Masterstudiengänge

Maschinenbau - Mechanical and Process Engineering (M.Sc.)

Paper Science and Technology - Papiertechnik und biobasierte Faserwerkstoffe (M.Sc.)

Modulhandbuch / Module Handbook

Stand: 13.07.2021

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

© TU Darmstadt, Fachbereich Maschinenbau 2021.

Master Thesis

Master-Thesis (Generalbeschreibung) 12

Pflichtbereich

Höhere Maschinendynamik 13
Tutorium (Generalbeschreibung) 15
Advanced Design Project (Generalbeschreibung) 17
Advanced Research Project (Generalbeschreibung) 19

Wahlpflichtbereich M.Sc. I

Analyse und Synthese technischer Systeme 21
Transportphänomene 23
Vernetzte Produktentstehungsprozesse 25

Wahlpflichtbereich M.Sc. II (Kernlehrveranstaltungen aus dem Maschinenbau)

Arbeits- und Prozessorganisation 27
Arbeitswissenschaft 29
Auslegung und Optimierung von Fahrzeuggetrieben 31
Automatisierung der Fertigung 33
Biofabrication und 3D-Bioprinting 35
Biomaterialien und Tissue Engineering 37
Einführung in die Finite Elemente Methode 39
Energiesysteme I (Grundlagen der Energieumwandlung) 41
Energiesysteme II (Regenerative Energiesysteme) 43
Energiesysteme III (Innovative Energiewandlungsverfahren) 45
Fahrdynamik und Fahrkomfort 47
Farbwiedergabe in den Medien 49
Faserverbund-Strukturen I 51
Flugmechanik II: Flugdynamik 53
Fortgeschrittene Strömungsmechanik I 55
Gasdynamik und Potentialtheorie 57
Grenzflächenverfahrenstechnik 59
Grundlagen der Adaptronik 61
Grundlagen der Maschinenakustik 63
Grundlagen der Raumfahrtsysteme 65
Grundlagen der Turbulenz 67
Hochtemperaturwerkstoff- und Bauteilverhalten 69
Höhere Wärmeübertragung (Verdampfung und Kondensation) 71

Innovation durch Patente ... 73
Lasermesstechnik ... 75
Lean Production ... 77
Leichtbau I ... 79
Leichtbau II ... 81
Management industrieller Produktion ... 83
Maschinen der Umformtechnik I ... 85
Maschinen der Umformtechnik II ... 87
Mechanik elastischer Strukturen I ... 89
Mechanik elastischer Strukturen II ... 91
Mechanische Trennverfahren ... 93
Mechatronik und Assistenzsysteme im Automobil ... 95
Mechatronische Systemtechnik I ... 97
Mechatronische Systemtechnik II ... 99
Modellierung turbulenter Strömungen ... 101
Multiskalen-Methoden in der numerischen Mechanik ... 103
Nano- und Mikrofluidik I ... 105
Nano- und Mikrofluidik II ... 107
Numerische Methoden der Technischen Dynamik ... 109
Numerische Strömungssimulation ... 111
Oberflächentechnik I ... 113
Produktinnovation ... 115
Prozesse der Papier- und Fasertechnik ... 117
Raumfahrtsysteme und Raumfahrtbetrieb ... 119
Recycling und Aufbereitung des Papiers und biobasierter Faserwerkstoffe ... 121
Robotik in der Industrie: Grundlagen und Anwendungen ... 123
Rotordynamik ... 125
Sichere Avioniksysteme ... 127
Technical Operations Research – Optimierung von technischen Systemen ... 129
Thermische Turbomaschinen und Flugantriebe ... 131
Umformtechnik I ... 133
Umformtechnik II ... 135
Verbrennungskraftmaschinen II ... 137
Virtuelle Produktentwicklung A - CAD-Systeme und CAx-Prozessketten ... 139
Virtuelle Produktentwicklung B - Produktdatenmanagement ... 141
Wind-, Wasser- und Wellenkraft ... 143
Zukünfte Antriebssysteme ... 145

Wahlpflichtbereich M.Sc. III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft)

Absicherungsprozesse für Kraftfahrzeuge ... 147
Aerodynamik II ... 149
Aktorwerkstoffe und -prinzipien ... 151
Aktuatorik in der Prozessautomatisierung verfahrenstechnischer Anlagen ... 153
Analytische Methoden der Wärmeübertragung ... 155
Angewandte Strukturoptimierung ... 157
Berechnungsmethoden im Bereich Verbrennungskraftmaschinen I ... 159
Berechnungsmethoden im Bereich Verbrennungskraftmaschinen II ... 161
Betriebsfestigkeit ... 163
Betriebswirtschaft für Ingenieure ... 165
Biofluidmechanik ... 167
Digitale Drucktechnologien ... 169
Dynamik von Grenzflächenströmungen ... 171
Einführung in die chemische Verfahrenstechnik mit Programmieraufgaben ... 173
Einführung in die Methoden des „Reliability Engineering“ ... 175
Einführung in die Quantenmechanik und Spektroskopie ... 177
Einführung in Kunststoffe und Verbunde ... 179
Energieeffizienz und Energieflexibilität in der Produktion ... 181
Energiemethoden im Leichtbau ... 183
Energieversorgung und Umweltschutz ... 185
Fahrzeugaerodynamik ... 187
Faserverbund-Strukturen II ... 189
Fertigungs- und beanspruchungsgerecht urgeformte Bauteile ... 191
Fertigungsgerechte Maschinenkonstruktion I ... 193
Fertigungsgerechte Maschinenkonstruktion II ... 195
Flugverkehrsmanagement und Flugsicherung ... 197
Fluidenergiemaschinen ... 199
Fortgeschrittene Strömungsmechanik II ... 201
Funktionale Polymere ... 203
Gestaltung medizinischer und kritischer Benutzeroberflächen ... 205
Gesundheitsmanagement im Betrieb ... 207
Globale Satellitennavigationssysteme und Bahnbestimmung ... 209
Grundlagen der Faserverbundwerkstoffe ... 211
Grundlagen der Kunststoffverarbeitung ... 213
Grundlagen der Messtechnik und Datenerfassung mit LabVIEW ... 215
Grundlagen der Navigation I ... 217
Grundlagen der Navigation II ... 219
Grundlagen der Papiertechnik ... 221
Grundlagen des CAE/CAD ... 223

Grundphänomene in Mehrphasenströmungen ... 225
Hochgenaue Verfahren zur numerischen Strömungssimulation ... 227
Human Factors in Air Traffic Management ... 231
Inkjet-Druck für die digitale Fertigung ... 233
Kavitation ... 235
Konstruieren und Auslegen von Kunststoffbauteilen ... 237
Konstruktion im Motorenbau I ... 239
Konstruktion im Motorenbau II ... 241
Konstruktionsprinzipien im Druckmaschinenbau ... 243
Konvektive Wärmeübertragung ... 245
Leichtbauwerkstoffe ... 247
Machine Learning Anwendungen ... 249
Management von Entwicklungsprozessen ... 251
Mathematische Methoden in der Strömungsmechanik: Exakte und Symmetrie-Methoden ... 253
Mathematische Methoden in der Strömungsmechanik: Störungsrechnung ... 255
Mehrphasenströmungen ... 257
Mensch-Mechatronik Systeme ... 259
Messtechniken in der Strömungsmechanik ... 261
Methode der Finiten Elemente in der Wärmeübertragung ... 263
Methoden der analytischen und experimentellen Strukturdynamik ... 265
Modellbildung in der Maschinenakustik ... 267
Motorräder ... 269
Nichtlineare Dynamik ... 271
Nichtlineare Finite-Elemente-Analyse im Leichtbau ... 273
Nichtlineare und chaotische Schwingungen ... 275
Numerische Methoden der Aerodynamik ... 277
Numerische Modellierung von Transportprozessen in Fluiden ... 279
Oberflächentechnik II ... 281
Papierprüfung ... 283
Papierverarbeitung ... 285
Planung, Bau, Inbetriebnahme und Betrieb von Großanlagen ... 287
Printed Electronics ... 289
Printing Technology for Electronics ... 291
Produktentstehung und -auslegung in der Automobilindustrie ... 293
Prozessketten in der Automobilindustrie I ... 295
Prozessketten in der Automobilindustrie II ... 297
Raumfahrtantriebe und Raumfahrttransportsysteme ... 299
Raumfahrtmechanik ... 301
Raumfahrtrückstände – Risiken, Überwachung und Vermeidung ... 303
Rheologie (Strömungsmechanik nicht-newtonscher Fluide) ... 305

Schadenskunde 307
Schalentheorie 309
Schwingungen kontinuierlicher mechanischer Systeme 311
Stabilitätstheorie im Leichtbau 313
Streichen von Papier 315
Strukturintegrität und Bruchmechanik 317
Systemische Betrachtung des Luftverkehrs 319
Technologie und Management im Werkzeug- und Formenbau 321
Thermische Verfahrenstechnik 323
Trends in Automotive Engineering 325
Verbindungstechnik 327
Verdichtertechnologie 329
Virtuelle Produktentwicklung C – Produkt- und Prozessmodellierung 331
Wälzlagertechnik 333
Weiterführende Methoden der Strömungssimulation 335
Wirtschaftliche Optimierung der Energieversorgung für energieintensive Produktionsbetriebe 337
Work Organization in Intercultural Context 339
Zerspanungstechnologie – Grundlagen und Anwendung 341
Zukünftige Luftverkehrssysteme 343

Zusätzliche Module für den Master Paper Science and Technology - Papiertechnik und biobasierte Faserwerkstoffe (M.Sc.)

Chemische Technologie des Papiers und biobasierter Faserwerkstoffe I 345
Chemische Technologie des Papiers und biobasierter Faserwerkstoffe II 347
Chemisches Praktikum: Papier und biobasierte Faserwerkstoffe I 349
Chemisches Praktikum: Papier und biobasierte Faserwerkstoffe II 351
Einführung in die Makromolekulare Chemie I 353
Einführung in die Makromolekulare Chemie II 355
Mikroskopisches Praktikum Pflanzenanatomie 357
Praktikum Papierprüfung 359
Praktikum Papiertechnik 361
Struktur und Funktion der Pflanzen 363

Hinweis:
Voraussetzungen haben empfehlenden Charakter. Für die Masterkurse des Maschinenbaus wird ein abgeschlossenes Bachelorstudium vorausgesetzt.
Die Kursnummer ist mit der Modulnummer identisch. Bei den Kursen ist nur der die Kursart (Lehrform) charakterisierende Appendix aufgeführt (-vl für Vorlesung, -ue für Übung; ..). Nur bei Abweichungen wird die Kursnummer angegeben.

Master's thesis

Master`s thesis (General Description) 12

Compulsory courses

Advanced Dynamics 13
Tutorium (General Description) 15
Advanced Design Project (General Description) 17
Advanced Research Project (General Description) 19

Electives Area I

Technical Systems Analysis and Synthesis 21
Transport Phenomena 23
Interlinked Product Creation Processes 25

Electives Area II Core Electives from Mechanical Engineering

Work and Process Organization 27
Human Factors/Ergonomics 29
Dimensioning and optimization of vehicle transmissions 31
Manufacturing Automation 33
Biofabrication and 3D-Bioprinting 35
Biomaterials and Tissue Engineering 37
Introduction to the Finite Element Method 39
Energy Systems I 41
Energy Systems II 43
Energy Systems III (Innovate energy conversion procedure) 45
Ride and Handling 47
Colour in Media 49
Composite structures I 51
Flight Mechanics II: Dynamics 53
Advanced Fluid Mechanics I 55
Compressible and Irrotational Flow 57
Interfacial Engineering 59
Fundamentals of Adaptronics 61
Fundamentals of Machine Acoustics 63
Foundations of Space Systems 65
Introduction to Turbulence 67
High Temperature Materials Behaviour 69
Advanced Heat Transfer 71

Innovation by Patents ... 73
Laser Measurement Technology ... 75
Lean Production ... 77
Lightweight engineering I ... 79
Lightweight engineering II ... 81
Management of Industrial Production ... 83
Forming Machines I ... 85
Forming Machines II ... 87
Mechanics of Elastic Structures I ... 89
Mechanics of Elastic Structures II ... 91
Mechanical separation processes ... 93
Automotive Mechatronics and Assistance Systems ... 95
Mechatronic Systems I ... 97
Mechatronic Systems II ... 99
Modeling of Turbulent Flows ... 101
Multiscale Methods in Computational Mechanics ... 103
Nano- and Microfluidics I ... 105
Nano- and Microfluidics II ... 107
Numerical Methods of Applied Dynamics ... 109
Numerical Simulation of Flows ... 111
Surface Technologies I ... 113
Product Innovation ... 115
Unit Operations of Paper and Fiber Material Production ... 117
Space Systems and Operations ... 119
Recycling of Paper and Biobased Fiber Material Production ... 121
Robotics in Industry: Principles and Applications ... 123
Rotordynamics ... 125
Avionics System Safety ... 127
Technical Operations Research – Optimization of Technical Systems ... 129
Thermal Turbomachinery and Flight Propulsion ... 131
Forming Technology I ... 133
Forming Technology II ... 135
Combustion Engines II ... 137
Virtual Product Development A: CAD Systems and CAx Process Chains ... 139
Virtual Product Development B ... 141
Wind, Water, and Wave Energy ... 143
Advanced Vehicle Propulsion Systems ... 145

Electives Area III Electives from the Natural Sciences and Engineering

Safeguard Processes for Motor Vehicles ... 147
Aerodynamics II ... 149
Actuator Materials and Principles ... 151
Actuators in Process Automation of Chemical Plants ... 153
Analytical Methods in Heat Transfer ... 155
Applied Structural Optimization ... 157
Calculation of Engine Test Results I ... 159
Calculation of Engine Test Results II ... 161
Structural Durability ... 163
Basics of Economics for Engineers ... 165
Biofluid Mechanics ... 167
Digital Printing ... 169
Dynamics of Interfacial Flows ... 171
Introduction to Chemical Process Engineering with programming tasks ... 173
Introduction to the Methods of Reliability Engineering ... 175
Introduction to Quantum Mechanics and Spectroscopy ... 177
Introduction into plastics and composite materials ... 179
Energy Efficiency and Energy Flexibility in Production ... 181
Energy methods in lightweight engineering ... 183
Energy Supply and Environmental Protection ... 185
Vehicle Aerodynamics ... 187
Composite Structures II ... 189
Manufacturing and Load optimized Cast Components ... 191
Machine Design I ... 193
Machine Design II ... 195
Air Traffic Management ... 197
Fluid Energy Machines ... 199
Advanced Fluid Mechanics II ... 201
Functional Polymers ... 203
User Interface Design for medical and critical Interfaces ... 205
Health Management at work ... 207
Global Satellite Navigation Systems and Orbit Determination ... 209
Introduction to Composite Materials ... 211
Basics of Polymer Processing ... 213
Principles of Measurement Technique and Data Acquisition with LabVIEW ... 215
Fundamentals of Navigation I ... 217
Fundamentals of Navigation II ... 219
Fundamentals of Paper Science ... 221
Principles of CAE/CAD ... 223

