
- Financial project evaluation with decision tree analysis (DTA),
- Multi-criteria project evaluation with the Analytic Hierarchical Process (AHP),
- Multi-criteria project planning with goal programming,
- Project portfolio planning,
- New planning approaches (Agile Project Management, Critical Chain),
- Industry standards (PRINCE, PMBOK).

### **Lernergebnisse:**

Students will learn the basic tools required to plan and manage projects using quantitative approaches for example MPM, CPM, EVA and DTA. Also, students will obtain insights into the "mechanics" of projects, i.e. how the parts of a project, the goals of a project and the project planning phases are interlinked. They will become familiar with decision analysis tools, which can be used beyond project management. The students will be empowered to successfully evaluate, select, plan and control projects

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

The module consists of lectures and exercise courses. In the lectures the content is delivered through presentations, discussion, cases, games and industry talks. For the exercises students prepare homework and discuss the solutions with the teaching assistant. The exercise will help students learning the course content by applying what they have learned in the lectures. Furthermore, the exercise will prepare students for the written examination at the end of the course.

### **Medienform:**

Presentation Slides, Spreadsheet examples

### **Literatur:**

Shtub, Bard and Globerson: Project Management, Pearson Prentice Hall (latest Version), papers which will be provided through the Moodle e-learning platform.

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

Kolisch, Rainer; Prof. Dr.

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

Project Management (WI000264, englisch) (Vorlesung, 2 SWS)

Kolisch R

Project Management Exercise (WI000264, englisch) (Übung, 2 SWS)

Kolisch R

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

## Advanced Research Internship | Advanced Research Internship

### Modulbeschreibung

## SE0208: Advanced Research Internship (ARI) | Advanced Research Internship (ARI)

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2017/18

<b>Modulniveau:</b> Master	<b>Sprache:</b> Deutsch/Englisch	<b>Semesterdauer:</b> Einsemestrig	<b>Häufigkeit:</b> Wintersemester/ Sommersemester
<b>Credits:*</b> 8	<b>Gesamtstunden:</b> 240	<b>Eigenstudiums- stunden:</b> 40	<b>Präsenzstunden:</b> 200

\* 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 (Studienleistung) erfolgt in Form einer Präsentation (20 min), ergänzt mit einer schriftl. Aufbereitung (Poster oder Bericht).

Die Studierenden beweisen mit Poster oder Bericht und Präsentation, dass sie ein wissenschaftliches Thema, das auf den Bearbeitungszeitraum von sechs Wochen zugeschnitten wurde, verstanden haben, eine Problemstellung und Lösungshypothesen herausarbeiten können und schriftliche und mündliche Präsentationstechniken beherrschen. Mit dem Poster oder Bericht zeigen sie zudem, dass sie einen wissenschaftlichen Stoff nach Relevanz und Übersichtlichkeit ordnen und auf ein wissenschaftliches Zielpublikum zuschneiden können, mit dem Vortrag, dass sie den Inhalt des Posters zu ergänzen und eine wissenschaftliche Diskussion zu führen vermögen. Es sind alle Hilfsmittel erlaubt, die für die wissenschaftliche Bearbeitung des Themas notwendig sind.

### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Das Modul Advanced Research Internship (ARI) sollte belegt werden, sobald die Pflichtmodule erfolgreich absolviert worden sind; empfohlen wird es für das 3. Fachsemester.

### Inhalt:

Das Advanced Research Internship (ARI) ist ein erweitertes Forschungspraktikum von sechs Wochen, das entweder am Stück oder in mehreren Blöcken absolviert werden kann. Es wird an einer Professur der Technischen Universität München, einer anderen Hochschule oder einer mit der TUM kooperierenden Forschungseinrichtung im In- oder Ausland erbracht. Im Rahmen des

ARI wird unter Anleitung ein Forschungsthema bearbeitet, das von einer Hochschullehrerin oder einem Hochschullehrer der am Masterstudiengang Materials Science and Engineering beteiligten Fakultäten ausgegeben und betreut wird. Inhaltlich orientiert sich das Thema idealerweise an der angestrebten fachlichen Spezialisierung der Studierenden (Vertiefungsrichtungen: Multiscale Material Principles, Materials in Engineering Applications, Uncertainty Quantification & Mathematical Modeling und Material Characterization, Testing & Surveillance). Idealerweise bereitet das ARI die Erstellung der Master's Thesis vor.

### **Lernergebnisse:**

Nach erfolgreich bestandenem Modul

- sind die Studierenden in der Lage, sich unter Anleitung von Doktorandinnen/Doktoranden in ein wissenschaftliches Thema einzuarbeiten,
- eine wissenschaftliche Problemstellung und mögliche Lösungswege zu identifizieren sowie
- diese strukturiert und anschaulich in Wort, Bild und Graphik vorzustellen und zu verteidigen;
- sie konnten ihre Fähigkeit zum wissenschaftlichen Diskurs ausbauen und
- durch die Einbindung in ein Team von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern ihr methodisches Wissen vertiefen.

Die Auseinandersetzung mit einem Forschungsthema im Rahmen dieses Moduls bildet damit idealerweise die Grundlage für die Master's Thesis: Die Studierenden erhalten inhaltlichen und methodischen Input und erwerben die Fähigkeit zur wissenschaftlichen Arbeit mit einem gewissen Grad von Selbstständigkeit, sodass sie imstande sind, die Problemstellung für ihre Master's Thesis selbst herauszuarbeiten und zu formulieren.

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

Praktikum, Anleitungsgespräche, Demonstrationen, Experimente, Ergebnisbesprechungen. Studium von aktueller Forschungsliteratur, Planung von Experimenten oder theoretischen Modellüberlegungen, Üben von labortechnischen Fertigkeiten und Arbeitstechniken und/oder theoretischen Herleitungen, Verifikation und Validierung von Modellannahmen, Anfertigung von Laborjournalen, Anfertigung eines wissenschaftlichen Vortrages und Erstellung eines Posters oder Berichts.

### **Medienform:**

Die Wahl der Medienformen hängt vom Forschungsthema und der Institution, an dem das ARI abgeleistet wird, ab.

### **Literatur:**

Die Literatur wird von der Themenstellerin/dem Themensteller sowie dem Team, in das die Studierenden eingebunden sind, ausgegeben.

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

Prof. Dr.-Ing. Michael Gee

### **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](#).

## Green Line Research Project (EMJM Multiphase) | Green Line Research Project (EMJM Multiphase)

### Modulbeschreibung

## ED100054: Green Line Research Project 3 (TUM) | Green Line Research Project 3 (TUM)

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2025/26

<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> 80	<b>Präsenzstunden:</b> 10

\* 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 examination in this module is a project work (registration via ED portal / konion) to continue the three-semester project of the EMJM Multiphase curriculum. At the end of the semester, students have to submit their written report and present the work to the EMJM examination committee (currently Prof. Bonnefoy (IMT), Prof. Marchisio (PoliTo), Dr. Adami (TUM)).

### Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

### (Empfohlene) Voraussetzungen:

Green Line Research Project 1 (IMT) / Green Line Research Project 2 (PoliTo)

### Inhalt:

The Green Line Research Projects (GLiP) consists in a research project during 18 months (semesters S1, S2 and S3), where the students will work in group of three on a challenge provided by an industrial or academic partner. The GLiP is aimed at establishing a durable and interactive relationship between students and the Associated Partners, who will act as clients and primary supervisors. Through this activity, students will (i) experience a collaborative work over a long period of time (ii) learn how to manage human relationship in a team (iii) learn how an industrial company is leading a R&D project with scientific and economic aspects (iv) have the opportunity to report their work in a professional environment (oral presentation, written report) and adapt their roadmap to meet the objectives.

**Lernergebnisse:**

After successful participation in the module, students are able to

- Work in groups
- Organize teamwork over a long period of time
- Address challenging industrial/scientific problems in the general context of sustainability
- consider the inextricably linked environmental, economic and social impacts of their actions.
- to continuously reflect on the methods and knowledge they have acquired with regard to sustainable ecological, social and economic development.
- to develop inter- and transdisciplinary approaches to combine the three elements (ecological, social and economic development).
- to incorporate context-dependent and individual perceptions of sustainability.
- to understand each other's language, justify their own decisions and convince others with arguments in teams from their own discipline, but also in interdisciplinary teams.