Basic Phenomena in Multiphase Flows 225
High-Accuracy methods for Computational Fluid Dynamics 227
Hochtemperaturwerkstoff- und Bauteilverhalten II 229
High Temperature Materials Behaviour II 229
Human Factors in Air Traffic Management 231
Inkjet Printing for Digital Fabrication 233
Cavitation 235
Design and Dimensioning of Plastic Parts 237
Structural Design of Internal Combustion Engine I 239
Structural Design of Internal Combustion Engine II 241
Design Principles in Printing Press Construction 243
Convective Heat Transfer 245
Lightweight Construction Materials 247
Machine Learning Applications 249
Management of Engineering Design Processes 251
Mathematical Methods in Fluid Mechanics: Exact and Symmetry Methods 253
Mathematical Methods in Fluid Mechanics: Regular and Singular Perturbations 255
Multiphase Flows 257
Human-mechatronics systems 259
Measurement Techniques in Fluid Mechanics 261
Finite Element Method in Heat Transfer 263
Analytical and experimental methods of structural dynamics 265
Modeling techniques in machine acoustics 267
Motor Cycles 269
Nonlinear Dynamics 271
Nonlinear Finite Element Analysis in Lightweight Design 273
Nonlinear and Chaotic Vibrations 275
Computational Aerodynamics 277
Computational modelling of transport processes in fluids 279
Surface Technologies II 281
Paper Testing 283
Paper Converting 285
Design, Building, Commissioning, and Operation of large-scale Plants 287
Printed Electronics 289
Printing Technology for Electronics 291
Product Conception and Product Design in Automotive Industry 293
Process Chains in the Automotive Industry I 295
Process Chains in the Automotive Industry II 297
Space Propulsion and Space Transportation Systems 299
Space Flight Mechanics 301

Space Debris – Risks, Surveillance and Mitigation ... 303
Rheology (Mechanics of Non-Newtonian Fluids) ... 305
Failure Analysis ... 307
Theory of shells ... 309
Vibrations of Continuous Mechanical Systems ... 311
Theory of stability in lightweight engineering ... 313
Coating of Paper ... 315
Structural Integrity and Fracture Mechanics ... 317
Systemic evaluation of air traffic ... 319
Technology and Management in Tool and Mold Making Industry ... 321
Thermal process engineering ... 323
Trends in Automotive Engineering ... 325
Joining Technology ... 327
Compressor Technology ... 329
Virtual Product Development C ... 331
Bearing Technology ... 333
Advanced Methods for Flow Simulation ... 335
Economical optimization of energy supply for energy intensive production units ... 337
Work Organization in Intercultural Context ... 339
Machining Technology - Basics and Application ... 341
Future Air Transportation Systems ... 343

Additional modules of Master's program 'Paper Science and Technology - Papiertechnik und biobasierte Faserwerkstoffe' (M.Sc.)

Chemical Technology of Paper and Biobased Fibre Material I ... 345
Chemical Technology of Paper and Biobased Fibre Material II ... 347
Experimental Course in Paper and Biobased Fibre Material I ... 349
Experimental Course in Paper and Biobased Fibre Material II ... 351
Basics of Macromolecular Chemistry I ... 353
Basics of Macromolecular Chemistry II ... 355
Microscopial Training – Plant Anatomy ... 357
Practicum Paper Testing ... 359
Practicum Paper Technology ... 361
Structure and Function of Plants ... 363

Modulbeschreibung / Module description

<table>
<tr><td colspan="6">Modulname / Module Title

Master-Thesis (Generalbeschreibung)

Master`s thesis (General Description)</td></tr>
<tr><td>Modul Nr. / Code</td><td>Credit Points

30 CP</td><td>Arbeitsaufwand / Work load
900 h</td><td>Selbststudium / Individual study
900 h</td><td>Moduldauer / Duration
1 Semester</td><td>Angebotsturnus / Semester
WS und/oder SS</td></tr>
<tr><td colspan="3">Sprache / Language: Deutsch / Englisch / German / English
Level (EQF / DQR): 7</td><td colspan="3">Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator
Jeder hauptamtliche Professor oder jede hauptamtliche Professorin des Fachbereichs Maschinenbau</td></tr>
<tr><td>2</td><td colspan="5">Lehrinhalt / Syllabus
Aktuelle Aufgabenstellungen aus der Forschung der anbietenden Fachgebiete
Current research topic from the general research area of the administering institute.</td></tr>
<tr><td>3</td><td colspan="5">Lernergebnisse / Learning Outcomes
Nachdem die Studierenden die Masterthesis erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:
1. Ein gestelltes Forschungsthema unter Anwendung ingenieurwissenschaftlicher Methoden selbstständig zu bearbeiten.
2. Den wissenschaftlichen Kenntnisstand zu erweitern.
3. Die Ergebnisse in schriftlicher und mündlicher Form mit hohen wissenschaftlichen Anspruch zu präsentieren.

On successful completion of the Master Thesis, students should be able to:
1. Independently solve scientific questions in a structured manner using accepted engineering science methods.
2. Extend existing knowledge with their results.
3. Present their work in written and oral form in a scientifically acceptable manner.</td></tr>
<tr><td>4</td><td colspan="5">Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation
Mögliche Voraussetzungen werden vom anbietenden Fachgebiet bei der Aufgabenstellung angegeben.
Possible prerequisites will be prescribed by the individual institute supervising the thesis.</td></tr>
<tr><td>5</td><td colspan="5">Prüfungsform / Assessment methods
Schriftliche Ausarbeitung sowie ein Kolloquium Vortragsdauer 20-30 min mit anschließender Diskussion
Written thesis and a seminar presentation of 20-30 min followd by discussion.</td></tr>
<tr><td>6</td><td colspan="5">Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points
Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.</td></tr>
<tr><td>7</td><td colspan="5">Benotung / Grading system
Standard (Ziffernote) / Number grades</td></tr>
<tr><td>8</td><td colspan="5">Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme
Master MPE Master-Thesis
Master PST Master-Thesis</td></tr>
<tr><td>9</td><td colspan="5">Literatur / Literature
abhängig vom Themengebiet
will depend on topic</td></tr>
</table>

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Höhere Maschinendynamik

Advanced Dynamics

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-25-5060	6 CP	180 h	100 h	1 Semester	WS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr.-Ing. B. Schweizer

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Höhere Maschinendynamik	Vorlesung / Lecture	34 h (3 SWS)
-gü	Höhere Maschinendynamik	Gruppenübung / Group Recitation	23 h (2 SWS)
-hü	Höhere Maschinendynamik	Hörsaalübung / Lecture Hall Recitation	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Einführung in die Höhere Maschinendynamik.
Kinematik des Starrkörpers; Beschreibung der Translation und Rotation räumlicher Bewegungen.
Formulierung von Bindungsgleichungen (skleronome, rheonome, holonome und nichtholonome Zwangsbedingungen); Definition von verallgemeinerten Koordinaten und virtuellen Verschiebungen.
Kinematik von Mehrkörpersystemen; baumstrukturierte Systeme und Systeme mit Schleifen; Beschreibung räumlicher Systeme mittels Absolutkoordinaten und mittels Relativkoordinaten.
Kinetik von Starrkörpersystemen; Schwerpunktsatz und Drallsatz; Aufstellen von Bewegungsgleichungen in Absolutkoordinaten (Index-3, Index-2 und Index-1 Formulierungen) und in Relativkoordinaten; Prinzipe der Mechanik.
Linearisierung von Bewegungsgleichungen; Lösungstheorie für lineare Systeme mit konstanten Koeffizienten.
Anwendungsbeispiele aus der Fahrzeugtechnik, der Robotik, der Motormechanik, der Getriebetechnik, der Rotordynamik, etc.

Introduction and definition of multibody systems.
Kinematics of rigid bodies; spatial motion (translation and rotation).
Formulation of constraint equations (scleronomic, rheonomic, holonomic and nonholonomic constraints); definition of generalized coordinates and virtual displacements.
Kinematics of multibody systems; tree-structured systems and systems with closed loops; description of spatial systems using absolute coordinates and relative coordinates.
Kinetics of multibody systems; Newton´s law and Euler´s law; formulation of the equations of motion using absolute coordinates (Index-3, Index-2 and Index-1 formulations) and relative coordinates.
Principle of d´Alembert, principle of virtual power, Lagrange´s equations of the second kind, etc.
Linearization of the equations of motion; theory for linear systems with constant coefficients.
Application examples: automotive engineering, robotics, gear mechanisms, engine dynamics, rotor dynamics, etc.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Die räumliche Bewegung eines Starrkörpers mathematisch zu beschreiben.
2. Komplexe Systeme von starren Körpern kinematisch zu beschreiben und deren Bewegungen zu analysieren.

	3. Die Bewegungsgleichungen für komplexe, ebene und räumliche Systeme mithilfe der Newton-Eulerschen Gleichungen zu formulieren. 4. Die Prinzipien der Mechanik anzuwenden, um mit diesen – alternativ zu den Newton-Eulerschen Gleichungen – Bewegungsdifferentialgleichungen herzuleiten. 5. Mathematische Modelle von realen Maschinen und Mechanismen zu erstellen, um die Bewegung der Körper und die auftretenden Belastungen zu berechnen. On successful completion of this module, students should be able to: 1. Mathematically describe the spatial motion of a rigid body. 2. Describe the kinematics of complex planar and spatial dynamical systems. 3. Derive the equations of motion for complex planar and spatial systems using the Newton-Euler equations. 4. Applying the principles of mechanics in order to derive the governing equations of motion (as an alternative to the Newton-Euler equations). 5. To generate suitable mathematical models for machines, engines and mechanisms in order to calculate the motion of the system and the forces/torques acting on the bodies.
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** Technische Mechanik I bis III (Statik, Elastomechanik, Dynamik) und Mathematik I bis III empfohlen. Technical Mechanics I to III (Statics, Elastomechanics, Dynamics) and Mathematics I to III recommend.
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Abschlussklausur 150 min / Written exam 150 min.
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** Master MPE Pflicht WI/MB, Master Mechatronik
9	**Literatur / Literature** Woernle, C.: „Mehrkörpersysteme“, Springer, 2011. Shabana, A.: „Dynamics of Multibody Systems”, Cambridge University Press, Third Edition, 2010. Haug, E.J.: „Computer-Aided Kinematics and Dynamics of Mechanical Systems“, Allyn and Bacon, 1989. Markert, R.: „Strukturdynamik", Shaker, 2013. Dresig, H.; Holzweißig, F.: „Maschinendynamik", 10. Auflage, Springer, 2011.
	Geänderte Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 9. Juni 2015. Changed module description accepted from academic department on 9 June 2015.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Tutorium (Generalbeschreibung)

Tutorium (General Description)

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-	4 CP	120 h	75 h	1 Semester	WS und/oder SS

Sprache / Language: Deutsch / Englisch / German / English **Level (EQF / DQR): 7.**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Jeder hauptamtliche Professor oder jede hauptamtliche Professorin des Fachbereichs Maschinenbau

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-tt	Tutorium	Laborpraktikum / Laboratory practicum	45 h (4 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Aktuelle Aufgabenstellungen aus dem Fokus der anbietenden Fachgebiete.

Current research topic from the general area of the administering institute.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

A) **Schwerpunkt: Experimente**
Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Die wichtigsten Mess- und Analysemethoden des Faches zu erklären.
2. Geeignete Messaufnehmer auszuwählen und zu kalibrieren.
3. Die Messgeräte, bzw. elektronische Messdatenerfassungsanlagen zu bedienen und deren Messfehler abzuschätzen.
4. Versuchseinrichtungen unter Einhaltung der Sicherheitsvorschriften aufzubauen und Versuche durchzuführen.
5. Die aufgenommenen Messdaten auszuwerten und einen technischen Versuchsbericht zu erstellen.
6. Die Ergebnisse der Versuche in geeigneter Form zu präsentieren und kritisch zu würdigen.

B) **Schwerpunkt: Modellierung und Simulation**
Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Typische technische Vorgänge eines Faches in Modelle abzubilden.
2. Geeignete Programme für die Simulation der Vorgänge auszuwählen oder zu erstellen.
3. Die Signifikanz von Einflussgrößen zu beurteilen.
4. Die Berechnungsergebnisse zu analysieren und deren Qualität einzuschätzen.
5. Die Ergebnisse der Simulation in geeigneter Form darzustellen und kritisch zu würdigen.

A) Focus: **Experiments**
On successful completion of this module, students should be able to:

1. Explain the fundamental measurement and analysis methods of the specific field
2. Select and calibrate sensors and measuring devices.
3. Operate the measuring instruments and estimate their measurement uncertainty.
4. Set-up tests considering safety instructions and conduct experiments.
5. Evaluate test data and write technical reports.
6. Present the results of the attempts in appropriate form.

B) Focus: **Modelling and simulation**
On successful completion of this module, students should be able to:

	1. Model representative technical processes of the specific field. 2. Select or compile suitable programmes for the simulation of the processes. 3. Assess the significance of influencing variables. 4. Analyse and estimate the quality of the calculation results. 5. Present the results of the simulation in appropriate form.
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** Mögliche Voraussetzungen werden vom anbietenden Fachgebiet bei der Aufgabenstellung angegeben. Possible prerequisites will be prescribed by the individual institute supervising the project.
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Sonderform: Schriftliche Ausarbeitung und/oder mündliche Prüfung (Ergebnispräsentation) / Special type: Written report and/or oral exam.
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** Master MPE Tutorium Master PST Tutorium Master Mechatronik
9	**Literatur / Literature** Abhängig vom Projekt; wird vom Fachgebiet bekannt gegeben. Will depend on topic; available upon announcement.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Advanced Design Project (Generalbeschreibung)

Advanced Design Project (General Description)

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-	6 CP	180 h	ca. 60 h	1 Semester	WS / SS

Sprache / Language: Deutsch/Englisch / German/English **Level (EQF / DQR): 7.**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Jeder hauptamtliche Professor oder jede hauptamtliche Professorin des Fachbereichs Maschinenbau

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
	Advanced Design Project	Projektarbeit / Project	ca. 120 h

2 Lehrinhalt / Syllabus

Aktuelle Aufgabenstellungen aus dem Fokus der anbietenden Fachgebiete.