**Lehr- und Lernmethoden:**

The module consists of the continued project work on the Green Line Project started in semester 1 at Ecole de Mines St. Etienne

**Medienform:**

Project-work

**Literatur:**

**Modulverantwortliche(r):**

PD Dr.-Ing. Stefan Adami (stefan.adami@tum.de)

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

Green Line Research Project 3 (TUM) (Praktikum, 3 SWS)

Adami S [L], Adami 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>[BGU60018] Abschätzung von seltenen Ereignissen und Versagenswahrscheinlichkeiten</b>   Estimation of Rare Events and Failure Probabilities	572 - 574
<b>[MW2463] Additive Fertigung mit Kunststoffen</b>   Additive Manufacturing with Plastics	172 - 173
<b>[MW2463] Additive Fertigung mit Kunststoffen</b>   Additive Manufacturing with Plastics	268 - 269
<b>[MW2476] Additive Fertigung mit Metallen</b>   Additive Manufacturing with Metals [AFM]	270 - 271
<b>[IN2298] Advanced Deep Learning for Physics</b>   Advanced Deep Learning for Physics	479 - 481
<b>[IN2298] Advanced Deep Learning for Physics</b>   Advanced Deep Learning for Physics	612 - 614
<b>[IN2298] Advanced Deep Learning for Physics</b>   Advanced Deep Learning for Physics	705 - 707
<b>[IN2298] Advanced Deep Learning for Physics</b>   Advanced Deep Learning for Physics	807 - 809
<b>[MW1746] Advanced Parallel Computing and Solvers for Large Problems in Engineering</b>   Advanced Parallel Computing and Solvers for Large Problems in Engineering [ParComp]	336 - 337
<b>Advanced Research Internship</b>   Advanced Research Internship	1102
<b>[SE0208] Advanced Research Internship (ARI)</b>   Advanced Research Internship (ARI)	1102 - 1104
<b>[BGU35016] Advanced Rheology</b>   Advanced Rheology [Advanced Rheology ]	27 - 29
<b>[PH2072] Aktuelle Themengebiete der Oberflächen- und Nanowissenschaften</b>   Frontiers of Surface and Nanoscale Science	531 - 533
<b>[IN2001] Algorithms for Scientific Computing</b>   Algorithms for Scientific Computing	605 - 607
<b>[SOT86097] Aligning Generative AI to Social Values (3 ECTS)</b>   Aligning Generative AI to Social Values (3 ECTS)	1074 - 1076
<b>[PH2134] Analyse von neuartigen funktionellen Materialien mit Synchrotronstrahlung: Techniken und Anwendungen</b>   Advanced Materials Analysis with Synchrotron Radiation: Techniques and Applications	111 - 113
<b>[PH2134] Analyse von neuartigen funktionellen Materialien mit Synchrotronstrahlung: Techniken und Anwendungen</b>   Advanced Materials Analysis with Synchrotron Radiation: Techniques and Applications	185 - 187
<b>[CH0300] Angewandte Biopolymere und Biomaterialien</b>   Applied Biopolymers and Biomaterials	444 - 446

<b>[CH0300] Angewandte Biopolymere und Biomaterialien</b>   Applied Biopolymers and Biomaterials	581 - 583
<b>[CH0300] Angewandte Biopolymere und Biomaterialien</b>   Applied Biopolymers and Biomaterials	680 - 682
<b>[CH0300] Angewandte Biopolymere und Biomaterialien</b>   Applied Biopolymers and Biomaterials	783 - 785
<b>[MW1628] Angewandte CFD</b>   Applied CFD	334 - 335
<b>[MW1628] Angewandte CFD</b>   Applied CFD	404 - 405
<b>[CH3063] Angewandte Elektrochemie</b>   Applied Electrochemistry	150 - 152
<b>[CH3063] Angewandte Elektrochemie</b>   Applied Electrochemistry	201 - 203
<b>[MW0678] Angewandte FE-Simulation in Ur- und Umformtechnik</b>   Applied FE-Simulation in Casting and Metal Forming [PFE]	979 - 980
<b>[BGU37016] Anwendungsgerechte Optimierung mineralischer Baustoffe</b>   Optimization of building materials for practical applications	424 - 426
<b>[BGU37016] Anwendungsgerechte Optimierung mineralischer Baustoffe</b>   Optimization of building materials for practical applications	658 - 660
<b>[MW0642] An Introduction to Microfluidic Simulations</b>   An Introduction to Microfluidic Simulations	631 - 632
<b>[ED120122] Architektonische Oberflächenmaterialien wissenschaftlich erforschen</b>   Unveiling architectural surface materials through science	465 - 467
<b>[ED120122] Architektonische Oberflächenmaterialien wissenschaftlich erforschen</b>   Unveiling architectural surface materials through science	592 - 594
<b>[ED120122] Architektonische Oberflächenmaterialien wissenschaftlich erforschen</b>   Unveiling architectural surface materials through science	689 - 691
<b>[ED120122] Architektonische Oberflächenmaterialien wissenschaftlich erforschen</b>   Unveiling architectural surface materials through science	794 - 796
<b>[MW1393] Auslegung und Bauweisen von Composite Strukturen</b>   Analysis and Design of Composite Structures [ADCS]	245 - 247
<b>[MW1393] Auslegung und Bauweisen von Composite Strukturen</b>   Analysis and Design of Composite Structures [ADCS]	491 - 493
<b>[MW1393] Auslegung und Bauweisen von Composite Strukturen</b>   Analysis and Design of Composite Structures [ADCS]	636 - 638
<b>[MW1393] Auslegung und Bauweisen von Composite Strukturen</b>   Analysis and Design of Composite Structures [ADCS]	816 - 818
<b>[ME0012] Auslegung, Herstellung und Prüfung medizinischer Implantate</b>   Design, Production and Testing of Biomedical Implants [AHPmed]	163 - 164
<b>[ME0012] Auslegung, Herstellung und Prüfung medizinischer Implantate</b>   Design, Production and Testing of Biomedical Implants [AHPmed]	708 - 709
<b>[MW1692] Aeroakustik</b>   Aeroacoustics [AA]	406 - 407
<b>[MW1692] Aeroakustik</b>   Aeroacoustics [AA]	500 - 501
<b>[MW1692] Aeroakustik</b>   Aeroacoustics [AA]	732 - 733
<b>[MW0007] Aerodynamik des Flugzeugs 1</b>   Aerodynamics of Aircraft 1 [Aero I]	710 - 712

<b>[MW0877] Aerodynamik des Flugzeugs 2</b>   Aerodynamics of Aircraft 2 [Aero II]	396 - 397
<b>[MW2228] Aeroelastik</b>   Aeroelasticity	408 - 409
<b>[MW2228] Aeroelastik</b>   Aeroelasticity	502 - 503
<b>[MW2228] Aeroelastik</b>   Aeroelasticity	645 - 646
<b>[MW2228] Aeroelastik</b>   Aeroelasticity	739 - 740

## B

---

<b>[IN2124] Basic Mathematical Methods for Imaging and Visualization</b>   Basic Mathematical Methods for Imaging and Visualization	312 - 314
<b>[IN2124] Basic Mathematical Methods for Imaging and Visualization</b>   Basic Mathematical Methods for Imaging and Visualization	702 - 704
<b>[CH0852] Bauchemische Materialien</b>   Construction Chemicals and Materials	450 - 451
<b>[IN2270] BGCE Ferienakademie</b>   BGCE Ferienakademie	1042 - 1043
<b>[IN2023] Bildverstehen I: Methoden der industriellen Bildverarbeitung</b>   Image Understanding I: Machine Vision Algorithms	608 - 609
<b>[MW0376] Biofluid Mechanics</b>   Biofluid Mechanics	321 - 322
<b>[MW1948] Biomaterialcharakterisierung für Ingenieure</b>   Characterization of Biomaterials for Engineers [BCI]	91 - 92
<b>[MW1948] Biomaterialcharakterisierung für Ingenieure</b>   Characterization of Biomaterials for Engineers [BCI]	165 - 166
<b>[MW1948] Biomaterialcharakterisierung für Ingenieure</b>   Characterization of Biomaterials for Engineers [BCI]	260 - 261
<b>[MW1948] Biomaterialcharakterisierung für Ingenieure</b>   Characterization of Biomaterials for Engineers [BCI]	819 - 820
<b>[MW1817] Biomechanik - Grundlagen und Modellbildung</b>   Biomechanics - Fundamentals and Modeling	639 - 641
<b>[MW1817] Biomechanik - Grundlagen und Modellbildung</b>   Biomechanics - Fundamentals and Modeling	734 - 736
<b>[MW2479] Bioprinting: Fundamentals and Applications</b>   Bioprinting: Fundamentals and Applications [Bioprinting]	272 - 274
<b>[BGU42012T2] Bruchmechanik und Ermüdung</b>   Fatigue and Fracture [Bruchmechanik und Ermüdung]	357 - 359

## C

---

<b>[MW0690] CFD-Auslegung von Turbomaschinen</b>   CFD Design of Turbo Machinery	839 - 840
--	-----------

<b>[MW0690] CFD-Auslegung von Turbomaschinen</b>   CFD Design of Turbo Machinery	909 - 910
<b>[ED160037] Circular Economy Spotlights: Technologische Innovationen und Nachhaltigkeitsperspektiven der Kreislaufwirtschaft</b>   Circular Economy Spotlights: Technological Innovations and Sustainable Perspectives of the Circular Economy	372 - 375
<b>[MW1068] Composite-Bauweisen - Praktikum</b>   Practical Training in Materials and Process Technologies for Carbon Composites [PCB]	876 - 877
<b>[MW1068] Composite-Bauweisen - Praktikum</b>   Practical Training in Materials and Process Technologies for Carbon Composites [PCB]	911 - 912
<b>[MW1068] Composite-Bauweisen - Praktikum</b>   Practical Training in Materials and Process Technologies for Carbon Composites [PCB]	981 - 982
<b>[ED140016] Computational Flow Stability and Transition</b>   Computational Flow Stability and Transition	468 - 470
<b>[ED140016] Computational Flow Stability and Transition</b>   Computational Flow Stability and Transition	595 - 597
<b>[ED140016] Computational Flow Stability and Transition</b>   Computational Flow Stability and Transition	692 - 694
<b>[ED140016] Computational Flow Stability and Transition</b>   Computational Flow Stability and Transition	797 - 799
<b>[EI71055] Computational Materials Design</b>   Computational Materials Design [CMD]	307 - 309
<b>[EI71055] Computational Materials Design</b>   Computational Materials Design [CMD]	476 - 478
<b>[EI71055] Computational Materials Design</b>   Computational Materials Design [CMD]	699 - 701
<b>[EI71055] Computational Materials Design</b>   Computational Materials Design [CMD]	802 - 804
<b>[EI71101] Computational Methods for Nanoelectronics: Quantum Models</b>   Computational Methods for Nanoelectronics: Quantum Models [CMN-QM]	600 - 602
<b>[BV330003] Computational Plasticity</b>   Computational Plasticity [Bau-CompPlas]	51 - 52
<b>[BV330003] Computational Plasticity</b>   Computational Plasticity [Bau-CompPlas]	139 - 140
<b>[BV330003] Computational Plasticity</b>   Computational Plasticity [Bau-CompPlas]	194 - 195
<b>[BV330003] Computational Plasticity</b>   Computational Plasticity [Bau-CompPlas]	291 - 292
<b>[MW2134] Computational Thermo-Fluid Dynamics</b>   Computational Thermo-Fluid Dynamics [CTFD]	853 - 855
<b>[MW2134] Computational Thermo-Fluid Dynamics</b>   Computational Thermo-Fluid Dynamics [CTFD]	922 - 924

<b>[MW2134] Computational Thermo-Fluid Dynamics</b>   Computational Thermo-Fluid Dynamics [CTFD]	997 - 999
<b>[MW2134] Computational Thermo-Fluid Dynamics</b>   Computational Thermo-Fluid Dynamics [CTFD]	1019 - 1021

## D

---

<b>[IN2118] Database Systems on Modern CPU Architectures</b>   Database Systems on Modern CPU Architectures	610 - 611
<b>[BV600011] Datenanalyse für IngenieurInnen mit Matlab</b>   Engineering Data Analysis with Matlab [DAM]	779 - 780
<b>[MW1828] Designprinzipien in Biomaterialien - die Natur als Ingenieur</b>   Design Principles in Biomatter - Nature as an Engineer [DIB]	737 - 738
<b>[SZ0349] Deutsch als Fremdsprache C1 - Kommunikation im Unternehmen</b>   German as a Foreign Language C1 - Communication in Companies	1087 - 1088
<b>[SZ0346] Deutsch als Fremdsprache C1.2 - Professionell kommunizieren in Wissenschaft und Beruf</b>   German as a Foreign Language C1.2: Communicating Professionally in Science and Business	1084 - 1086
<b>[SZ0330] Deutsch für Ingenieur/innen B2</b>   German for Engineers B2	1080 - 1081
<b>[SZ0331] Deutsch für Ingenieur/innen C1</b>   German for Engineers C1	1082 - 1083
<b>[MW2453] Diskontinuierliche Galerkin-Verfahren in der Numerischen Simulation</b>   Discontinuous Galerkin Methods for Numerical Simulation [DisGal]	345 - 347

## E

---

<b>[MW0799] Einführung in die Kernenergie</b>   Introduction to Nuclear Energy [NUK 1]	241 - 242
<b>[MW0799] Einführung in die Kernenergie</b>   Introduction to Nuclear Energy [NUK 1]	394 - 395
<b>[MW1104] Einführung in die nukleare Sicherheitsanalyse von Kernreaktoren mit Reaktorsicherheitssoftware</b>   Introduction to Nuclear Safety Analysis of Nuclear Reactors with State-of-Art Computer Programs [NTech P1]	841 - 843
<b>[MW1104] Einführung in die nukleare Sicherheitsanalyse von Kernreaktoren mit Reaktorsicherheitssoftware</b>   Introduction to Nuclear Safety Analysis of Nuclear Reactors with State-of-Art Computer Programs [NTech P1]	983 - 985
<b>[PH1413] Elektrisch geladene Fest/Flüssig-Grenzflächen: von der Theorie zu Anwendungen</b>   Electrified Solid/Liquid Interfaces: from Theory to Applications	509 - 510
<b>[MW0270] Energietechnisches Praktikum</b>   Thermal Power Systems [EnP]	896 - 897
<b>[PH2201] Energie-Materialien 1</b>   Energy Materials 1	129 - 130

<b>[PH2201] Energie-Materialien 1   Energy Materials 1</b>	282 - 283
<b>[PH2201] Energie-Materialien 1   Energy Materials 1</b>	418 - 419
<b>[PH2207] Energie-Materialien 2   Energy Materials 2</b>	420 - 421
<b>[PH2207] Energie-Materialien 2   Energy Materials 2</b>	545 - 546
<b>[PH2207] Energie-Materialien 2   Energy Materials 2</b>	755 - 756
<b>[SZ0429] Englisch - English for Scientific Purposes C1   English - English for Scientific Purposes C1</b>	1093 - 1094
<b>[SZ0471] Englisch - Intensive Thesis Writers' Workshop C2   English - Intensive Thesis Writers' Workshop C2</b>	1097 - 1098
<b>[SZ0425] Englisch - Introduction to Academic Writing C1   English - Introduction to Academic Writing C1</b>	1091 - 1092
<b>[SZ0453] Englisch - Scientific Presentation and Writing C2   English - Scientific Presentation and Writing C2</b>	1095 - 1096
<b>[SZ0406] Englisch - Writing Academic Research Papers C2   English - Writing Academic Research Papers C2</b>	1089 - 1090
<b>[EI7465] Environmental Sensing and Modeling   Environmental Sensing and Modeling [ESM]</b>	805 - 806
<b>[SOT86701] EuroTeQ Collider. Enhancing Connections for Sustainable Futures (MSc)   EuroTeQ Collider. Enhancing Connections for Sustainable Futures (MSc)</b>	1077 - 1079
<b>[MW1995] Experimentelle Schwingungsanalyse   Experimental Vibration Analysis [ExSa]</b>	167 - 168
<b>[MW0305] Experimentelle Strömungsmechanik   Experimental Fluid Mechanics [EXPSM]</b>	837 - 838
<b>[MW0305] Experimentelle Strömungsmechanik   Experimental Fluid Mechanics [EXPSM]</b>	872 - 873
<b>[MW0305] Experimentelle Strömungsmechanik   Experimental Fluid Mechanics [EXPSM]</b>	903 - 904
<b>[MW0305] Experimentelle Strömungsmechanik   Experimental Fluid Mechanics [EXPSM]</b>	957 - 958

## F

---

<b>[MW1394] Faser-, Matrix-, und Verbundwerkstoffe mit ihren Eigenschaften   Composite Materials and Structure-Property Relationship [FME]</b>	85 - 87
<b>[MW1394] Faser-, Matrix-, und Verbundwerkstoffe mit ihren Eigenschaften   Composite Materials and Structure-Property Relationship [FME]</b>	248 - 250
<b>[MW2121] FEM-Anwendung im Turbomaschinenbau   FEM for Turbomachinery [FEM]</b>	851 - 852
<b>[MW0040] Fertigungstechnologien   Production Engineering</b>	482 - 484
<b>[MW0040] Fertigungstechnologien   Production Engineering</b>	620 - 622