Current research topic from the general area of the administering institute.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Eine Gestaltungsaufgabe mithilfe der Entwicklungsmethodik des Maschinenbaus zu lösen
2. Komplexe Probleme der industriellen Praxis zu erkennen und zu benennen.
3. Im Team Lösungsvarianten zu finden und zu bewerten.
4. Die Grundzüge der Arbeits- und Zeitplanung bei komplexen Aufgaben gegebenenfalls wiederholt zu praktizieren.
5. Unterschiedliche Rollen in einem Team auszufüllen.
6. Divergierende Standpunkte zu vertreten und eine Problemlösung zu entwickeln.

Erläuterung: Bei der Gestaltungsaufgabe kann es sich beispielsweise um eine Konstruktion oder um die Entwicklung eines Prozesses, einer Regelungsstrategie oder eines Bedienkonzeptes handeln.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Solve a creation task with the help of the design methodology of mechanical engineering.
2. Recognise and specify complex problems of industrial practice.
3. Find and evaluate solution variants within a team.
4. Create and follow a work and time schedule to complete the complex problems, adjusting as necessary.
5. Perform different roles in a team.
6. Represent and assess divergent positions and develop a solution for the problem.

Explanation: The design task might be a mechanical design or the development of a process, a control strategy or a Human-Machine-Interface.

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

Mögliche Voraussetzungen werden vom anbietenden Fachgebiet bei der Aufgabenstellung angegeben.

Possible prerequisites will be prescribed by the individual institute supervising the project.

5 Prüfungsform / Assessment methods

Schriftliche Ausarbeitung und mündliche Prüfung / Written report and oral exam.

6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** Master MPE ADP Mechatronik
9	**Literatur / Literature** Abhängig vom Projekt; wird vom Fachgebiet bekannt gegeben. Will depend on topic; available upon announcement.
	Ergänzung der Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 6. Februar 2018. Supplemented module description accepted from academic department on 6 February 2018.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Advanced Research Project (Generalbeschreibung)

Advanced Research Project (General Description)

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-	6 CP	180 h	ca. 60 h	1 Semester	WS / SS

Sprache / Language: Deutsch/Englisch / German/English **Level (EQF / DQR): 7.**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Jeder hauptamtliche Professor oder jede hauptamtliche Professorin des Fachbereichs Maschinenbau

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
	Advanced Research Project	Projektarbeit / Project	ca. 120 h

2 Lehrinhalt / Syllabus

Aktuelle Aufgabenstellungen aus dem Fokus der anbietenden Fachgebiete.

Current research topic from the general area of the administering institute.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Eine komplexe, ergebnisoffene Forschungsfrage in Zusammenarbeit mit weiteren Personen zu analysieren , zu strukturieren, Lösungsvarianten zu generieren, zu bewerten und auszuwählen.
2. Analytische und/oder numerische und/oder experimentelle Methoden auszuwählen und auf das Problem anzuwenden.
3. Ggf. komplexe Probleme der industriellen Praxis und /oder der Forschung zu modellieren und zu simulieren.
4. Die Methoden der Arbeits- und Zeitplanung bei komplexen Aufgaben gegebenenfalls wiederholt zu praktizieren.
5. Unterschiedliche Rollen in einem Team auszufüllen.
6. Divergierende Standpunkte zu vertreten.
7. Die Problemlösung kritisch zu reflektieren.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Analyse and structure a complex and open ended research question in collaboration with other people, to generate variant solutions, and to assess and select them.
2. Select and apply analytic and/or numeric and/or experimental methods to the problem.
3. Model and simulate complex problems of industrial practice and research, if necessary.
4. Create and follow a work and time schedule to complete the complex problems, adjusting as necessary.
5. Assume different roles in a team.
6. Represent divergent positions.
7. Critically reflect the solution to the problem.

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

Mögliche Voraussetzungen werden vom anbietenden Fachgebiet bei der Aufgabenstellung angegeben.

Possible prerequisites will be prescribed by the individual institute supervising the project.

5 Prüfungsform / Assessment methods

Schriftliche Ausarbeitung und mündliche Prüfung / Written report and oral exam.

6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** Master MPE ARP Master PST ARP Mechatronik
9	**Literatur / Literature** Abhängig vom Projekt; wird vom Fachgebiet bekannt gegeben. Will depend on topic; available upon announcement.
	Geänderte Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 14. Juli 2015. Changed module description accepted from academic department on 14 July 2015.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Analyse und Synthese technischer Systeme

Technical Systems Analysis and Synthesis

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-98-3034	6 CP	180 h	135 h	1 Semester	WS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr.-Ing. P. F. Pelz

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Analyse und Synthese technischer Systeme	Vorlesung / Lecture	34 h (3 SWS)
-ue	Analyse und Synthese technischer Systeme	Übung / Recitation	11 h (1 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Systemgrenzen und Schnittstellen; Systemanalogien; Formulierung von Funktions- und Prozesszusammenhängen; Formulierung von Zielen; Festlegung eines Spielfeldes; Modellierung von Komponenten und komplexen Systemen; Systembeschreibung mittels 0D-Methoden; Erhaltungssätze; Materialgesetze; Zeitliche und räumliche Granularität; Modellreduktion; Modellvalidierung; Planung numerischer und praktischer Versuche; Generisches mechatronisches System; Sicherheitskonzepte für Systeme; Bewertung des Systemaufwands; Ermittlung von Herstellkosten (Investitions- und Betriebskosten); Technisch-ökologisch-ökonomisch-soziale Zusammenhänge; Diskrete und kontinuierliche Optimierungsmethoden

System boundaries and interfaces; System analogies; Formulation of functional and process dependencies; Formulation of targets; Specification of a playing field; Modeling of components and complex systems; System description by means of 0D-methods; Conservation laws; Material laws; Temporal and spatial granularity; Model reduction; Model validation; Design of numerical and practical experiments; Generic mechatronic system; Safety concepts for systems; Evaluation of system effort; Determination of manufacturing costs (investment and operational costs); Technical-ecological-economical-social dependencies; Discrete and continuous optimization methods

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Prozessfunktionen und –ziele zu erkennen und zu formulieren, aus den Prozessfunktionen notwendige Teilfunktionen abzuleiten, ein Spielfeld von Möglichkeiten zu deren Erfüllung aufzuspannen und Entscheidungen für die geeignetsten Möglichkeiten zu treffen.
2. Technische Systeme zu abstrahieren und zu modellieren, den erforderlichen Detaillierungsgrad einer Modellierung einzuschätzen, Modelle zu validieren und ggf. zu vereinfachen.
3. In einem System die generischen Subfunktionen „Prozess“, “Prozesszustandserfassung”, „Eingriffsevaluation” und „Prozessbeeinflussung“ zuzuordnen und zu designen.
4. Technisch-ökologisch-ökonomisch-soziale Zusammenhänge zu erkennen, deren gegenseitige Beeinflussung bewusst wahrzunehmen und im möglichen Rahmen zu gestalten.
5. Optimierungsziele zu formulieren, geeignete Optimierungsmethoden auszuwählen und Optimierungsstrategien hinsichtlich des bestenfalls erreichbaren Optimierungsergebnisses kritisch zu hinterfragen.
6. Entscheidungs- und Syntheseprobleme in Form von mathematischen Optimierungsmodellen zu formulieren.
7. Grundlegende mathematische Methoden zur Lösung von Optimierungsmodellen anzuwenden und

	die Einsetzbarkeit zur Lösung bestimmter Klassen von Optimierungsmodellen zu beurteilen. On successful completion of this module, students should be able to: 1. Indetify and formulate process functions and purposes, derive necessary subfunctions from the process functions, span a playing field of possible solutions, and be able to take decisions on the most suitable solutions. 2. Abstract and model technical systems, estimate the necessary level of detail of a model, and validate and if appropriate, simplify a model. 3. Indentify and design the generic subfunctions “process”, “process state determination”, “intervention evaluation” and “process influencing” inside an overall system. 4. Indentify technical-ecological-economical-social dependencies and perceive and design the framework of their interactions within possible limits. 5. Formulate targets for optimization, choose appropriate optimization methods, and critically scrutinize optimization strategies concerning their maximum attainable optimization results. 6. Formulate decision- and synthesis problems in the framework of mathematical optimization models. 7. Apply basic mathematical methods in order to determine the solution of optimization models and judge the applicability of certain optimization models.
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation**
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Klausur 90 min / Written exam 90 min
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** Master MPE WPB I Master Mechatronik
9	**Literatur / Literature** Lernmaterial auf www.fst.tu-darmstadt.de Empfohlene Bücher: Pahl, Beitz: Konstruktionslehre - Grundlagen erfolgreicher Produktentwicklung, Springer Verlag Suhl, Mellouli: Optimierungssysteme – Modelle, Verfahren, Software, Anwendungen, Springer Verlag Study material available at www.fst.tu-darmstadt.de Recommended books: Pahl, Beitz: Konstruktionslehre - Grundlagen erfolgreicher Produktentwicklung, Springer Verlag Suhl, Mellouli: Optimierungssysteme – Modelle, Verfahren, Software, Anwendungen, Springer Verlag

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Transportphänomene

Transport Phenomena

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-98-3054	6 CP	180 h	135 h	1 Semester	WS und SoSe 2021

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr. rer. nat. S. Hardt

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Transportphänomene	Vorlesung / Lecture	34 h (3 SWS)
-ue	Transportphänomene	Übung / Recitation	11 h (1 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Die Vorlesung hat zum Ziel, eine vereinheitlichte Beschreibung von kontinuumsmechanischen Transportphänomenen zu vermitteln, speziell von Impuls-, Wärme- und Stofftransport. Dabei werden im Schwerpunkt Fluide betrachtet. Die entsprechenden Bilanzgleichungen hergeleitet und deren Anwendungsgrenzen diskutiert. Durch Entdimensionierung der Gleichungen wird die Bedeutung unterschiedlicher physikalischer Effekte auf unterschiedlichen Skalen hervorgehoben. Eine Verbindung der Transportphänomene mit Prozessen auf molekularer Ebene wird hergestellt. Im Fokus der Vorlesung stehen insbesondere der Wärmetransport in Grenzschichten, reagierende Strömungen, Mehrphasenströmungen (Suspensionen, Dispersionen), nicht-Newtonsche Fluide und Transportprozesse bei kleinen Reynolds-Zahlen.

The objective of the lecture is to convey a unified description of transport phenomena in continuum mechanics, especially of momentum, heat, and mass transport. The focus is mostly on fluids. The corresponding conservation equations are derived, and their limits of applicability are discussed. The importance of different physical effects on different scales is underlined by writing the equations in a non-dimensional form. A connection between transport phenomena and processes on a molecular scale is established. Especially heat transport in boundary layers, reacting flows, multi-phase flows (suspensions, dispersions), non-Newtonian fluids, and transport processes at low Reynolds numbers are the focus of the lecture.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Unterschiedliche Transportphänomene (Impuls, innere Energie, Stoff, Entropie) zu analysieren und die adäquaten Bilanzgleichungen anzuwenden.
2. Transportkoeffizienten auf molekulare Erscheinungen zurückzuführen.
3. Für Transportprozesse unterschiedliche Skalen zu wählen und zu beurteilen.
4. Grenzen der Anwendbarkeit der unterschiedlichen Ansätze zu erkennen.
5. Die Besonderheit der Transportprozesse in Grenzschichten zu erklären, zu analysieren und zu bewerten.
6. Das Wechselspiel zwischen Transportprozessen und chemischen Reaktionen (Reaktionskinetik) zu erklären.
7. Bilanzgleichungen für Mehrphasenströmungen aufzustellen und zu interpretieren.
8. Unterschiedliche rheologische Modelle phänomenologisch zu beschreiben und das Phänomen der

	Relaxationsdynamik zu erklären. 9. Besonderheiten von Strömungen bei kleinen Reynoldszahlen zu erkennen. On successful completion of this module, students should be able to: 1. Analyze different transport phenomena (momentum, internal energy, mass, entropy) and apply adequate conservation equations. 2. Relate transport coefficients to processes occurring on a molecular scale. 3. Select and assess different scales for transport processes. 4. Identify the limits of validity of different descriptions. 5. Explain, analyze, and assess the unique features of transport processes in boundary layers. 6. Explain the interplay between transport processes and chemical reactions (reaction kinetics). 7. Formulate and interpret conservation equations for multi-phase flow. 8. Describe phenomenologically different rheological models and explain the phenomenon of relaxation dynamics. 9. Identify unique features of flow at low Reynolds numbers.
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** Keine / None
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Klausur 120 min / Written exam 120 min.
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** Master MPE WPB I Master PST Pflicht
9	**Literatur / Literature** R. B. Bird, W. E. Stewart, E. N. Lightfoot, *Transport Phenomena* (rev. 2nd Ed.), John Wiley & Sons, New York, 2007

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Vernetzte Produktentstehungsprozesse

Interlinked Product Creation Processes

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-98-3044	6 CP	180 h	135 h	1 Semester	SS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr.-Ing. R. Anderl / Prof. Dr.-Ing. J. Metternich

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Vernetzte Produktentstehungsprozesse	Vorlesung / Lecture	34 h (3 SWS)
-ue	Vernetzte Produktentstehungsprozesse	Übung / Recitation	11 h (1 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Die Vorlesung soll Studierenden des Masterstudiums vermitteln, dass Prozesse im Maschinenbau allgegenwärtig sind und insbesondere in der Produktentstehung eine erfolgsentscheidende Rolle spielen. Im Rahmen der Vorlesung sollen ausgehend von der Prozesstheorie und einem Referenzmodell der Produktentstehung charakteristische Prozesse identifiziert und spezifische Methoden zur Erfüllung der Prozessziele vorgestellt werden. Studierende sollen die Prozesse in der Produktentstehung verstehen, die wichtigsten Arbeitsmethoden beherrschen und Fähigkeiten entwickeln, den Entwicklungsfortschritt in Prozessen zu erkennen sowie den Prozessablauf zu steuern. Prozessmodellierung, -analyse, - simulation und –optimierung sind dabei wichtige Kompetenzen, die zu beherrschen sind.