<b>[MW0040] Fertigungstechnologien</b>   Production Engineering	716 - 718
<b>[MW0040] Fertigungstechnologien</b>   Production Engineering	810 - 812
<b>[MW1381] Fertigungstechnologien für Composite-Bauteile</b>   Manufacturing Technologies for Composite Parts [FCB]	878 - 880
<b>[MW1381] Fertigungstechnologien für Composite-Bauteile</b>   Manufacturing Technologies for Composite Parts [FCB]	913 - 915
<b>[MW1392] Fertigungsverfahren für Composite-Bauteile</b>   Production Technologies for Composite Parts [FCB]	243 - 244
<b>[CH3009] Festkörpermaterialien: Vom Design über die Chemie bis zu funktionalen Bauelementen</b>   Solid State Materials: From Design, Chemistry to Functional Devices	454 - 455
<b>[CH3009] Festkörpermaterialien: Vom Design über die Chemie bis zu funktionalen Bauelementen</b>   Solid State Materials: From Design, Chemistry to Functional Devices	586 - 587
<b>[CH3009] Festkörpermaterialien: Vom Design über die Chemie bis zu funktionalen Bauelementen</b>   Solid State Materials: From Design, Chemistry to Functional Devices	685 - 686
<b>[CH3009] Festkörpermaterialien: Vom Design über die Chemie bis zu funktionalen Bauelementen</b>   Solid State Materials: From Design, Chemistry to Functional Devices	788 - 789
<b>[MW0612] Finite Elemente</b>   Finite Elements [FE]	237 - 238
<b>[MW0612] Finite Elemente</b>   Finite Elements [FE]	325 - 326
<b>[MW0510] Flugantriebe 1 und Gasturbinen</b>   Flight Propulsions 1 and Gas Turbines [FA1]	232 - 234
<b>[MW0510] Flugantriebe 1 und Gasturbinen</b>   Flight Propulsions 1 and Gas Turbines [FA1]	385 - 387
<b>[BV410004] Fluidmechanik Praktikum</b>   Fluid Mechanics Lab [FMLAB]	891 - 893
<b>[BV410004] Fluidmechanik Praktikum</b>   Fluid Mechanics Lab [FMLAB]	946 - 948
<b>[PH2038] Flüssigkeiten ohne Stöße: Einführung in die kinetische Plasmaphysik</b>   Fluids without Collisions: Introduction to Kinetic Plasma Physics	523 - 524
<b>[PH2038] Flüssigkeiten ohne Stöße: Einführung in die kinetische Plasmaphysik</b>   Fluids without Collisions: Introduction to Kinetic Plasma Physics	747 - 748
<b>[IN2379] Fortgeschrittene Datenverarbeitungs- und Visualisierungstechniken</b>   Advanced Data Handling and Visualization Techniques	376 - 378
<b>[IN2379] Fortgeschrittene Datenverarbeitungs- und Visualisierungstechniken</b>   Advanced Data Handling and Visualization Techniques	379 - 381
<b>[CH3333] Fortgeschrittene elektronische Struktur</b>   Advanced Electronic Structure	298 - 299
<b>[BV330004] Fracture &amp; Damage</b>   Fracture & Damage [Bau-Fracdam]	53 - 54
<b>[BV330004] Fracture &amp; Damage</b>   Fracture & Damage [Bau-Fracdam]	141 - 142

<b>[BV330004] Fracture &amp; Damage</b>   Fracture & Damage [Bau-Fracdam]	196 - 197
<b>[BV330004] Fracture &amp; Damage</b>   Fracture & Damage [Bau-Fracdam]	293 - 294
<b>[PH2196] Fusionsforschung</b>   Fusion Research	126 - 128

## G

---

<b>[MW0357] Gasdynamik</b>   Gas Dynamics [Gdy]	75 - 77
<b>[MW0357] Gasdynamik</b>   Gas Dynamics [Gdy]	78 - 80
<b>[MW0357] Gasdynamik</b>   Gas Dynamics [Gdy]	382 - 384
<b>General Module (Electives II)</b>   General Modules (Electives II)	355
<b>[BGU53045] Geodätische Sensorik und Methodik 1</b>   Geodetic Sensors and Methods 1	432 - 434
<b>[BGU53045] Geodätische Sensorik und Methodik 1</b>   Geodetic Sensors and Methods 1	563 - 565
<b>[BGU53045] Geodätische Sensorik und Methodik 1</b>   Geodetic Sensors and Methods 1	666 - 668
<b>[BGU53045] Geodätische Sensorik und Methodik 1</b>   Geodetic Sensors and Methods 1	770 - 772
<b>[BGU53046] Geodätische Sensorik und Methodik 2</b>   Geodetic Sensors and Methods 2	435 - 437
<b>[BGU53046] Geodätische Sensorik und Methodik 2</b>   Geodetic Sensors and Methods 2	566 - 568
<b>[BGU53046] Geodätische Sensorik und Methodik 2</b>   Geodetic Sensors and Methods 2	669 - 671
<b>[BGU53046] Geodätische Sensorik und Methodik 2</b>   Geodetic Sensors and Methods 2	773 - 775
<b>[CLA20710] Global Diversity Training</b>   Global Diversity Training	1030 - 1031
<b>[ED100054] Green Line Research Project 3 (TUM)</b>   Green Line Research Project 3 (TUM)	1105 - 1106
<b>Green Line Research Project (EMJM Multiphase)</b>   Green Line Research Project (EMJM Multiphase)	1105
<b>[MW0798] Grenzschichttheorie</b>   Boundary-Layer Theory [GST]	83 - 84
<b>[MW0798] Grenzschichttheorie</b>   Boundary-Layer Theory [GST]	329 - 330
<b>[MW0798] Grenzschichttheorie</b>   Boundary-Layer Theory [GST]	392 - 393
<b>[MW0798] Grenzschichttheorie</b>   Boundary-Layer Theory [GST]	727 - 728
<b>[CH3065] Grundlagen der Elektrochemie</b>   Fundamental Electrochemistry	153 - 155
<b>[CH3065] Grundlagen der Elektrochemie</b>   Fundamental Electrochemistry	204 - 206
<b>[BGU35013] Grundlagen der Lebensdauerbemessung und Instandhaltung von Massivbauwerken</b>   Basics of Service Life Design, Protection and Rehabilitation of Reinforced Concrete Structures [Grundlagen der Lebensdauerbemessung und Instandhaltung von Massivbauwerken]	655 - 657

<b>[PH2071] Grundlagen der Oberflächen- und Nanowissenschaften  </b> Fundamentals of Surface and Nanoscale Science	107 - 108
<b>[IN0008] Grundlagen: Datenbanken  </b> Fundamentals of Databases	603 - 604

## H

---

<b>[PH2189] Halbleitersynthese und Nanoanalytik  </b> Semiconductor Synthesis and Nanoanalytics	120 - 122
<b>[PH2189] Halbleitersynthese und Nanoanalytik  </b> Semiconductor Synthesis and Nanoanalytics	123 - 125
<b>[PH2189] Halbleitersynthese und Nanoanalytik  </b> Semiconductor Synthesis and Nanoanalytics	279 - 281
<b>[PH2290] Halbleiter-Quantenelektronik  </b> Semiconductor Quantum Electronics	557 - 558
<b>[PH2290] Halbleiter-Quantenelektronik  </b> Semiconductor Quantum Electronics	761 - 762
<b>[BGU51024] Holz im Bauwesen  </b> Timber in Construction	430 - 431
<b>[BGU51024] Holz im Bauwesen  </b> Timber in Construction	561 - 562
<b>[BGU51024] Holz im Bauwesen  </b> Timber in Construction	664 - 665
<b>[BGU51024] Holz im Bauwesen  </b> Timber in Construction	768 - 769
<b>[CH3008] Hybridmaterialien - Struktur-Funktionsbeziehungen  </b> Hybrid Materials - Structure-Function-Relationships	452 - 453
<b>[CH3008] Hybridmaterialien - Struktur-Funktionsbeziehungen  </b> Hybrid Materials - Structure-Function-Relationships	584 - 585
<b>[CH3008] Hybridmaterialien - Struktur-Funktionsbeziehungen  </b> Hybrid Materials - Structure-Function-Relationships	683 - 684
<b>[CH3008] Hybridmaterialien - Struktur-Funktionsbeziehungen  </b> Hybrid Materials - Structure-Function-Relationships	786 - 787

## I

---

<b>[E2_IE] Individuell Electives (Electives II)  </b> Individuell Electives (Electives II)	355
<b>[MW2326] Industrienähe FE-Analyse in der Vibroakustik  </b> Industry related FE-Analysis in Vibroacoustics	934 - 935
<b>[POL60900] Information Technologies, Protest, and Conflict  </b> Information Technologies, Protest, and Conflict	1055 - 1057
<b>[MCTS0053] Intercultural Communication  </b> Intercultural Communication	1044 - 1045
<b>[SE1005] Interkulturelle Kompetenzen  </b> Intercultural Competencies [IKK]	1058 - 1059
<b>[SOT86084] Introduction to Business Law  </b> Introduction to Business Law	1068 - 1070
<b>[IN2346] Introduction to Deep Learning  </b> Introduction to Deep Learning	615 - 616