This lecture is for students of the master program, which imparts the fact that processes are ubiquitous in mechanical engineering. Processes are a key success factor, especially in product development. Within the scope of the lecture, characteristic processes are identified based on process theory, and a reference model for product development and specific methods are presented to meet the process objectives. Students should be able to understand the processes in product development. They should be familiar with the main work methods, and they should develop skills to recognize the progress in processes and to control process flow. Process modeling - analysis - simulation and optimization are important competencies that have to be mastered.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Den Produktentstehungsprozess zu beschreiben.
2. Prozessziele zu identifizieren und erwartete Prozessergebnisse systematisch zu spezifizieren.
3. Teilprozesse zu gestalten und miteinander zu vernetzen.
4. Methoden der Prozessmodellierung, -analyse, -simulation und –optimierung anzuwenden.
5. Erarbeitete Prozessergebnisse zu beurteilen und zu bewerten.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Describe the product creation process.
2. Identify process aims and specify expected process results systematically.
3. Configure subprocesses and the link between them.
4. Apply methods of process modelling, analysis, simulation, and optimization.
5. Evaluate acquired process results.

4 Voraussetzung für die Teilnahme -/ Prerequisites for participation

5	**Prüfungsform / Assessment methods** Schriftliche Prüfung 120 Minuten / Written exam 120 min.
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** Master MPE WPB I
9	**Literatur / Literature**
	Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 15. Juli 2014. Module description accepted from academic department at the 15th July 2014.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Arbeits- und Prozessorganisation

Work and Process Organization

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-21-5030	4 CP	120 h	86 h	1 Semester	SS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr.-Ing. R. Bruder und Dr. B. Abendroth

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Arbeits- und Prozessorganisation	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)
-ue	Arbeits- und Prozessorganisation	Übung / Recitation	11 h (1 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

1. Einführung 2. Volks- und betriebswirtschaftlicher Kontext 3. Unternehmensorganisation 4. Produktentwicklungsprozess 5. Produktionsmanagement 6. Personalmanagement

1. Introduction 2. Macroeconomics and business economics 3. Company organisation 4. Product development process 5. Production management 6. Human resource management

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Die wirtschaftlichen und humanitären Ziele bei der Arbeitsgestaltung zu unterscheiden und gegeneinander abzuwägen.
2. Die wesentlichen Elemente der Arbeitsgestaltung aus ergonomischer Sicht zu beschreiben und zu beurteilen.
3. Die verschiedenen Aufbau- und Ablauforganisationsformen zu beschreiben, Vor- und Nachteile darzustellen und bei gegebener Aufgabenstellung auszuwählen.
4. Zeitwirtschaftliche Größen wie Erhol- und Verteilzeit zu unterscheiden und zu bewerten.
5. Die Schritte des Produktentwicklungsprozesses zu benennen und die grundlegenden Konzepte des Produktionsmanagements zu erklären.
6. Motivations- und Führungsmodelle zu erklären, einzuschätzen und anzuwenden.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Differentiate and compare the economic and humanitarian objectives to each other in job design.
2. Describe and assess the essential elements of job design from an ergonomic point of view.-
3. Describe the various operational and organisational forms, illustrate the pros and cons of each, and select the most appropriate one for a given task.
4. Distinguish and evaluate time economic variables such as recover and distribution time.
5. Identify the steps of the product development process and explain the basic concepts of production management.
6. Explain, assess, and apply the different motivation and leadership models.

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

Keine / none

5 Prüfungsform / Assessment methods

Klausur 90 min / Written exam 90 min.

6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE II (Kernlehrveranstaltung aus dem Maschinenbau) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature** Schlick, Bruder, Luczak: Arbeitswissenschaft, 3. voll überarbeitete und erweiterte Auflage, Springer Verlag, Berlin 2010 (Kapitel 4, 5, 6, 7).
	Geänderte Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 27. November 2018. Changed Module description accepted from academic department on 27 November 2018.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Arbeitswissenschaft

Human Factors/Ergonomics

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-21-5020	8 CP	240 h	172 h	1 Semester	WS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr.-Ing. R. Bruder und Dr. B. Abendroth

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Arbeitswissenschaft	Vorlesung / Lecture	45 h (4 SWS)
-ue	Arbeitswissenschaft	Übung / Recitation	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Konzepte und Modelle in der Arbeitswissenschaft; Arbeitssystem; Belastung und Beanspruchung; Leistungsvoraussetzungen des Menschen; Arbeitsumgebung; Physiologische Arbeitsgestaltung. Anwendungsgebiete: Gestaltung von Produkten, Arbeiten im Produktions- und Dienstleistungsbereich

Concepts and models of ergonomics, working systems, stress and strain, performance conditions of humans, work environment, physiological job design. Application area: design of products, working in the production and service sector.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Die Ziele und die Grundlagen der Ergonomie zu beschreiben.
2. Arbeitssystemanalysen durchzuführen, d.h. menschliche Arbeit zu analysieren, zu messen, zu beurteilen und zu gestalten.
3. Menschliche Leistungsvoraussetzungen zu benennen und körperliche und geistige Arbeitsformen sowie deren Kombinationen zu klassifizieren.
4. Messprinzipien zur Erfassung von Umgebungsbelastungen sowie die Auswirkung dieser Belastung auf den Menschen zu erklären.
5. Messmethoden für Belastung und Beanspruchung durch Arbeit sowie deren Anwendungsbereiche zu beschreiben.
6. Die verschiedenen Gestaltungsbereiche (anthropometrisch, physiologisch, bewegungstechnisch, informationstechnisch, sicherheitstechnisch, organisatorisch usw.) zu unterscheiden und einzelne Methoden aus diesen Gestaltungsbereichen anzuwenden.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Describe the objectives and the principles of ergonomics.
2. Perform systems analysis work (on the basis of the skills of analysing, measuring, assessing, and designing human work).
3. Identify human performance requirements and classify physical and mental work and combinations thereof.
4. Explain principles of measurement for detection of environmental burdens and the impact of these burdens on people.
5. Describe methods for measuring stress and strain and their application areas.
6. Distinguish the various design fields (anthropometric, physiological, technical movement, information technology, safety technology, organisational, etc.) and apply some methods from these areas of design.

4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** keine none
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Klausur 90min / Written exam 90 min.
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE II (Kernlehrveranstaltungen aus dem Maschinenbau); WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik) Studierende der Psychologie, Pädagogik und (Wirtschafts-)Ingenieurwesen
9	**Literatur / Literature** Vorlesungsskript (https://moodle.tu-darmstadt.de); Schlick, C.M., Bruder, R., & Luczak, H. (2010). *Arbeitswissenschaft* (3. Auflage). Berlin: Springer. Lecture notes available on the internet (https://moodle.tu-darmstadt.de), Schlick, C.M., Bruder, R., and Luczak, H. (2010). *Arbeitswissenschaft* (3rd edition). Berlin: Springer.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Auslegung und Optimierung von Fahrzeuggetrieben

Dimensioning and optimization of vehicle transmissions

Modul Nr. / Code	Credits	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-05-3164	6 CP	180 h	146 h	1 Semester	SoSe

Sprache / Language: Englisch / English **Level (EQF/DQR)**: 7	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr.-Ing. E. Kirchner

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Dimensioning and optimization of vehicle transmissions	Vorlesung / Lecture	34 h (3 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

In der Vorlesung wird die Anwendung der Maschinenelemente in Fahrzeuggetrieben, ihre Funktion im Rahmen der mechanischen Leistungsübertragung sowie die Wechselwirkung zwischen konstruktiven Merkmalen und subjektiver Wahrnehmung des Fahr- und Bedienkomforts des Fahrers thematisiert. Folgende Themenschwerpunkte werden behandelt:

Architekturen konventioneller, hybrider und elektrischer Antriebe; Das Getriebe als System im Fahrzeug; Torsionsschwingungsdämpfer; Komponenten und Leistungsflüsse von Synchrongetrieben; Anfahrkupplung und deren Betätigung, Doppelkupplungssysteme; Stirnräder in Fahrzeuggetrieben; Synchronisation und Schaltung; Komfortaspekte bei Handschaltgetrieben; Aktoren und Sensoren; Drehmomentwandler; Komplexe Planetensätze; Leistungsübertragung in Automatikgetrieben; Differentiale und Komponenten zur Leistungsverteilung; Konzepte und Getriebe für die Elektromobilität.

Dabei wird auf Aspekte der Elektromobilität, insbesondere die mechanischen Herausforderungen des geräuschlosen Fahrens aber auch auf Entwicklungsmethoden und Komfortaspekte eingegangen. Ferner werden Sensoren und Aktoren als notwendige Voraussetzung der Automatisierung besprochen. Die Rolle der mechanischen Leistungsübertragung und die dazu notwendigen Komponenten stehen im Vordergrund.

Die Inhalte orientieren sich an aktuellen Entwicklungstrends. Aktuelle Ergebnisse und Informationen zu neuen Produkten und Konzepten werden für die Studierenden aufbereitet.

In this lecture, the use of machine elements in vehicle transmissions, their function with regard to power transfer as well as the interaction between mechanical design properties and subjective perception of driving and usage comfort by the driver are the subject of discussion. The thematic focus is on following topics:

Powertrain Architectures – Conventional, Hybrid and Electric Drive Systems; Vehicle Transmission – System properties; Torsional Dampening Systems; Components and Power Flow in Synchronized Layshaft Transmissions; Dry Launch Clutch and Apply System, Dual Clutch Systems; Spur Gear Transmissions; Automotive Shift Systems; Aspects of Comfort of Manual Transmissions; Sensors and Actuators in Vehicle Transmissions; Torque Converter; Planetary Gears; Power Transfer in Automatic Transmissions; Differentials and Torque Distributing Subsystems; Hybrid and electric mobility

The aspects of electric mobility, especially the mechanical challenges of noiseless driving as well as design methods and aspects of comfort are emphasized. Sensors and actuators are discussed as a mandatory requirement of driveline automation. The focus is on the mechanical power transfer and the respective components.

The content covers most recent publications from the automotive world and provide up-to-date information about new propulsion technology to the students.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Die Wirkmechanismen und Funktionsmerkmale der behandelten Maschinenelemente und kon-

	struktiven Subsysteme von Fahrzeugantrieben zu identifizieren und wichtige Kenngrößen zu berechnen. 2. Die Maschinenelemente anwendungsspezifisch auszuwählen, Wechselwirkungen zu analysieren und die Elemente konstruktiv richtig in maschinenbaulichen Systemen zu arrangieren und zu integrieren. 3. Typisch auftretende Versagensmechanismen und Vorgänge zu erklären und deren Bedeutung in Bezug auf Versagen, Zuverlässigkeit und Robustheit übergeordneter Systeme einzuschätzen. 4. Neue Subsysteme von Fahrzeuggetrieben und –antrieben zu synthetisieren. 5. Die Anforderungen verschiedener Fahrzeugtopologien und Antriebskonzepte auf die eingesetzten Maschinenelemente zu beschreiben und die prinzipielle Eignung von Konzepten zu beurteilen. 6. Komfortrelevante Konstruktionsmerkmale zu beschreiben und die Wirkung konstruktiver Einzelmaßnahmen abschätzen zu können. On successful completion of this module, students should be able: 1. To identify the effect mechanisms and functional features of the discussed mechanical elements and subsystems of vehicle propulsions as well as to calculate the governing parameters. 2. To choose the mechanical elements based on their application, analyse interactions between them and arrange and integrate them in mechanical system. 3. To explain typical failure mechanisms and processes, evaluate their significance in terms of failure, reliability and robustness of superordinate systems. 4. To synthesise new subsystems of vehicle transmissions and propulsions. 5. To describe the requirements for the mechanical elements caused by different vehicle and propulsion concepts and to evaluate the general suitability of the concepts. 6. To analyse comfort-relevant design properties and to estimate the influence of individual constructional measures.
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** Kenntnisse und Fertigkeiten aus Maschinenelemente und Mechatronik I und II sowie Innovative Maschinenelemente I. Knowledge and skills of Mechanical Components and Mechatronics I and II as well as Innovative Machine Elements I
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Mündliche Prüfung (30 min) / Oral (30 min).
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving credits** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE II (Kernlehrveranstaltung aus dem Maschinenbau) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature** Vorlesungsfolien (moodle) Kirchner, E. (2007). Leistungsübertragung in Fahrzeuggetrieben, Springer-Verlag Berlin Heidelberg Steinhilper, W., Sauer, B. (Hrsg.) (2012) Konstruktionselemente des Maschinenbaus 2 - Grundlagen von Maschinenelementen für Antriebsaufgaben, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 7. Auflage Niemann, G., H. Winter & B.R. Höhn (2005). Maschinenelemente, Band 1: Konstruktion und Berechnung von Verbindungen, Lagern, Wellen. Springer Verlag Schlecht, B. (2009). Maschinenelemente 2 – Getriebe, Verzahnungen und Lagerungen. Pearson Education, München, Boston, San Francisco. Lechner, G., Naunheimer, H. (2007) Fahrzeuggetriebe - Grundlagen, Auswahl, Auslegung und Konstruktion, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2. Auflage
	Geänderte Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 4. Februar 2020. Changed module description accepted from academic department on 4 February 2020.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Automatisierung der Fertigung

Manufacturing Automation

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-09-5030	4 CP	120 h	97 h	1 Semester	SS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr.-Ing. M. Weigold

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Automatisierung der Fertigung	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Die Vorlesung gibt einen Überblick über die Ansätze zur Automatisierung in der Fertigung. Es werden zunächst die Voraussetzungen für eine Automatisierung, aber auch die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen dargelegt. Die wesentlichen Inhalte sind:
Einführung in die Automatisierungstechnik; Industrie 4.0 im Kontext Vernetzung und Datenerfassung innerhalb produktionstechnischer Anlagen; Modernere, industrielle Kommunikation innerhalb OT und IT (OT=Operational Technology und IT= Informationtechnology); Aktuelle Entwicklungen in Industrial Internet of Things I(IoT); Moderne Bussysteme und deren Protokolle, Sensortechnik in der Automatisierung; Handhabung und Montage in der industriellen Produktion; Industrieroboter und ihre Anwendungsgebiete in der Automatisierungstechnik.

The lecture gives an overview of the approaches to automation in manufacturing. First of all, the prerequisites for automation, but also the general economic conditions are presented. The essential contents are:
Introduction to automation technology; Industry 4.0 in the context of connectivity and data aquisition; modern industrial communication within OT and IT (OT=Operational Technology und IT); Current develpopment and innovation at Industrial Internet of Things (IIoT); bus systems communication and protocolls; Sensor technology in automation; Handling and Assembly in industrial production; Industrial robots and their areas of application in automation technology.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Die Möglichkeiten und Vorgehensweise der Automatisierung in der Produktion zu beschreiben.
2. Die Prinzipien der Handhabung von Werkstücken (Ordnen, Zuführen, Montage) sowie den Aufbau von Industrierobotern und flexiblen Montagesystemen für die Produktionsautomatisierung zu identifizieren.
3. Den Automatisierungsgrad in einer Fertigung zu optimieren.
4. Produktentwickler bezüglich der montagegerechten Gestaltung des Produktes zu beraten.
5. Die Wirtschaftlichkeit von alternativen Fertigungssystemen mit unterschiedlichen Automatisierungsgrad zu berechnen.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Describe the possibilities and methods concerning manufacturing automation.
2. Identify the principles of handling workpieces (sorting, feeding, assembling) as well as the composition of industrial robots and flexible assembling systems for the manufacturing automation.

	3. Optimize the degree of automation. 4. Give hints concerning a suitable assembly design to the product developer. 5. Calculate the economic efficiency of alternative manufacturing systems with different level of automation.
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** none
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Klausur 90 min / Written exam 90 min
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE II (Kernlehrveranstaltungen aus dem Maschinenbau) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature** Skript (im PTW-Sekretariat erhältlich) Lecture notes are available during the course and in PTW's secretariat
	Geänderte Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 5. Februar 2019. Changed module description accepted from academic department on 5 February 2019.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Biofabrication und 3D-Bioprinting

Biofabrication and 3D-Bioprinting

Modul Nr. / Code	Credits	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-17-3284	4 CP	120 h	97 h	1 Semester	SoSe

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF/DQR)**: 7	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator:** Prof. Dr.-Ing. A. Blaeser

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Biofabrication und 3D-Bioprinting	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Einführung in die Biofabrication und das Tissue Engineering; Grundlagen, Auswahl und Charakterisierung von Biofabrication-Technologien; Grundlagen, technische Beschreibung und Charakterisierung von 3D-Bioprinting-Technologien; Software- und Hardware-Design von 3D-Bioprinting-Systemen; In-Vitro- und In-Vivo-Anwendung von Biofabrication- und 3D-Bioprinting-Technologien.

Introduction into Biofabrication and Tissue Engineering; Basic concepts, selection and characterization of bifacbrication technologies. Basic concepts, technical description and characterization of 3D-bioprinting technologies; Design of software and hardware for 3D-bioprinting systems; In-vitro and in-vivo applications of biofabrication and 3D-bioprinting technologies.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Die grundlegenden Biofabrication Technologien und die Bioprinting-Prozesskette zu erläutern und zu differenzieren.
2. Unterschiedliche Biofabrication Technologien unter Nennung von Vor- und Nachteilen für spezielle Anwendungsfälle zu vergleichen.
3. Die physikalischen Wirkzusammenhänge und Phänomene des Fluidtransport einzelner 3D-Biodruckprozesse zu analysieren.
4. Vorschläge zur Gewebe-spezifischen Anwendung unterschiedlicher Biofabrication Technologien anhand charakteristischer Merkmale und Auswahlkriterien sowohl mündlich als auch schriftlich zu unterbreiten.
5. Voraussagen zur Anwendbarkeit und Erfolgsaussicht spezieller Biofabrication Prozesse und 3D-Biodruckverfahren hinsichtlich der zu verarbeitenden Zelltypen und Zielgeweben zu treffen.
6. Exemplarische Anwendungen der Biofabrication- und 3D-Bioprinting-Technologien zu benennen.
7. Die wesentlichen Elemente und Komponenten von 3D-Bioprinting-Software und -Hardware zu erläutern.
8. In-Vitro- und In-Vivo-Applikationen der Technologien anzuwenden.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Explain and distinguish fundamental biofabrication technologies and the bioprinting process chain.
2. Compare various biofabrication technologies, naming their advantages and disadvantages for specific use cases.

	3. Analyze the physical processes and phenomena of fluid transport in particular 3D-bioprinting technologies. 4. Make suggestions for the tissue-specific application of various biofabrication technologies based on characteristic features and selection criteria both orally and written. 5. Make predictions for the applicability and prospects of specific biofabrication and 3D-bioprinting technologies regarding used cell types and target tissue. 6. Name example applications of biofabrication and 3D-bioprinting technologies. 7. Explain the key components and elements of 3D-bioprinting software and hardware. 8. Name in-vitro and in-vivo applications of these technologies.
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** Keine / none
5	**Prüfungsform / Assessment methods:** Mündliche (30 min) oder schriftliche Prüfung (60 min) / Oral (30 min) or written exam 60 min.
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving credits** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Ziffernote / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE II (Kernlehrveranstaltungen aus dem Maschinenbau) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature** Skript in Form von ergänzten Vorlesungsfolien wird vorlesungsbegleitend in moodle angeboten. Auf weitere aktuelle Literatur (Online verfügbar) wird verwiesen. The current lecture notes can be downloaded from moodle. Reference is made to other relevant literature (online available)
	Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 4. Februar und 28. April 2020. Module description accepted from academic department on 4 February and 28 April 2020.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Biomaterialien und Tissue Engineering

Biomaterials and Tissue Engineering

Modul Nr. / Code	Credits	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-17-3294	4 CP	120 h	97 h	1 Semester	WS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF/DQR)**: 7	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator:** Prof. Dr.-Ing. A. Blaeser

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Biomaterialien und Tissue Engineering	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Biologische Grundlagen: Anatomie eukaryotischer Zellen; Grundlagen der Zellkultur; Interaktionen von Zellen und Biomaterialien in 2D und 3D; Biomaterialien und Hydrogele für die Gewebezüchtungen; Klassifizierung, Zusammensetzung und Auswahl von Biomaterialien für die Züchtung von Hart- und Weichgewebe; Charakterisierungsmethoden von Biomaterialien und Hydrogelen (Rheologische, mechanische und biologische Charakterisierung); Gewebezüchtungen in Bioreaktoren; statische und dynamische Kultivierung von Zellen in Kulturschalen und unterschiedlichen Bioreaktoren; Mechanobiologische Aspekte der Gewebezüchtung.

Biological fundamentals: anatomy of eukaryotic cells; cell culture fundamentals; interaction of cells and biomaterials in 2 and 3D; biomaterials and hydrogels for tissue culture; classification; composition and selection of biomaterials for culture of soft and hard tissue; characterization methods of biomaterials and hydrogels (rheological, mechanical and biological characterization); tissue culture in bioreactors; static and dynamic cell culture in culture dishes and various bioreactors; mechanobiological aspects of tissue culture.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Die biologischen Grundlagen und Anwendbarkeit von Biomaterialien zu erklären und zu klassifizieren.
2. Biomaterialien für die Züchtung von Hart- und Weichgeweben auszuwählen und für den Anwendungsfall einzusetzen.
3. Biomaterialien vergleichen und hinsichtlich ihrer bio-medizinischen Anwendbarkeit zu kontrastieren.
4. Die Interaktion von Zellen und Biomaterialien in 2D und 3D zu beurteilen.
5. Geeignete Charakterisierungsmethoden für Biomaterialien und Hydrogele anhand geeigneter Kriterien auszuwählen und einzusetzen.
6. Unterschiedliche Arten von Gewebezüchtung in Bioreaktoren zu evaluieren.
7. Wesentliche mechanobiologische Aspekte der Gewebezüchtung zusammenzufassen.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Explain and classify biological fundamentals and applications of biomaterials.
2. Select biomaterials for the cultivation of soft and hard tissue and apply them in a use case.
3. Compare and contrast biomaterials in terms of their biomedical applicability.
4. Assess the interaction of cells and biomaterials in 2 and 3D.
5. Choose and apply suitable characterization methods for biomaterials and hydrogels according to appropriate criteria.
6. Evaluate different types of tissue culture in bioreactors.

	7. Summarize key mechanobiological aspects of tissue culture.
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** Keine / none
5	**Prüfungsform / Assessment methods:** Mündliche (30 min) oder schriftliche Prüfung (60 min) / Oral (30 min) or written exam 60 min.
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving credits** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Ziffernote / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE II (Kernlehrveranstaltungen aus dem Maschinenbau) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature** Skript in Form von ergänzten Vorlesungsfolien wird vorlesungsbegleitend in moodle angeboten. Auf weitere aktuelle Literatur (Online verfügbar) wird verwiesen. The current lecture notes can be downloaded from moodle. Reference is made to other relevant literature (online available)
	Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 28. April 2020. Module description accepted from academic department on 28 April 2020.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Einführung in die Finite Elemente Methode

Introduction to the Finite Element Method

Modul Nr. / Code	Credits	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-73-5030	6 CP	180 h	135 h	1 Semester	WiSe

Sprache / Language: Englisch (und Deutsch) / English (and German) **Level (EQF/DQR)**: 7	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr. rer. nat. O. Weeger

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Introduction to the Finite Element Method	Vorlesung / Lecture	34 h (3 SWS)
-ue	Introduction to the Finite Element Method	Übung / Recitation	11 h (1 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Grundlegende Konzepte der Diskretisierung und Approximation; Mathematische Modellierung mit partiellen Differenzialgleichungen (Wärmeleitung, Elastizität, Fluidmechanik, Elektromagnetismus); Starke & schwache Formulierung von PDGen (Variationsprinzip, Prinzip der virtuellen Arbeit, Ritz- & Galerkin-Verfahren, Methode der gewichteten Residuen); Isoparametrische Elementformulierungen, Ansatzfunktionen und Koordinatentransformationen; Numerische Integration und Assemblierung; Lösung dünn besetzter linearer Gleichungssysteme; Lineare Kontinuumselemente in der Strukturmechanik (Stab-, Balken-, 2D- und 3D-Elemente); Randbedingungen (Dirichlet, von Neumann, gemischt); Mathematische Grundlagen der FEM und Konvergenzanalyse; h- & p-Verfeinerungen, Fehlerschätzer und Adaptivität; Locking-Phänomene, gemischte Methoden und reduzierte Integration

Fundamental concepts of discretization and approximation; Mathematical modelling with partial differential equations (heat conduction, elasticity, fluid mechanics, electro-magnetics); Strong and weak forms of PDEs (variational principle, principle of virtual work, Ritz & Galerkin methods; method of weighted residuals); Isoparametric element formulations, basis functions and coordinate transformations; Numerical integration and assembly; Solution of sparse linear systems of equations; Linear continuum elements in structural mechanics (rod, beam, 2D and 3D elements); Boundary conditions (Dirichlet, von Neumann and mixed types); Mathematical foundations of FEM and convergence analysis; h- & p-refinement, error estimation and adaptivity; Locking phenomena, mixed methods and reduced integration

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Die Grundlagen der mathematischen Modellierung von kontinuumsmechanischen und -physikalischen Prinzipien mittels partieller Differentialgleichungen zu erläutern
2. Schwache Formulierungen von PDGen herzuleiten
3. Primäre Feldvariablen mittels des Galerkin-Ansatzes zu diskretisieren
4. Isoparametrische Finite Elemente Ansätze zu beschreiben und mittels linearer Ansatzfunktionen zu formulieren
5. Elementweise und globale Steifigkeitsmatrizen und Lastvektoren für einfache Finite Element-Typen zu assemblieren
6. Verschiebungs-, Kraft- und gemischte Randbedingungen anzubringen
7. Finite Elemente Analyse bezüglich Verschiebungen und Spannungen aufzubereiten und zu interpretieren
8. Elementformulierungen für 1D, 2D und 3D linear elastische Analysen zu erläutern

	9. Das Konvergenzverhalten der FEM, sowie h- und p-Verfeinerungsmethoden zu erläutern On successful completion of this module, students should be able to: 1. Describe the foundations of mathematical modelling of principles in continuum mechanics and physics with partial differential equations 2. Derive weak formulations of PDEs 3. Discretize primary field variables 4. Describe isoparametric finite element formulations and formulate them using linear shape functions 5. Assemble element and global stiffness matrices and load vectors for simple finite element types 6. Apply displacement, force and mixed boundary conditions 7. Postprocess and interpret finite element analysis results in terms of displacements and stresses 8. Describe element types for 1D, 2D and 3D linear elastic analysis 9. Describe convergence behaviour of the FEM, as well as h- and p-refinement methods
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** Technische Mechanik, Numerische Mathematik und Numerische Berechnungsverfahren empfohlen Fundamental Mechanics, Numerical Mathematics and Numerical Methods recommended
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Schriftliche Prüfung (90 min) oder mündliche Prüfung (30 min) / Written exam (90 min) or oral exam (30 min)
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving credits** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote)/ Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE II (Kernlehrveranstaltungen aus dem Maschinenbau) Master PST WPB III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik) Master Computational Engineering Master Mechanik Master Mechatronik Master ETiT MFT
9	**Literatur / Literature** K.-J. Bathe: Finite Element Procedures. K.J. Bathe, Watertown, MA, 2nd edition, 2014 B. Szabó & I. Babuška: Introduction to Finite Element Analysis: Formulation, Verification and Validation. John Wiley & Sons, 2011 T.J.R. Hughes: The Finite Element Method: Linear Static and Dynamic Finite Element Analysis. Dover Publications, 2012
	Geänderte Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 4. Juni 2019. Vorlesung wird auf Englisch gelesen. Changed module description accepted from academic department on 4 June 2019. The lecture will be read in English.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Energiesysteme I (Grundlagen der Energieumwandlung)

Energy Systems I

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-20-5010	4 CP	120 h	97 h	1 Semester	WS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR):** 7	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr.-Ing. B. Epple

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Energiesysteme I (Grundlagen der Energieumwandlung)	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Energieträger, Brennstoffe und Feuerungen, Wasser-Dampf-Prozesse, Gasturbinen- und Kombiprozesse, Dampferzeuger, Abgasreinigung, Energiespeicher und Waste to Energy and Chemicals.