## K

---

<b>[MW1384] Kohlenstoff und Graphit - Hochleistungswerkstoffe für Schlüsselindustrien</b>   Carbon and Graphite - High Performance Materials for Key Industries [C&G]	488 - 490
<b>[MW1384] Kohlenstoff und Graphit - Hochleistungswerkstoffe für Schlüsselindustrien</b>   Carbon and Graphite - High Performance Materials for Key Industries [C&G]	729 - 731
<b>[CLA20267] Kommunikation und Präsentation</b>   Communication and Presentation	1028 - 1029
<b>[CLA11313] Konfliktmanagement und Gesprächsführung</b>   Conflict Management and Conducting Discussions	1026 - 1027
<b>[MW1383] Konstruktion von Composite-Strukturen mit Catia V5</b>   Design of Composite Structures with CATIA V5 [KCS]	918 - 919
<b>[ED160034] Kunststoffcharakterisierung und -analyse</b>   Analysis and Testing of Plastics [AToP]	63 - 65
<b>[ED160034] Kunststoffcharakterisierung und -analyse</b>   Analysis and Testing of Plastics [AToP]	158 - 160
<b>[ED160034] Kunststoffcharakterisierung und -analyse</b>   Analysis and Testing of Plastics [AToP]	213 - 215
<b>[ED160034] Kunststoffcharakterisierung und -analyse</b>   Analysis and Testing of Plastics [AToP]	302 - 304
<b>[ED160034] Kunststoffcharakterisierung und -analyse</b>   Analysis and Testing of Plastics [AToP]	369 - 371

## L

---

<b>[BV350003] Lebensdauerbemessung sowie Schutz und Instandsetzung von Stahlbetonbauteilen</b>   Life Cycle Design, Protection and Rehabilitation of Reinforced Concrete	678 - 679
<b>[ED0141] Logik</b>   Logic	1036 - 1037

## M

---

<b>[SOT86066] Machine Learning and Society (3 ECTS)</b>   Machine Learning and Society (3 ECTS)	1060 - 1062
---	-------------

<b>[MW2461] Machine Learning and Uncertainty Quantification for Physics-Based Models</b>   Machine Learning and Uncertainty Quantification for Physics-Based Models [MLUQPBM]	647 - 649
<b>[PH2107] Magnetische und elektronische Messverfahren</b>   Magnetic and Electronic Measurement Techniques	182 - 184
<b>Master's Thesis</b>   Master's Thesis	24
<b>[ED100053] Master's Thesis Materials Science and Engineering</b>   Master's Thesis Materials Science and Engineering	24 - 26
<b>[CH1046] Materialchemisches Praktikum</b>   Laboratory Course in Materials Chemistry	949 - 950
<b>[WZ2702] Materialeigenschaften von Holz</b>   Material Properties of Wood	763 - 765
<b>[PH2218] Materialphysik auf atomarer Skala 1</b>   Materials Physics on an Atomistic Scale 1	131 - 133
<b>[PH2219] Materialphysik auf atomarer Skala 2</b>   Materials Physics on an Atomistic Scale 2	547 - 550
<b>Materials in Engineering Applications (Electives II)</b>   Materials in Engineering Applications (Electives II)	653
<b>[E1_MiEA] Materials in Engineering Applications (Electives I)</b>   Materials in Engineering Applications (Electives I)	192
<b>[PH9031] Materialwissenschaften (MS&amp;E)</b>   Materials Sciences (MS&E)	44 - 45
<b>Material Characterization, Testing and Surveillance (Electives II)</b>   Material Characterization, Testing and Surveillance (Electives II)	766
<b>[E1_MCTS] Material Characterization, Testing &amp; Surveillance (Electives I)</b>   Material Characterization, Testing & Surveillance (Electives I)	134
<b>[MA9805] Mathematical Modeling of Materials</b>	30 - 31
<b>[MW2313] MATLAB/Simulink for Computer Aided Engineering Lab</b>   MATLAB/Simulink for Computer Aided Engineering Lab [P-MSCAE]	931 - 933
<b>[MW2313] MATLAB/Simulink for Computer Aided Engineering Lab</b>   MATLAB/Simulink for Computer Aided Engineering Lab [P-MSCAE]	1005 - 1007
<b>[MW0285] Mechanikpraktikum</b>   Lab on Mechanics for Advanced Students [PraktMS]	834 - 836
<b>[MW0285] Mechanikpraktikum</b>   Lab on Mechanics for Advanced Students [PraktMS]	869 - 871
<b>[MW0285] Mechanikpraktikum</b>   Lab on Mechanics for Advanced Students [PraktMS]	898 - 900
<b>[MW0285] Mechanikpraktikum</b>   Lab on Mechanics for Advanced Students [PraktMS]	954 - 956
<b>[MW0285] Mechanikpraktikum</b>   Lab on Mechanics for Advanced Students [PraktMS]	974 - 976
<b>[MW0056] Medizintechnik 1 - ein organsystembasierter Ansatz</b>   Medical Technology 1 - An Organ System Based Approach	719 - 721

<b>[MW0017] Medizintechnik 2 - ein organsystembasierter Ansatz</b>   Medical Technology 2 - An Organ System Based Approach	713 - 715
<b>[PH9032] Mess- und Sensortechnologie (MS&amp;E)</b>   Measurement and Sensor Technology (MS&E)	46 - 48
<b>[CH3334] Methoden der molekularen Simulation</b>   Methods of Molecular Simulation	458 - 459
<b>[CH3334] Methoden der molekularen Simulation</b>   Methods of Molecular Simulation	590 - 591
<b>[ED170002] Microstructural Modifications through Additive Manufacturing</b>   Microstructural Modifications through Additive Manufacturing	598 - 599
<b>[ED170002] Microstructural Modifications through Additive Manufacturing</b>   Microstructural Modifications through Additive Manufacturing	695 - 696
<b>[ED170002] Microstructural Modifications through Additive Manufacturing</b>   Microstructural Modifications through Additive Manufacturing	800 - 801
<b>[BV490049T2] Mineralische Rohstoffe 1</b>   Mineral Resources 1 [W-02]	55 - 57
<b>[BV490050T2] Mineralische Rohstoffe 2</b>   Mineral Resources 2 [W-03]	441 - 443
<b>[MW2152] Modeling, Control and Design of Wind Energy Systems</b>   Modeling, Control and Design of Wind Energy Systems	169 - 171
<b>[MW2152] Modeling, Control and Design of Wind Energy Systems</b>   Modeling, Control and Design of Wind Energy Systems	262 - 264
<b>[EI74491] Modellierung von Lithium-Ionen-Zellen</b>   Modelling of Lithium-Ion Cells [MLZ]	828 - 830
<b>[EI74491] Modellierung von Lithium-Ionen-Zellen</b>   Modelling of Lithium-Ion Cells [MLZ]	951 - 953
<b>[EI74491] Modellierung von Lithium-Ionen-Zellen</b>   Modelling of Lithium-Ion Cells [MLZ]	971 - 973
<b>[PH2019] Molekulardynamik-Simulationen</b>   Molecular Dynamics Simulations	348 - 350
<b>[PH2019] Molekulardynamik-Simulationen</b>   Molecular Dynamics Simulations	511 - 513
<b>[ED140025] Multiphaseflow in Engineering Systems</b>   Multiphaseflow in Engineering Systems	351 - 354
<b>Multiscale Material Principles (Electives II)</b>   Multiscale Material Principles (Electives II)	422
<b>[E1_MMP] Multiscale Material Principles (Electives I)</b>   Multiscale Material Principles (Electives I)	49
<b>[MW2359] Multiscale Modeling</b>   Multiscale Modeling	32 - 34

## N

---

<b>[CH3154] Nanomaterialien</b>   Nano Materials	456 - 457
<b>[CH3154] Nanomaterialien</b>   Nano Materials	588 - 589
<b>[CH3154] Nanomaterialien</b>   Nano Materials	687 - 688

<b>[CH3154] Nanomaterialien</b>   Nano Materials	790 - 791
<b>[CH3154] Nanomaterialien</b>   Nano Materials	792 - 793
<b>[PH2104] Nanomaterialien 1</b>   Nano Materials 1	109 - 110
<b>[PH2105] Nanomaterialien 2</b>   Nano Materials 2	534 - 535
<b>[PH2173] Nanoplasmonik</b>   Nanoplasmonics	118 - 119
<b>[PH2173] Nanoplasmonik</b>   Nanoplasmonics	190 - 191
<b>[PH2140] Nanoscience mittels Rastersondenmikroskopie</b>   Nanoscience using Scanning Probe Microscopy	188 - 189
<b>[PH2140] Nanoscience mittels Rastersondenmikroskopie</b>   Nanoscience using Scanning Probe Microscopy	536 - 537
<b>[PH2048] Nanostrukturierte, Weiche Materialien 1</b>   Nanostructured Soft Materials 1	104 - 106
<b>[PH2049] Nanostrukturierte, Weiche Materialien 2</b>   Nanostructured Soft Materials 2	528 - 530
<b>[EI70740] Nanotechnology for Energy Systems</b>   Nanotechnology for Energy Systems [NTES]	471 - 473
<b>[PH2255] Nano- und Optomechanik</b>   Nano- and Optomechanics	553 - 554
<b>[PH2255] Nano- und Optomechanik</b>   Nano- and Optomechanics	757 - 758
<b>[PH2170] Nanoelektronik und Nanooptik</b>   Nanoelectronics and Nanooptics	116 - 117
<b>[ED120057] Naturbaustoffe</b>   Natural Building Materials	462 - 464
<b>[PH1317] Neutronen in Forschung und Industrie</b>   Neutrons in Research and Industry	174 - 175
<b>[PH1317] Neutronen in Forschung und Industrie</b>   Neutrons in Research and Industry	507 - 508
<b>[PH2027] Nichtlineare Dynamik und komplexe Systeme 1</b>   Nonlinear Dynamics and Complex Systems 1	98 - 100
<b>[PH2027] Nichtlineare Dynamik und komplexe Systeme 1</b>   Nonlinear Dynamics and Complex Systems 1	410 - 412
<b>[PH2028] Nichtlineare Dynamik und komplexe Systeme 2</b>   Nonlinear Dynamics and Complex Systems 2	413 - 415
<b>[PH2028] Nichtlineare Dynamik und komplexe Systeme 2</b>   Nonlinear Dynamics and Complex Systems 2	514 - 516
<b>[MW0620] Nichtlineare Finite-Element-Methoden</b>   Nonlinear Finite Element Methods [NiliFEM]	239 - 240
<b>[MW0620] Nichtlineare Finite-Element-Methoden</b>   Nonlinear Finite Element Methods [NiliFEM]	327 - 328
<b>[MW0620] Nichtlineare Finite-Element-Methoden</b>   Nonlinear Finite Element Methods [NiliFEM]	390 - 391
<b>[MW2368] Nonlinear Continuum Mechanics</b>   Nonlinear Continuum Mechanics	41 - 43
<b>[MW2133] Numerical Thermo-Fluids - From Differential Equations to Deep Learning</b>   Numerical Thermo-Fluids - From Differential Equations to Deep Learning [NTF]	995 - 996

<b>[MW2414] Numerische Akustik in Python</b>   Computational Acoustics in Python	1012 - 1013
<b>[MW2335] Numerische Kontakt- und Interfacemechanik</b>   Computational contact and interface mechanics [CCIM]	338 - 340
<b>[MW2335] Numerische Kontakt- und Interfacemechanik</b>   Computational contact and interface mechanics [CCIM]	741 - 743
<b>[MW2337] Numerische Methoden für Erhaltungsgleichungen</b>   Numerical Methods for Conservation Laws [NME]	341 - 342

## O

---

<b>[PH2291] Optische Spektroskopie von Halbleiter-Nanomaterialien und Nanostrukturen</b>   Optical Spectroscopy of Semiconductor Nanomaterials and Nanostructures	284 - 285
---	-----------

## P

---

<b>[MW0696] Particle-Simulation Methods for Fluid Dynamics</b>   Particle-Simulation Methods for Fluid Dynamics [PSM]	633 - 635
<b>[MW0696] Particle-Simulation Methods for Fluid Dynamics</b>   Particle-Simulation Methods for Fluid Dynamics [PSM]	821 - 823
<b>[MW1535] Patent-, Marken- und Musterrecht für Ingenieure: Eine Einführung</b>   Introduction to Patent, Trademark and Design Law for Engineers [Patentrecht]	1046 - 1047
<b>[CLA21114] Perspektiven der Technikfolgenabschätzung</b>   Perspectives of Technology Assessment	1032 - 1033
<b>[CIT4430005] Photonic Quantum Technologies</b>   Photonic Quantum Technologies	460 - 461
<b>[MW2361] Physics of Fluids</b>   Physics of Fluids	38 - 40
<b>[MW2450] Physikbasiertes Machine Learning</b>   Physics-Informed Machine Learning [PhysML]	343 - 344
<b>[PH2166] Physik und Chemie funktionaler Grenzflächen</b>   Physics and Chemistry of Functional Interfaces	114 - 115
<b>[PH2035] Plasmaphysik 1</b>   Plasma Physics 1	517 - 519
<b>[PH2036] Plasmaphysik 2</b>   Plasma Physics 2	520 - 522
<b>[MW2217] Plasma-Material-Wechselwirkung</b>   Plasma Material Interaction	93 - 94
<b>[POL00011] Politics for Rocket Scientists: Einführung in die Politikwissenschaft für Nicht-Politikwissenschaftler</b>   Politics for Rocket Scientists: An Introduction to Political Science for Non-Political Scientists	1052 - 1054
<b>[CH3099] Polymerisationstechnik</b>   Technical Polymerisation	207 - 209
<b>[PH2046] Polymerphysik 1</b>   Polymer Physics 1	101 - 103

<b>[PH2046] Polymerphysik 1</b>   Polymer Physics 1	176 - 178
<b>[PH2047] Polymerphysik 2</b>   Polymer Physics 2	179 - 181
<b>[PH2047] Polymerphysik 2</b>   Polymer Physics 2	525 - 527
<b>[PH2047] Polymerphysik 2</b>   Polymer Physics 2	650 - 652
<b>[PH2047] Polymerphysik 2</b>   Polymer Physics 2	749 - 751
<b>[LS50017] Polymers in Wood Science and Technology</b>   Polymers in Wood Science and Technology	136 - 138
<b>[PC_MiEA] Practical Courses: Materials in Engineering Applications</b>   Practical Courses: Materials in Engineering Applications	886
<b>[PC_MCTS] Practical Courses: Material Characterization, Testing &amp; Surveillance</b>   Practical Courses: Material Characterization, Testing & Surveillance	859
<b>[PC_MMP] Practical Courses: Multiscale Material Principles</b>   Practical Courses: Multiscale Material Principles	941
<b>[PC_UQaMM] Practical Courses: Uncertainty Quantification and Mathematical Modeling</b>   Practical Courses: Uncertainty Quantification and Mathematical Modeling	965
<b>Practical Courses: Uncertainty Quantification and Mathematical Modeling (Multiphase)</b>   Practical Courses: Uncertainty Quantification and Mathematical Modeling (Multiphase)	1016
<b>[MW2233] Praktikum Additive Fertigung</b>   Practical Course Additive Manufacturing	929 - 930
<b>[BV070006] Praktikum Analytik und Prüftechnik</b>   Practical Course Analysis and Testing	866 - 868
<b>[BV070006] Praktikum Analytik und Prüftechnik</b>   Practical Course Analysis and Testing	888 - 890
<b>[EI7274] Praktikum Design and Simulation of Nanodevices</b>   Practical Course Design and Simulation of Nanodevices [PDSon]	969 - 970
<b>[EI7365] Praktikum Hochspannungstechnik</b>   Laboratory Course on High Voltage Engineering	826 - 827
<b>[MW0450] Praktikum Industrielle Softwareentwicklung für Ingenieure / C++</b>   Practical Course Industrial Software Engineering / C++ [SEPR]	874 - 875
<b>[MW0450] Praktikum Industrielle Softwareentwicklung für Ingenieure / C++</b>   Practical Course Industrial Software Engineering / C++ [SEPR]	907 - 908
<b>[MW0450] Praktikum Industrielle Softwareentwicklung für Ingenieure / C++</b>   Practical Course Industrial Software Engineering / C++ [SEPR]	961 - 962
<b>[MW0450] Praktikum Industrielle Softwareentwicklung für Ingenieure / C++</b>   Practical Course Industrial Software Engineering / C++ [SEPR]	977 - 978
<b>[MW2268] Praktikum Numerische Strömungsakustik</b>   Computational Aeroacoustics - Practical Course	856 - 858
<b>[MW2268] Praktikum Numerische Strömungsakustik</b>   Computational Aeroacoustics - Practical Course	1002 - 1004