Energy carriers, fuels and combustion systems, steam cycles, gas turbine and combined cycles, steam generators, flue gas cleaning, energy storage systems and waste to energy and chemicals.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Energieträger einzuteilen.
2. Brennstoffe und deren Feuerungsarten zu erläutern.
3. Verschiedene Dampfkraftprozesse zu analysieren, zu berechnen und zu optimieren.
4. Verschiedene Gas- und Kombiprozesse zu analysieren, zu berechnen und zu optimieren.
5. Dampferzeugersysteme zu nennen und zu erklären.
6. Die für Kraftwerke relevanten Abgasreinigungsverfahren zu beschreiben.
7. Energiespeichersysteme zu vergleichen und zu beurteilen.
8. Waste to Energy and Chemicals Verfahren zu erklären.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Name and differentiate between different energy carriers.
2. Explain different fuels and their combustion systems.
3. Analyze and optimize steam processes.
4. Analyze and optimize gas and combined cycles.
5. Explain different methods of steam generation.
6. Describe the different raw gas cleaning methods for conventional power cycles.
7. Compare and evaluate different energy storage systems.
8. Expand on different waste to energy and chemicals methods.

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

Keine / None

5 Prüfungsform / Assessment methods

Klausur 90 min / Written exam 90 min.

6 Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points

Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.

7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE II (Kernlehrveranstaltungen aus dem Maschinenbau) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature** Unterlagen werden während der Vorlesung herausgegeben. Course notes will be available during the course procedure.
	Geänderte Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 16. Februar 2021. Changed module description accepted from academic department on 16 February 2021.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Energiesysteme II (Regenerative Energiesysteme)

Energy Systems II

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-20-5020	4 CP	120 h	97 h	1 Semester	SS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr.-Ing. B. Epple

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Energiesysteme II (Regenerative Energiesysteme)	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Energieumwandlungskonzepte auf der Basis von Biomasse, Solarthermie und Photovoltaik, Wasser- und Windkraft und Geothermie.

Energy conversion concepts on the basis of biomass, solarthermics and photovoltaics, hydroelectricity, wind power, and geothermics.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Die Verwendung regenerativer Energieträger in Deutschland und der Welt zu analysieren.
2. Die für unterschiedliche energietechnische Anwendungen relevanten chemischen und physikalischen Eigenschaften von Biomasse zu identifizieren.
3. Die theoretischen Grundlagen zu beherrschen, Biomasse für die folgenden Zwecke einzusetzen: Wärme- und Stromerzeugung, Vergasung und Treibstoffherstellung.
4. Die Nutzung von Sonnenenergie in der Form von Solarthermie und Photovoltaik zu erklären.
5. Bauformen von Wasserkraftwerken zu erläutern.
6. Die Grundlagen der Windkraft zu kennen sowie die Funktionsweise eines Windkonverters und seiner Regelkonzepte zu beschreiben.
7. Verschiedene Konzepte zur Nutzung von Geothermie zu erläutern.
8. Die behandelten Energiesysteme zu berechnen.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Analyse the utilization of renewable energy sources in Germany and on a global scale.
2. Identify chemical and physical properties of biomass with regard to different energy engineering purposes.
3. Know the essentials of the utilization of biomass for the follwing purposes: heat and power generation, gasification, and production of fuels.
4. Explain the utilization of solar energy, in particular solarthermics, and photovoltaics.
5. Outline the designs of hydroelectric power plants.
6. Know the essentials of wind power and describe the working principle of a wind turbine and its control systems.
7. Outline different concepts for the utilization of geothermics.
8. Calculate the energy systems covered in this course.

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

Keine / None

5	**Prüfungsform / Assessment methods** Klausur 90 min / Written exam 90 min.
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE II (Kernlehrveranstaltungen aus dem Maschinenbau) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature** Skript zum Vorlesungsbeginn erhältlich Course notes will be available at the beginning of the course
	Geänderte Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 15. Dezember 2015. Changed module description accepted from academic department on 15 December 2015.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Energiesysteme III (Innovative Energiewandlungsverfahren)

Energy Systems III (Innovate energy conversion procedure)

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-20-5030	4 CP	120 h	97 h	1 Semester	SS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr.-Ing. B. Epple

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Energiesysteme III (Innovative Energiewandlungsverfahren)	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

In der Vorlesung werden innovative Verfahren zur stofflichen und energetischen Nutzung von alternativen Kohlenstoffquellen (Biomasse, Abfälle, Klärschlamm und CO2) vorgestellt und als Alternative zu konventionellen Verfahren thematisiert. Ein Augenmerk liegt dabei auf Verfahren die in der Lage sind, den Kohlenstoffkreislauf zu schließen. Ein großer Teil der Vorlesung behandelt das Thema Vergasung und die stoffliche Weiterverwendung des Synthesegases (z.B. Biomass-to-Liquid). Des Weiteren wird das innovative Feld der Nutzung von CO2 als Rohstoff behandelt und Verfahren vorgestellt, um die Emissionen von CO2 in die Atmosphäre zu verhindern (Stichwort Carbon Capture and Utiliziation). Dem Potential der Weiterverwendung von Abfällen und Klärschlamm wird eine eigene Einheit innerhalb der Vorlesung gewidmet.

In the lecture, innovative processes for the material and energetic use of alternative carbon sources (biomass, waste, sewage sludge and CO2) are presented and discussed as an alternative to conventional processes. One focus is on processes that are able to close the carbon cycle. A major part of the lecture deals with gasification and the usage of syngas for synthesis of chemicals or fuels (e.g. biomass-to-liquid). In addition, the innovative field “CO2 as a raw material” will be discussed and processes will be presented to prevent CO2 emissions into the atmosphere (Carbon Capture and Utiliziation). A separate unit within the lecture is dedicated to the potential of alternative recycling processes for waste and sewage sludge.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Innovative Verfahren zur Nutzung von Abfällen und Klärschlamm zu kennen und zu bewerten.
2. Verschiedene CCS/U-Technologien hinsichtlich ihrer technologischen und wirtschaftlichen Anwendung einzuordnen.
3. Die Möglichkeiten der stofflichen Nutzung von Synthesegas (H2, CO, CO2) zu benennen und zu bewerten.
4. Verschiedene Vergasungsprozesse zu benennen und deren Vor- und Nachteile zu kennen.
5. Die grundlegenden Aufbereitungsschritte zur Reinigung von Synthesegas zu kennen.
6. Grundlegenden Eigenschaften der Wirbelschichttechnologie und des Gebietes der Mehrphasenströmung zu beschreiben.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Know and evaluate innovative processes for the further use of waste and sewage sludge.
2. Classify different CCS/U technologies with regard to their technological and economic application.
3. Evaluate the possibilities of the usage of syngas (H2, CO, CO2) for synthesis.
4. Name different gasification processes and to know their advantages and disadvantages.

	5. Know the basic treatment steps for the purification of synthesis gas. 6. Describe the basic principles of fluidized bed technology and the field of multi-phase flow.
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** Keine / None.
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Klausur 90 min / Written exam 90 min.
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE II (Kernlehrveranstaltungen aus dem Maschinenbau) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature** Unterlagen werden während der Vorlesung ausgegeben Course notes will be distribute during the course
	Geänderte Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 30. April 2019. Changed module description accepted from academic department on 30 April 2019.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Fahrdynamik und Fahrkomfort

Ride and Handling

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-27-5020	6 CP	180 h	123 h	1 Semester	WS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR):** 7	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr. rer. nat. H. Winner

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Fahrdynamik und Fahrkomfort	Vorlesung / Lecture	34 h (3 SWS)
-ue	Fahrdynamik und Fahrkomfort	Übung /Recitation	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Längs- und Querdynamik; Reifeneinfluss auf die Kraftfahrzeugdynamik; Fahrdynamikregelung; Radaufhängung und Achskinematik; Schwingungen und Akustik; Fahrdynamiktests und Fahrverhalten¸ Modellbildung von Reifen, Rad, viertel Fahrzeug sowie Fahrzeug Längs- und Querdynamik.

Longitudinal and lateral dynamics; tyre influence on vehicle dynamics; vehicle dynamics control; suspension and kinematics; noise vibration harshness. Modelling of tyre, wheel, quarter car as well as longitudinal and lateral vehicle dynamics.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Die Längsdynamik (Beschleunigungs- und Verzögerungsvermögen und maximale Fahrgeschwindigkeit) eines Kraftfahrzeugs abhängig von Fahr- und Reibwertbedingungen und der konstruktiven Auslegung der Bremse und des Antriebsstrang abzuleiten.
2. Die Grundgleichungen der Querdynamik mit den wesentlichen Bewegungs- und Kraftgrößen des Einspurmodells anzuwenden und das Verhalten bei stationärer Kreisfahrt und bei Lastwechsel in der Kurve qualitativ zu beschreiben und zu bewerten.
3. Eine fachlich kompetente Diskussion über Maßnahmen zur Beeinflussung des Eigenlenkverhaltens zu führen.
4. Die Übertragung von Seitenkräften zwischen Reifen und Fahrbahn zu erläutern und das Zusammenspiel von Längs- und Seitenkraft zu diskutieren.
5. Die Bedeutung des Reifens für die Fahrzeug-Vertikaldynamik zu veranschaulichen.
6. Die im ESP angewandten grundlegenden Schätz- und Regelverfahren zu begründen und deren Bedeutung in der Fahrdynamikregelung zu erläutern.
7. Die Auswirkungen der Kinematik der Radaufhängung auf das Fahrverhalten zu erläutern, die Achskinematik zu beschreiben, die Position von Wank- und Nickzentrum zu bestimmen und die Aufteilung der Kraftabstützung zu skizzieren.
8. Die im Fahrzeug auftretenden Schwingungen, die Ursachen für deren Erzeugung und die Bedeutung der Lage der einzelnen Eigenfrequenzen zu erläutern.
9. Die Komfortgrößen und ihre Beurteilungsmaßstäbe zu nennen.
10. Stationäre und instationäre Fahrversuche zur Beurteilung des Fahrverhaltens zu nennen und Rückschlüsse aus den Ergebnissen von Fahrversuchen auf das Fahrverhalten zu ziehen.
11. Die Theorie von Reifen, Rad, Viertelfahrzeug sowie Längs- als auch Querdynamik des Fahrzeugs als Modell darzustellen und die Ergebnisse der Simulation fachlich kompetent zu diskutieren.

	On successful completion of this module, students should be able to: 1. Derive vehicle longitudinal dynamics (achievable acceleration, deceleration and maximum velocity) from driving and frictional conditions as well as from the design of the power train and the brake system. 2. Employ the basic equations of lateral dynamics with the fundamental motion and force dimensions of the single-track model and describe and assess vehicle behaviour at steady state skidpad testing as well as at load changes during curve-driving. 3. Discuss measures which influence a vehicle's self-steering properties. 4. Explain the transmission of lateral forces between the road and tyre and discuss the interaction between longitudinal and lateral forces. 5. Locate the significance of tyres to vehicle vertical dynamics. 6. Substantiate the principal ESP estimation and control processes as well as to explain their meaning regarding to vehicle dynamics control. 7. Explain the effects of the kinematics of the wheel suspension on the vehicle handling, describe the axle kinematics, determine the position of the instantaneous centres of rotation for the vehicle's pitch and rolling axis, and sketch the distribution of the forces in a vehicle's suspension. 8. Describe the vibrations which can occur in a vehicle and name its respective sources as well as the relevance of its resonance frequencies. 9. List comfort measures and its assessing standards. 10. List steady and unsteady state road trials for handling and assessment and refer to results of road trials for making conclusions about handling characteristics. 11. Derive a modell of tyres, wheels, quarter car as well as longitudinal and lateral vehicle dynamics and technically discuss the simulation results.
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** Kraftfahrzeugtechnisches Grundlagenwissen, Grundkenntnisse dynamischer (schwingungsfähiger) Systeme Fundamentals of automotive engineering, basic knowledge of technical mechanics (force diagram, equations of motion), basic knowledge of thermodynamics, basic knowledge of vibrations
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Schriftliche Prüfung 90 min oder mündliche Prüfung 50 min / Written Exam 90 min or oral Exam 50 min.
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE II (Kernlehrveranstaltungen aus dem Maschinenbau) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik) WI/MB, MSc Traffic&Transport, (Vertiefungsmodul FB16, ggf. Auflage), Master Mechatronik, MSc. Informatik (Anwendungsfach Fahrzeugtechnik, Spezialisierung)
9	**Literatur / Literature** Skriptum zur Vorlesung, e-Learning Angebot bei Moodle manuscript, e-Learning Materials via Moodle
	Geänderte Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 9. Juni 2015. Changed module description accepted from academic department on 9 June 2015.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Farbwiedergabe in den Medien

Colour in Media

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-17-5020	6 CP	180 h	146 h	1 Semester	WS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr.-Ing. E. Dörsam

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Farbwiedergabe in den Medien	Vorlesung / Lecture	34 h (3 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Bedeutung des Begriffs “Farbe“; Physiologie des Auges; Farbensehen; Geschichte der Farbenlehre; Grundbegriffe der Optik und der Farbmetrik; Höhere Farbmetrik; Lichtfarben, Körperfarben, Interferenzfarben; Farbräume; Farbumfang; Farbtiefe; Farbprofile, Farbmessung; Farbdarstellung in der Digitalen Aufnahme- und Wiedergabetechnik; Farbdarstellung auf analogem Film; Farbdarstellung im Druck; Colormanagement.

Meaning of the term "colour"; Physiology of the eye; Colour vision; History of colour theory; Basic terminology of optics and colorimetry; Advanced colorimetry; Light colours, body colours, interference colours; Colour spaces; Colour gamut; Colour depth; Colour profiles; Colour measurement; Colour representation in digital recording and rendering technology; Colour representation on analogue film; Colour representation in printing technology; Colour management.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Den Aufbau und die Arbeitsweise des visuellen Systems des Menschen zu erklären.
2. Die Bedeutung von Licht, Farbe, Spektrum und den Unterschied zwischen photometrischen und radiometrischen Größen zu erläutern.
3. Die Bedeutung und Anwendungsgebiete der verschiedenen Farbräume, -modelle und -systeme zu analysieren.
4. Die Farbdarstellung mit digitalen Auf- und Wiedergabesystemen, mit analogen Filmen und in der Drucktechnik zu erklären und zu differenzieren.
5. Die Gemeinsamkeiten und Unterschiede in der Farbreproduktion zu analysieren.
6. Die Grundlagen der technischen Anwendungen zur Farbreproduktion auf das visuelle System zu beziehen.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Describe structure and functionality of the human visual system.
2. Explain the meaning of the terms light, colour, and sprectrum and distinguish between photometric and radiometric dimensions.
3. Analyse the importance and the different fields of application of the various color spaces, color models, and color systems.
4. Explain colour representation in digital recording and rendering systems with analogue film,and in printing technology as well as the important mathematical relations.
5. Analyse common grounds, as well as differences in the different fields of colour reproduction.
6. Relate the basics of the technical application of colour reproduction to the visual system.