<b>[MW1846] Praktikum Numerische Strömungssimulation</b>   Computational Fluid Dynamics - Practical Course [PNSS]	847 - 848
<b>[MW1846] Praktikum Numerische Strömungssimulation</b>   Computational Fluid Dynamics - Practical Course [PNSS]	991 - 992
<b>[IN2182] Praktikum Scientific Computing (CSE)</b>   Scientific Computing Lab	227 - 229
<b>[IN2182] Praktikum Scientific Computing (CSE)</b>   Scientific Computing Lab	315 - 317
<b>[MW2181] Praktikum Windkraftanlagen Simulation</b>   Lab Course Wind Turbine Simulation	927 - 928
<b>[MW2181] Praktikum Windkraftanlagen Simulation</b>   Lab Course Wind Turbine Simulation	1000 - 1001
<b>[MW2451] Praktisches Deep Learning</b>   Hands-on Deep Learning	1014 - 1015
<b>[MW2451] Praktisches Deep Learning</b>   Hands-on Deep Learning	1022 - 1023
<b>[PH6003] Präsentationsseminar für Naturwissenschaftler</b>   Presentation Skills for Natural Scientists	1050 - 1051
<b>[ED130005] Probabilistische Ersatzmodellierung</b>   Uncertainty Quantification with Surrogate Models	61 - 62
<b>[ED130005] Probabilistische Ersatzmodellierung</b>   Uncertainty Quantification with Surrogate Models	300 - 301
<b>[BGU60017] Probabilistische Lebenszyklusanalyse und Unterhaltsmanagement von Infrastrukturbauten</b>   Probabilistic Life Cycle Analysis and Integrity Management of Infrastructures	438 - 440
<b>[BGU60017] Probabilistische Lebenszyklusanalyse und Unterhaltsmanagement von Infrastrukturbauten</b>   Probabilistic Life Cycle Analysis and Integrity Management of Infrastructures	569 - 571
<b>[BGU60017] Probabilistische Lebenszyklusanalyse und Unterhaltsmanagement von Infrastrukturbauten</b>   Probabilistic Life Cycle Analysis and Integrity Management of Infrastructures	672 - 674
<b>[BGU60017] Probabilistische Lebenszyklusanalyse und Unterhaltsmanagement von Infrastrukturbauten</b>   Probabilistic Life Cycle Analysis and Integrity Management of Infrastructures	776 - 778
<b>[MA4803] Probabilistische Techniken und Algorithmen in der Datenanalyse</b>   Probabilistic Techniques and Algorithms in Data Analysis	318 - 320
<b>[MW2360] Probability Theory and Uncertainty Quantification</b>   Probability Theory and Uncertainty Quantification	35 - 37
<b>[WI000264] Project Management</b>   Project Management [PM]	1099 - 1101
<b>[EI4585] Projektpraktikum: Wirtschaftliche Aspekte der Nanotechnologie</b>   Project: Economic Aspects of Nanotechnology	894 - 895
<b>[EI4585] Projektpraktikum: Wirtschaftliche Aspekte der Nanotechnologie</b>   Project: Economic Aspects of Nanotechnology	967 - 968
<b>[MW1412] Prozesssimulation und Materialmodellierung von Composites</b>   Process Simulation and Material Modelling of Composites [PMC]	88 - 90

<b>[MW1412] Prozesssimulation und Materialmodellierung von Composites  </b> Process Simulation and Material Modelling of Composites [PMC]	251 - 253
<b>[MW1412] Prozesssimulation und Materialmodellierung von Composites  </b> Process Simulation and Material Modelling of Composites [PMC]	331 - 333

## Q

---

<b>[CH4108] Quantenmechanik  </b> Quantum Mechanics	58 - 60
<b>[CH4108] Quantenmechanik  </b> Quantum Mechanics	210 - 212
<b>[EI73751] Quantum Nanoelectronics  </b> Quantum Nanoelectronics	69 - 70
<b>[EI73751] Quantum Nanoelectronics  </b> Quantum Nanoelectronics	221 - 222

## R

---

<b>[PH2051] Reaktorphysik 2 und neue Konzepte in der Kerntechnik  </b> Reactor Physics 2 and new Concepts in Nuclear Technology	752 - 754
<b>[ED010002] Recognized Modules  </b> Recognized Modules	49 - 50
<b>[ED010002] Recognized Modules  </b> Recognized Modules	134 - 135
<b>[ED010002] Recognized Modules  </b> Recognized Modules	192 - 193
<b>[ED010002] Recognized Modules  </b> Recognized Modules	286 - 287
<b>[ED010002] Recognized Modules  </b> Recognized Modules	355 - 356
<b>[ED010002] Recognized Modules  </b> Recognized Modules	422 - 423
<b>[ED010002] Recognized Modules  </b> Recognized Modules	559 - 560
<b>[ED010002] Recognized Modules  </b> Recognized Modules	653 - 654
<b>[ED010002] Recognized Modules  </b> Recognized Modules	766 - 767
<b>[ED010003] Recognized Practical Courses  </b> Recognized Practical Courses	824 - 825
<b>[ED010003] Recognized Practical Courses  </b> Recognized Practical Courses	859 - 860
<b>[ED010003] Recognized Practical Courses  </b> Recognized Practical Courses	886 - 887
<b>[ED010003] Recognized Practical Courses  </b> Recognized Practical Courses	941 - 942
<b>[ED010003] Recognized Practical Courses  </b> Recognized Practical Courses	965 - 966
<b>Required Modules  </b> Required Modules	27
<b>[MW2380] Ringvorlesung: Additive Fertigung  </b> Lecture Series: Additive Manufacturing	744 - 746
<b>[BGU60020] Risikoanalyse  </b> Risk Analysis [RA]	288 - 290
<b>[BV600001] Risikoanalyse  </b> Risk Analysis [RA1]	295 - 297
<b>[BV600001] Risikoanalyse  </b> Risk Analysis [RA1]	363 - 365
<b>[BGU60021] Risikobewertung und Systemzuverlässigkeit  </b> Risk Assessment and Reliability of Engineering Systems [RA&SR]	575 - 577

<b>[BGU60021] Risikobewertung und Systemzuverlässigkeit</b>   Risk Assessment and Reliability of Engineering Systems [RA&SR]	675 - 677
<b>[SOT86080] Risk &amp; Crisis Communication (6 ECTS)</b>   Risk & Crisis Communication (6 ECTS)	1063 - 1065

## S

---

<b>[ED100051] Selbstmanagement - Stress bewältigen und die eigene Resilienz stärken</b>   Self-Management - Coping with Stress and Building your own Resilience	1038 - 1041
<b>[MW2089] Seminar Kerntechnische Sicherheitsprinzipien</b>   Seminar Nuclear Safety Principles [Seminar ]	642 - 644
<b>[BV640003] Seminar Zerstörungsfreie Prüfung</b>   Seminar Non-destructive Testing [SZfP]	781 - 782
<b>[EI0671] Simulation elektromechanischer Aktoren</b>   Simulation of Electromechanical Actuators	305 - 306
<b>[EI70760] Simulation of Quantum Devices</b>   Simulation of Quantum Devices [SQD]	474 - 475
<b>[EI70760] Simulation of Quantum Devices</b>   Simulation of Quantum Devices [SQD]	697 - 698
<b>[EI71066] Simulation of Semiconductor Properties</b>   Simulation of Semiconductor Properties [SSP]	66 - 68
<b>[EI71066] Simulation of Semiconductor Properties</b>   Simulation of Semiconductor Properties [SSP]	218 - 220
<b>[MW1277] Simulation of Thermofluids with Open Source Tools</b>   Simulation of Thermofluids with Open Source Tools	844 - 846
<b>[MW1277] Simulation of Thermofluids with Open Source Tools</b>   Simulation of Thermofluids with Open Source Tools	986 - 988
<b>[MW1277] Simulation of Thermofluids with Open Source Tools</b>   Simulation of Thermofluids with Open Source Tools	1016 - 1018
<b>[MW1382] Simulation von Composites</b>   Simulation of Composites [SOC]	916 - 917
<b>[MW1382] Simulation von Composites</b>   Simulation of Composites [SOC]	989 - 990
<b>[CH0805] Spektroskopische Methoden</b>   Spectroscopical Methods	147 - 149
<b>[CH0805] Spektroskopische Methoden</b>   Spectroscopical Methods	447 - 449
<b>[SOT86083] Start-up Skills - Legal Fundamentals</b>   Start-up Skills - Legal Fundamentals	1066 - 1067
<b>[MA5610] Statistical Inference for Stochastic Biochemical Processes</b>   Statistical Inference for Stochastic Biochemical Processes [PE 2]	617 - 619
<b>[BGU60019] Stochastische Finite Elemente Methode</b>   Stochastic Finite Element Methods [SFEM]	360 - 362

<b>[MW0416] Strömungsphysik und Modellgesetze</b>   Flow Physics and Similarity Laws [Strö. Physik]	629 - 630
<b>[MW0416] Strömungsphysik und Modellgesetze</b>   Flow Physics and Similarity Laws [Strö. Physik]	725 - 726
<b>[PH2191] Strukturaufklärung, Bauprinzipien und Synthese kristalliner Materialien in zwei und drei Dimensionen</b>   Structure Determination, Building Principles, and Synthesis of Crystalline Materials in Two and Three Dimensions	540 - 542
<b>[PH2169] Strukturierte Photonische Nanomaterialien</b>   Structured Photonic Nano-Materials	538 - 539
<b>[SOT86085] Sustainable Transitions</b>   Sustainable Transitions	1071 - 1073

## T

---

<b>[BGU43012T2] Technische Akustik</b>   Technical Acoustics	427 - 429
<b>[BGU43012T2] Technische Akustik</b>   Technical Acoustics	661 - 663
<b>[EI7388] Technologie der III-V-Halbleiterbauelemente</b>   Technology of III/V Semiconductor Devices	71 - 72
<b>[EI7388] Technologie der III-V-Halbleiterbauelemente</b>   Technology of III/V Semiconductor Devices	223 - 224
<b>[PH1006] Theorie stochastischer Prozesse</b>   Theory of Stochastic Processes	504 - 506
<b>[NAT0127] Theorie und Praxis zum Datenmanagement in der Chemie</b>   Theory and Practice on Data Management in Chemistry	1048 - 1049
<b>[MW1532] Thermal Power Plants (MSPE)</b>   Thermal Power Plants (MSPE)	257 - 259
<b>[MW1532] Thermal Power Plants (MSPE)</b>   Thermal Power Plants (MSPE)	401 - 403
<b>[MW1532] Thermal Power Plants (MSPE)</b>   Thermal Power Plants (MSPE)	497 - 499
<b>[MW0288] Thermische Strömungsmaschinen und Flugantriebe</b>   Thermal Fluid Machinery and Flight Propulsion [TSF]	901 - 902
<b>[MW1419] Thermodynamics for Energy Conversion</b>   Thermodynamics for Energy Conversion [TEC]	254 - 256
<b>[MW1419] Thermodynamics for Energy Conversion</b>   Thermodynamics for Energy Conversion [TEC]	398 - 400
<b>[MW1419] Thermodynamics for Energy Conversion</b>   Thermodynamics for Energy Conversion [TEC]	494 - 496
<b>[MW0312] Thermofluid-dynamisches Praktikum</b>   Thermofluid-dynamic Lab [TFDPrak]	861 - 862
<b>[MW0312] Thermofluid-dynamisches Praktikum</b>   Thermofluid-dynamic Lab [TFDPrak]	905 - 906
<b>[MW0312] Thermofluid-dynamisches Praktikum</b>   Thermofluid-dynamic Lab [TFDPrak]	959 - 960

<b>[MW2477] Thermomechanisches Werkstoffverhalten in der additiven und schweißtechnischen Fertigung</b>   Thermomechanical Material Behaviour in Additive Manufacturing and Welding [TMWV]	883 - 885
<b>[MW2477] Thermomechanisches Werkstoffverhalten in der additiven und schweißtechnischen Fertigung</b>   Thermomechanical Material Behaviour in Additive Manufacturing and Welding [TMWV]	938 - 940
<b>[PH2283] Topologische Elektronik und Materialien</b>   Topological Electronics and Materials	555 - 556
<b>[PH2283] Topologische Elektronik und Materialien</b>   Topological Electronics and Materials	759 - 760
<b>[PH2194] Turbulenter Transport in Fusionsplasmen</b>   Turbulent Transport in Fusion Plasmas	416 - 417
<b>[PH2194] Turbulenter Transport in Fusionsplasmen</b>   Turbulent Transport in Fusion Plasmas	543 - 544
<b>[MW0595] Turbulente Strömungen</b>   Turbulent Flows [TS]	81 - 82
<b>[MW0595] Turbulente Strömungen</b>   Turbulent Flows [TS]	235 - 236
<b>[MW0595] Turbulente Strömungen</b>   Turbulent Flows [TS]	323 - 324
<b>[MW0595] Turbulente Strömungen</b>   Turbulent Flows [TS]	388 - 389
<b>[IN2311] Turbulent Flow Simulation on HPC-Systems</b>   Turbulent Flow Simulation on HPC-Systems	831 - 833

## U

---

<b>Uncertainty Quantification and Mathematical Modeling (Electives II)</b>   Uncertainty Quantification and Mathematical Modeling (Electives II)	559
<b>[E1_UQaMM] Uncertainty Quantification and Mathematical Modeling (Electives I)</b>   Uncertainty Quantification and Mathematical Modeling (Electives I)	286
<b>Uncertainty Quantification and Mathematical Modeling (Multiphase) (Electives II)</b>   Uncertainty Quantification and Mathematical Modeling (Multiphase) (Electives II)	821
<b>Uncertainty Quantification and Mathematical Modeling (Multiphase) (Electives I)</b>   Uncertainty Quantification and Mathematical Modeling (Multiphase) (Electives I)	351

## V

---

<b>[PH2223] Vakuum, Oberflächen und dünne Schichten</b>   Vacuum, Surfaces and Thin Films	551 - 552
<b>[MW0136] Verbrennung</b>   Combustion	73 - 74

<b>[MW0136] Verbrennung</b>   Combustion	230 - 231
<b>[MW2138] Verbrennungstechnisches Praktikum</b>   Combustion Technology Lab [VbtPrak]	925 - 926
<b>[MW2138] Verbrennungstechnisches Praktikum</b>   Combustion Technology Lab [VbtPrak]	963 - 964
<b>[MW2382] Visualisierungstechniken in der Numerischen Mechanik Praktikum</b>   Visualization Techniques in Computational Mechanics Practical Course [VNMP]	881 - 882
<b>[MW2382] Visualisierungstechniken in der Numerischen Mechanik Praktikum</b>   Visualization Techniques in Computational Mechanics Practical Course [VNMP]	936 - 937
<b>[MW2382] Visualisierungstechniken in der Numerischen Mechanik Praktikum</b>   Visualization Techniques in Computational Mechanics Practical Course [VNMP]	1008 - 1009
<b>[MW2382] Visualisierungstechniken in der Numerischen Mechanik Praktikum</b>   Visualization Techniques in Computational Mechanics Practical Course [VNMP]	1010 - 1011
<b>[CLA30622] Von der Erfindung zum Patent</b>   From Invention to Patent	1034 - 1035

## W

---

<b>Wahlbereich Praktika</b>	824
<b>[MW2079] Weltraumthermalsimulation</b>   Thermal Space Simulation	849 - 850
<b>[MW2079] Weltraumthermalsimulation</b>   Thermal Space Simulation	920 - 921
<b>[MW2079] Weltraumthermalsimulation</b>   Thermal Space Simulation	993 - 994
<b>[CLA10450] Wenn aus Ingenieuren Manager werden</b>   When Engineers Become Managers	1024 - 1025
<b>[MW0254] Werkstoffe für Motoren und Antriebssysteme: Luftstrahlantriebe, extreme Anforderungen an besondere Materialien</b>   Materials for Engines and Propulsion Systems: Jet Engines, Extreme Requirements on Special Materials [WfMuA - L]	485 - 487
<b>[MW0254] Werkstoffe für Motoren und Antriebssysteme: Luftstrahlantriebe, extreme Anforderungen an besondere Materialien</b>   Materials for Engines and Propulsion Systems: Jet Engines, Extreme Requirements on Special Materials [WfMuA - L]	623 - 625
<b>[MW0254] Werkstoffe für Motoren und Antriebssysteme: Luftstrahlantriebe, extreme Anforderungen an besondere Materialien</b>   Materials for Engines and Propulsion Systems: Jet Engines, Extreme Requirements on Special Materials [WfMuA - L]	626 - 628

<b>[MW0254] Werkstoffe für Motoren und Antriebssysteme: Luftstrahlantriebe, extreme Anforderungen an besondere Materialien</b>   Materials for Engines and Propulsion Systems: Jet Engines, Extreme Requirements on Special Materials [WfMuA - L]	722 - 724
<b>[MW0254] Werkstoffe für Motoren und Antriebssysteme: Luftstrahlantriebe, extreme Anforderungen an besondere Materialien</b>   Materials for Engines and Propulsion Systems: Jet Engines, Extreme Requirements on Special Materials [WfMuA - L]	813 - 815
<b>[MW2458] Werkstoffe in der Fügetechnik und Additiven Fertigung</b>   Materials in Joining and Additive Manufacturing	95 - 97
<b>[MW2458] Werkstoffe in der Fügetechnik und Additiven Fertigung</b>   Materials in Joining and Additive Manufacturing	265 - 267
<b>[IN2026] Wissenschaftliche Visualisierung</b>   Scientific Visualization	225 - 226
<b>[IN2026] Wissenschaftliche Visualisierung</b>   Scientific Visualization	310 - 311
<b>[ED170003] Wood and Biomaterials Mechanics and Physics</b>   Wood and Biomaterials Mechanics and Physics [WBMP]	161 - 162
<b>[ED170003] Wood and Biomaterials Mechanics and Physics</b>   Wood and Biomaterials Mechanics and Physics [WBMP]	216 - 217

## Z

---

<b>[CH3070] Zeitabhängige Spektroskopie</b>   Time-dependent Spectroscopy	156 - 157
<b>[BV640007] Zerstörungsfreie Prüfung</b>   Non-destructive Testing	143 - 146
<b>[BV640006] Zerstörungsfreie Prüfung im Ingenieurwesen</b>   Non-destructive Testing in Engineering	198 - 200
<b>[BGU64010] Zerstörungsfreie Werkstoffprüfung für Ingenieure</b>   Non-destructive Material Testing for Engineers [ZFP-PR]	863 - 865
<b>[BGU64010] Zerstörungsfreie Werkstoffprüfung für Ingenieure</b>   Non-destructive Material Testing for Engineers [ZFP-PR]	943 - 945
<b>[PC_Add] Zusätzlich wählbare Praktika</b>   Additional Practical Courses	824
<b>[BV600004] Zuverlässigkeitstheorie</b>   Structural Reliability [SR]	366 - 368
<b>[BV600004] Zuverlässigkeitstheorie</b>   Structural Reliability [SR]	578 - 580
<b>[PH2172] Zweidimensionale Materialien</b>   Two Dimensional Materials	275 - 278