4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** Grundkenntnisse in Physik, Praktische Farbmessung (empfohlen) Basic knowledge in physics and in the use of colours in everyday life; Applied Colorimetry (recommended)
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Mündliche Prüfung 40 min / Oral exam 40 min.
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE II (Kernlehrveranstaltungen aus dem Maschinenbau) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature** Skriptum wird vorlesungsbegleitend im Internet angeboten. The current lecture notes can be downloaded from the web pages of the institute while the semester is in session.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Faserverbund-Strukturen I

Composite structures I

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-12-3174	4 CP	120 h	57 h	1 Semester	WS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR):** 7	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr.-Ing. habil. C. Mittelstedt

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Faserverbund-Strukturen I	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)
-ue	Faserverbund-Strukturen I	Übung / Recitation	40h (3,5 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Historische Entwicklung, Nomenklatur, Fasern und Matrixsysteme, Halbzeuge, Verhalten einer Laminat-Einzelschicht, Klassische Laminattheorie, Einfluss von Feuchte und Temperatur, Bruchverhalten und Degradation, Verbindungen (Schlaufenanschlüsse, Stiftförmige Verbindungen, Klebverbindungen), Optimierung von Laminaten, Konstruktionshinweise, Spannungskonzentrationsprobleme, Stabilitätsprobleme, Beispiele aus dem Flugzeugbau, Beispiel: Grobauslegung eines dünnwandigen Faserverbund-Trägers

Historical developments, Nomenclature, Fibers and matrices, Semi-finished products, Behaviour of a laminate layer, Classical Laminate Plate Theory, Influence of moisture and temperature, Fracture and degradation, Joints (circumferential joints, bolted joints, bonded joints), Optimization of laminates, Design guidelines, Stress concentration problems, Stability problems, Examples from aircraft engineering, Example: Predesign of a thin-walled composite beam

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Faser- und Matrixarten sowie die zugehörigen Halbzeuge selbstständig anwendungsbezogen auszuwählen.
2. Grundlegende statische Berechnungen an dünnwandigen Faserverbundstrukturen durchzuführen.
3. Die klassische Laminattheorie auf Probleme ebener Laminate anzuwenden und Festigkeitsanalysen unter Berücksichtigung statischer Einwirkungen sowie Feuchte und Temperatur durchzuführen.
4. Die wesentlichen Stabilitäts- und Spannungskonzentrationsprobleme im Rahmen der Faserverbundtechnik zu erfassen und entsprechende Berechnungen durchzuführe.
5. Die grundlegenden Konstruktionsprinzipien der Faserverbundtechnik anzuwenden.

Upon successful completion of this module, students should be able to:

1. Select fibers, matrices and semi-finished products according to a specific task.
2. Perform basic static analyses of thin-walled composite structures.
3. Apply classical laminated plate theory for basic composite laminate problems and to perform strength assessments under consideration of static loads as well as moisture and temperature loads.
4. Understand the most relevant stability and stress concentration problems in the framework of

	composite structures and to perform according analyses. 5. Understand and apply construction principles in composites engineering.
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** Der Besuch und der erfolgreiche Abschluss der beiden Lehrveranstaltungen “Leichtbau I” und „Leichtbau II“ wird empfohlen. / Attending and succesfully completing the modules „Lightweight Engineering I“ and “Lightweight Engineering II” is recommended.
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Mündliche Prüfung 30 min, davon 10 Minuten Präsentation der Ergebnisse der Projektarbeit und 20 Minuten mündliche Prüfung. Oral exam 30 min., divided into 10 minutes presentation of the results of the design project and 20 minutes oral examination.
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Anerkennung der Übung (Projektarbeit) und Bestehen der Prüfungsleistung / Succesful completion of the practical exercise (design project) and passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE II (Kernlehrveranstaltungen aus dem Maschinenbau) WPB Master PST IV (Kernlehrveranstaltungen der Papiertechnik) Angewandte Mechanik Mechatronik
9	**Literatur / Literature** ALTENBACH, H., ALTENBACH, J. und RIKARDS, R., 1996. Einführung in die Mechanik der Laminat- und Sandwichtragwerke. Stuttgart: Deutscher Verlag der Grundstoffindustrie. JONES, R.M., 1975. Mechanics of composite materials. Washington, USA: Scripta Book Co. MITTELSTEDT, C. und BECKER, W., 2016. Strukturmechanik ebener Laminate. Darmstadt: Studienbereich Mechanik, TU Darmstadt. SCHÜRMANN, H., 2005. Konstruieren mit Faser-Kunststoff-Verbunden. Berlin et al.: Springer.
	Geänderte Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 4. Februar 2020. Changed module description accepted from academic department on 4 February 2020.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Flugmechanik II: Flugdynamik

Flight Mechanics II: Dynamics

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-23-5040	6 CP	180 h	146 h	1 Semester	SS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr.-Ing. U. Klingauf

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Flugmechanik II: Flugdynamik	Vorlesung / Lecture	34 h (3 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Statische Stabilität; stationäre Längs- und Seitenbewegung, stationäre Manöver; dynamische Längs- und Seitenbewegung, dynamische Stabilität; 6 Freiheitsgrade Modell

Static stability of flight; static longitudinal and lateral motion; steady maneuvers; dynamic longitudinal and lateral stability; eigenvalues; 6-degrees-of-freedom model

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Das statische und dynamische Verhalten des Flugzeugs zu modellieren, zu analysieren und das Systemverhalten zu charakterisieren.
2. Den Einfluss der Flugzeugkonfiguration auf das statische und dynamische Flugverhalten zu erklären.
3. Flugeigenschaften zu beurteilen.
4. Steuerflächen zur Beeinflussung des Flugzustands auszulegen.
5. Modelle für die Flugsimulation aufzustellen.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Model, analyse, and characterize the static and dynamic motion of aircrafts.
2. Explain the impact of the aircraft configuration on system behavior.
3. Evaluate the handling qualities.
4. Design control surfaces for the control of flight state.
5. Design models for flight simulation.

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

Flugmechanik I und Systemtheorie und Regelungstechnik empfohlen

Flight Mechanics I and Control Engineering recommended

5 Prüfungsform / Assessment methods

Mündliche Prüfung mit schriftlichem Teil (in 3er-Gruppen) 1 h

Oral/written examination 1 h

6 Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points

Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination

7 Benotung / Grading system

	Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE II (Kernlehrveranstaltungen aus dem Maschinenbau) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik) Master Mechatronik
9	**Literatur / Literature** Skript und weitere Unterlagen online zum Download. Literatur: Brockhaus: Flugregelung (Springer), Yechout: Introduction to Aircraft Flight Mechanics (AIAA), McLean: Automatic Flight Control Systems. Course notes and further material available online. Textbooks: Brockhaus: Flugregelung (Springer), Yechout: Introduction to Aircraft Flight Mechanics (AIAA), McLean: Automatic Flight Control Systems.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Fortgeschrittene Strömungsmechanik I

Advanced Fluid Mechanics I

Modul Nr. / Code	Kreditpunkte / Credits	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-64-5110	6 CP	180 h	135 h	1 Semester	WS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DGR):** 7	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr.-Ing. M. Oberlack

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Fortgeschrittene Strömungsmechanik I	Vorlesung / lecture	34 h (3 SWS)
-ue	Fortgeschrittene Strömungsmechanik I	Übung / Recitation	11 h (1 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Grundgleichungen der inkompressiblen Strömungen (differenziell, integral, singuläre Phasengrenzfläche); Wirbeltransportgleichung; Schleichende Strömungen; Gleitlagertheorie; Einführung in die Grenzschichttheorie und singuläre Methoden; Laminare wandgebundene Grenzschichten; Freie Grenzschichten; Stabilität (turbulenter Umschlag); Einführung in die Turbulenz; Turbulente Grenzschichttheorie; Temperaturgrenzschichten; Mehrphasenströmungen.

Basic equations of incompressible fluid flows (differential, integral, singular phase interface); Vortex transport equation; Creeping flows; Floating bearing theory; Introduction to boundary layer theory and perturbation methods; Laminar wall bounded flows; Free boundary layer flows; Stability and turbulent transition; Introduction to turbulence; Turbulent boundary layer theory; Temperature boundary layers; Multiphase flows.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Die Bilanzgleichungen für inkompressible Strömungen zu erklären.
2. Die Grundgleichungen für verschiedene Strömungsprobleme, wie z.B. schleichende Strömungen, Grenzschichtströmungen zu vereinfachen und anzuwenden.
3. Die Prandtlschen Grenzschichtgleichungen mittels der Navier-Stokes Gleichungen und der Störungsrechnung herzuleiten.
4. Die Lösungswege bei generischen Grenzschichtströmungen ausgehend von den Navier-Stokes Gleichungen zu erklären und die entsprechenden physikalischen Phänomene zu interpretieren.
5. Die Herleitung der Gleichungen für turbulente Strömungen zu erklären und für einfache Grenzschichtprobleme anzuwenden.
6. Die turbulenten Schließbedingungen und die Wandgesetze turbulenter Strömungen zu erklären
7. Probleme mehrphasiger Strömungen durch Bilanzgleichungen und Sprungbedingungen zu untersuchen.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Explain the balance equations of incompressible flows
2. Simplify and employ the fundamental equations for various flow problems, e.g. creeping flows, boundary layer flows
3. Deduce the Prandtl boundary layer equations by means of the Navier Stokes equations and the perturbation methods
4. Explain the approach to solve generic boundary layer flows based of the Navier Stokes equations and interpret the corresponded physical phenomena

	5. Explain the deduction of the equations for turbulent flows and apply them on simple boundary layer problems 6. Explain the turbulent closure conditions and the near-wall scaling laws of turbulent flows 7. Investigate problems of multiphase flows by means balance equations and jump conditions
4	**Voraussetzung für die Teilnahme -/ Prerequisites for participation** Grundkenntnisse der Strömungsmechanik; Gewöhnliche und partielle Differentialgleichungen Basic knowledge of fluid mechanics; Ordinary and partial differential equations
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Mündliche Prüfung 30 min / Oral exam 30 min.
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Kreditpunkten / Requirement for receiving credits** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Ziffernote / Number grades (marks)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE II (Kernlehrveranstaltungen aus dem Maschinenbau) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature** Spurk: Strömungslehre (Springer); Schlichting und Gersten: Grenzschichttheorie, Verlag G. Braun, Karlsruhe 1980; Pope: Turbulent Flows, Cambridge Universtity Press 2000. Vorlesungsskript / Lecture Notes in moodle
	Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 2. Juli 2019. Module description accepted from academic department on 2 July 2019.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Gasdynamik und Potentialtheorie

Compressible and Irrotational Flow

Modul Nr. / Code	Credits	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-10-3274	4 CP	120 h	74 h	1 Semester	WS

Sprache / Language: Englisch / English **Level (EQF/DQR)**: 7	**Modulverantwortliche/r / Module Coordinator** Prof. Dr.-Ing. P. F. Pelz

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Compressible and Irrotational Flow	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)
-ue	Compressible and Irrotational Flow	Übung / Recitation	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Thermodynammische Zustandsgleichungen; Entropiebilanz; stationäre kompressible Strömung; Lavaldüse; senkrechter Verdichtungsstoß; Rayleigh- und Fannokurve; instationäre kompressible Strömungen; Charakteristikenmethode; Expansions- und Kompressionswellen; Überschallströmung; Machsche Wellen; schräge und abgelöste Verdichtungsstöße; Croccoscher Wirbelsatz; Reflexion schräger Verdichtungsstöße; Prandtl-Meyer-Strömung; Potentialströmung; Elementarlösungen der Laplacesche Gleichung; Bernoullische Gleichung für Potentialströmungen; Singularitätenverfahren, Randelementmethode; Funktionentheorie; komplexes Potential; konforme Abbildung; Hodographenmethode; virtuelle Masse.

Thermodynamic equation of state; entropy balance; steady compressible flow; de Laval nozzle; normal shock; Fanno and Rayleigh curve; unsteady compressible flows; method of characteristics; expansion and compression waves; supersonic flow; Mach wave; oblique and detached shocks; Crocco's theorem; reflection of oblique shocks; Prandtl-Meyer flow; potential flow; elementary solutions of Laplace's equation; method of singularities; boundary element method; fundamentals of complex analysis; complex potential; conformal map; hodograph method; added mass.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Strömungen hinsichtlich Kompressibilität zu beurteilen
2. Stationäre und instationäre kompressible Innenströmungen zu beschreiben und zu berechnen
3. Unter- und Überschallströmung um Auftriebsprofile (Außenströmung) zu beschreiben
4. Anwendbarkeit von Potentialströmung zu kennen
5. Lösungsverfahren der Laplaceschen Gleichung zu kennen und anzuwenden
6. Lösungsverfahren für ebene Potentialströmung zu kennen und anzuwenden
7. Virtuelle Massen zu berechnen

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Assess flows regarding compressibility
2. Describe and calculate steady and transient compressible internal flows
3. Describe subsonic and supersonic flow around lifting profiles (external flow)
4. Assess applicability of potential flow
5. Know and apply solution methods of Laplace's equation
6. Know and apply solution methods for plane potential flow

	7. Calculate virtual masses
4	**Voraussetzung für die Teilnahme -/ Prerequisites for participation** Technische Strömungslehre empfohlen fundamental fluid mechanics recommended
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Klausur 90 min oder mündliche Prüfung 30 min / Written exam 90 min or oral exam 30 min
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Kreditpunkten / Requirement for receiving credits** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination
7	**Benotung / Grading system** Ziffernote / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE II (Kernlehrveranstaltungen aus dem Maschinenbau) WPB Master PST II (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature** Batchelor, George K.: An Introduction to Fluid Dynamics, Cambridge University Press, 2000. Becker, Ernst: Gasdynamik, Teubner Verlag, 1966. Becker, Ernst: Technische Thermodynamik: Eine Einführung in die Thermo- und Gasdynamik, Teubner Verlag, 1985. Oswatitsch, Klaus, Gasdynamik, Springer Verlag, 1952 Shapiro, Ascher H.: The Dynamics and Thermodynamics of Compressible Fluid Flow, John Wiley & Sons, 1953. Spurk, Joseph H., Aksel, Nuri: Fluid Mechanics, Springer Verlag, 2020.
	Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 28. April 2020. Module description accepted from academic department on 14 April 2020.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Grenzflächenverfahrenstechnik

Interfacial Engineering

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-15-5050	4 CP	120 h	97 h	1 Semester	SS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr. rer. nat. S. Hardt

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Grenzflächenverfahrenstechnik	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Thermodynamik der Grenzflächen, Randwinkel, Benetzung, Filmbeschichtung, Kolloidale Lösungen, Brown'sche Molekularbewegung, Viskosität von Dispersionen, Elektrolytsysteme, Leitfähigkeiten, Elektrolyse, Strom-Spannungs-Kurven, Elektrodialyse, DLVO-Theorie, Kolloidstabilität. Schäume, Emulsionen, Dispersionen.

Thermodynamics of interfaces, contact angle, wetting, film coating, colloidal solutions, Brownian motion, viscosity of dispersions, electrolyte systems, conductivities, electrolysis, current-voltage-characteristics, electrodialysis, DLVO theory, stability of colloidal solutions, foams, emulsions, dispersions.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Verschiedene wissenschaftliche Sichtweisen auf Grenzflächensysteme zu diskutieren.
2. Randwinkelphänomene zu erklären und zu beurteilen.
3. Kapillare Effekte zu analysieren und zu erklären.
4. Partikelbeladene Strömungen zu analysieren und zu modellieren.
5. Die Stabilität kolloidaler Systeme auf Grundlage der DLVO-Theorie zu beurteilen.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Discuss various concepts of interfaces systems.
2. Explain and judge contact angles phenomena.
3. Analyse and explain capillary effects.
4. Analyse and model flocculation with particles.
5. Judge the stability of colloidal systems based on the underlying DLVO theory

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

Der Besuch der Veranstaltung erfordert Vorkenntnisse auf dem Gebiet der Thermodynamik und der Strömungsmechanik.

Prerequisite is knowledge in the fields of thermodynamics and fluid mechanics.

5 Prüfungsform / Assessment methods

Mündliche Prüfung 30 min / Oral exam 30 min.

6 Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points

	Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** Master PST Pflicht WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft)
9	**Literatur / Literature** Skript wird in Moodle bereitgestellt. Lecture notes will be made available via Moodle.
	Geänderte Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 14. Juli 2020 und 6. Februar 2018 (seit 2018 Modulverantwortlicher: Prof. Dr. S. Hardt statt Prof. Dr.-Ing. M. Hampe). Changed module description accepted from academic department on 14 July 2020 and 6 February 2018 (Module Co-ordinator since 2018: Prof. Dr. S. Hardt instead of Prof. Dr.-Ing. M. Hampe).

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Grundlagen der Adaptronik

Fundamentals of Adaptronics

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-26-5030	4 CP	120 h	97 h	1 Semester	WS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr.-Ing. T. Melz

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Grundlagen der Adaptronik	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Definitionen smarte passive, adaptive und aktive Systeme; multifunktionale Werkstoffe; Piezokeramiken, Formgedächtnismaterialien, elektro- und magnetorheologische Flüssigkeiten; dielektrische Polymere; Aktorkonzepte; smarte Dämpfer, adaptive Tilger, Inertialmassenaktoren, aktive Lagerungen; Entwurfsverfahren; Konstruktionsprinzipien; Prinzipien der Schwingungsminderung; Rückführungen, elektromechanische Analogie, Shunt Damping; Anwendungen

Definitions of smart passive, adaptive, and active systems; multifunctional materials; piezoceramics, shape memory materials, electro- and magnetorheological fluids, dielectric polymers; actuators; smart dampers, adaptive absorbers, inertial mass actuators, active mounts; design process and principles; methods for vibration control; feedback control; electromechanical analogy, shunt damping; applications.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Mechatronische und adaptronische Systeme zu analysieren.
2. Prinzipien der Schwingungskontrolle und die Wirkweise und die erweiterten Möglichkeiten durch adaptronische Systeme zu erklären und Lösungskonzepte zu bewerten und abzuleiten.
3. Physikalische Prinzipien und Eigenschaften von Wandlerwerkstoffen wie Piezokeramiken, Formgedächtnismaterialien oder elektro- und magnetorheologischen Fluiden, Einsatzmöglichkeiten und Limitationen zu analysieren und für bestimmte Randbedingungen **geeignet** auszuwählen.
4. Smarte Aktoren zur Schwingungskontrolle zu erklären und auf ausgewählte Randbedingungen zu übertragen.
5. Anwendungsmöglichkeiten von smarten Struktursystemen inklusive Limitationen zu evaluieren.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Analyze mechatronic and smart, i.e., adaptronic structural systems.
2. Explain major vibration control principles, their mode of operation, and the enhanced potentials of smart systems such as piezoceramics, shape memory alloys, or smart fluids as well as evaluate smart vibration control solutions.
3. Analyse physical principles, characteristics, and limitations of smart materials and evaluate and select suitable mechanisms for certain boundary conditions.
4. Explain smart actuators for vibration control and select suitable mechanisms for certain boundary conditions.
5. Evaluate application possibilities of smart structural solutions and their limitations.

4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** Schwingungstechnik / vibration technology
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Mündliche Prüfung 30 min / Oral exam 30 min.
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE II (Kernlehrveranstaltungen aus dem Maschinenbau) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik) Master Mechatronik
9	**Literatur / Literature** Vorlesungsfolien / copies of transperancies Fuller, C., Elliot, S., Nelson, P.: Active Control of Vibration. London: Academic Press 1996 Hansen, C.H. , Snyder, S.D.: Active Control of Noise and Vibration, London: E&FN Spon 1997 Ruschmeyer, K., u.a.: Piezokeramik. Rennigen-Malmsheim: expert verlag 1995 Utku, S.: Theory of Adaptive Structures, Boca Raton: CRC Press LLC 1998 Duerig, T.W.: Engineering Aspects of Shape Memory Alloys, London, Butterworth-Heinemann, 1990

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Grundlagen der Maschinenakustik

Fundamentals of Machine Acoustics

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-26-5070	6 CP	180 h	146 h	1 Semester	WS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr.-Ing. T. Melz

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Grundlagen der Maschinenakustik	Vorlesung / Lecture	34 h (3 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Der Stoff von Grundlagen 1 umfasst die Erläuterung/Anwendung akustischer Grundbegriffe (z.B. Frequenz, Schalldruck, Schallleistung, Schallintensität, Schallschnelle, Schallkennimpedanz, Pegel), Pegelrechnung, Frequenzanalyse, akustische Filter- und Bewertungsfunktionen, maschinenakustische Grundgleichung, Spiegelquellen und Interferenz, verschiedene Strahlerarten sowie verschiedene Methoden der Schallleistungsbestimmung

The module includes the explanation and application of fundamental terms in technical acoustics (e.g., frequency, sound pressure, sound power, sound intensity, particle velocity, specific acoustic impedance, levels), level arithmetic, frequency analysis, acoustic filter and weighting functions, fundamental equation of machine acoustics, mirror sound sources and interference, various types of acoustic radiators, various sound power measurement methods

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Die verschiedenen, für die (technische) Akustik relevanten physikalischen Größen zu kennen und die Definitionen und Unterschiede zu erklären sowie diese Größen in einander umzuformen und auseinander abzuleiten.
2. Pegel von verschiedenen physikalischen/akustischen Größen berechnen und diverse Pegeloperationen (Berechnung von Summenpegel, Differenzpegel, mittlerem Pegel usw.) durchzuführen.
3. Die Grundzüge der Fourier-/Frequenzanalyse zu erklären und die Vor- und Nachteile verschiedener Darstellungsarten von Frequenzspektren zu erkennen.
4. Die verschiedenen akustischen Filter zu unterscheiden und aus gegebenen Schmalbandspektren die zugehörigen Terz- und Oktavspektren zu berechnen.
5. Gezielt und sinnvoll akustische Bewertungsfunktionen (A-Bewertung, C-Bewertung, Z-Bewertung) anzuwenden und die Hintergründe für die Einführung dieser Bewertungen zu erklären.
6. Die Ursachen für die Schallemission körperschallerregter Maschinenstrukturen physikalisch zu erklären.
7. Die Wirkkette von der dynamischen Anregung bis zur Luftschallabstrahlung anhand der maschinenakustischen Grundgleichung zu erkennen.
8. Den Einfluss und die Auswirkungen von sog. Spiegelquellen zu erkennen und ggf. bei der Auswertung von akustischen Messungen zu berücksichtigen.
9. Die verschiedenen Schallstrahlertypen und deren Charakteristiken zu erklären.
10. Unterschiedliche Messverfahren zur Schallleistungsbestimmung mit deren Vor- und Nachteilen zu kennen.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Know the various physical quantities relevant for (technical) acoustics, explain the differences

	between them, and derive or combine such quantities from/with each other. 2. Calculate levels of various physical/acoustic quantities and perform various level calculations such as the total or average level of several sound sources. 3. Explain the fundamentals of Fourier/frequency analysis and recognize the advantages and drawbacks of various ways to present results of frequency analyses. 4. Distinguish various acoustic filter functions and calculate octave band and one-third octave band spectra from given narrowband spectra. 5. Apply acoustic weighting functions (such as A-, C- or Z-weighting) in a meaningful manner and explain the reasons for implementing such weighting curves. 6. Explain the physical sound generation mechanisms of dynamically excited machine structures. 7. Recognize the chain of sound generation from the dynamic excitation up to the sound radiation based on the fundamental equation of machine acoustics. 8. Recognize the influence and the effects of mirror sound sources and consider these when analyzing acoustic measurements. 9. Explain the various types of acoustic radiators and their characteristics. 10. Know various methods of sound power measurements and their advantages and drawbacks.
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** keine speziellen Vorkenntnisse, gute Kenntnisse in "Maschinendynamik", "Mechanik/Physik" sowie in "Maschinenlemente" hilfreich no specific knowledge is required except a recommendation of basic understanding in machine dynamics, mechanics, physics, and machine elements.
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Klausur 2 h / Written exam 2 h
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE II (Kernlehrveranstaltungen aus dem Maschinenbau) WPB Master PST III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft)
9	**Literatur / Literature** umfangreiches Vorlesungsskript (2 Bände, ca. 1100 Seiten für „Maschinenakustik – Grundlagen 1+2“) gegen Unkostenerstattung comprehensive class notes (two volumes, approx. 1100 pages for “Machine Acoustics – Fundamentals 1+2”) available for purchase zusätzliche empfohlene Lehrbücher / additional recommended text books: Kollmann, F.G.: „Maschinenakustik“, 2. Auflage, Springer-Verlag, 2000 Kollmann, F.G., Schösser, T.F., Angert, R.: „Praktische Maschinenakustik“, Springer-Verlag, 2006 Henn, H., Sinambari, G.R., Fallen, M.: „Ingenieurakustik“, 4. Auflage, Vieweg+Teubner Verlag, 2008 Schirmer, W. (Hrsg.): „Technischer Lärmschutz“, 2. Auflage, Springer-Verlag, 2006 Möser, M.: „Technische Akustik“, 9. Auflage, Springer-Verlag, 2012 Müller, G., Möser, M. (Hrsg.): „Taschenbuch der Technischen Akustik“, 3. Auflage, Springer-Verlag, 2004 Möser, M. (Hrsg.): „Messtechnik der Akustik“, Springer-Verlag, 2010 Bies, D.A., Hansen, C.H.: „Engineering Noise Control: Theory and Practice“, 4. Auflage, 2009 Vér, I.L., Beranek, L. L.: „Noise and Vibration Control Engineering“, 2. Auflage, John Wiley & Sons, 2005 Rossing, T.D. (Hrsg.): „Springer Handbook of Acoustics“, Springer-Verlag, 2007.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Grundlagen der Raumfahrtsysteme

Foundations of Space Systems

Modul Nr. / Code	Credits	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-23-3134	4 CP	120 h	97 h	1 Semester	WS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF/DQR)**: 7	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr.-Ing. R. Bertrand

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Grundlagen der Raumfahrtsysteme	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Die Vorlesung vermittelt die Grundlagen zum Verständnis, Entwurf und Betrieb von Raumfahrtsystemen, insbesondere: Geschichtliche Entwicklung der Raumfahrt, Raumfahrtnutzung, Umweltfaktoren in der Raumfahrt, Ziolkowsky Raketengleichung, Grundlagen der Bahnmechanik und Bahnänderungsmanöver, Überblick über Subsysteme von Raumfahrtsystemen: Energieversorgung, Lage- und Bahnregelung, Thermalkontrolle, Daten- und Kommunikationssysteme.

The lecture shall present the basics to understand, design and operate space systems, in particular: Historical development of spaceflight, utilisation of space, space environment, Ziolkowsky equation, foundations of orbit mechanics and maneuvers, overview on subsystems for space systems: energy provision, attitude and orbit control, thermal control, data handling and communication.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Die geschichtliche Entwicklung der Raumfahrt mit ihren Zusammenhängen von technologischen und gesellschaftlichen Entwicklung sowie der jeweiligen Anwendungs-/Nutzungsszenarien zu erklären.
2. Die relevanten Umweltfaktoren (z. B. Thermalstrahlung, Restatmosphäre, Partikelstrahlung usw.) für Raumfahrtsysteme zu klassifizieren und überschlägig - analytisch zu berechnen.
3. Einfache Bahnmanöver zu beschreiben.
4. Typische Subsysteme in ihrer Funktionalität und technischen Gestaltung und Auslegungskriterien zu beschreiben und zu analysieren.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Explain the historical development of space flight with the relevant technological and societal connections, together with the respective applications and utilisation scenarios.
2. Describe, characterise and estimate the relevant environmental factors for space systems (e.g. thermal environment, residual atmosphere, particle radiation etc.).
3. Describe basic orbit manoeuvres.
4. Describe and analyse typical subsystems in their functionality and design.

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

Keine / None

5 Prüfungsform / Assessment methods

Mündliche (20 min) oder schriftliche Prüfung (45-60 min) / Oral (20 min) or written exam (45-60 min).

6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving credits** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote)/ Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE II (Kernlehrveranstaltungen aus dem Maschinenbau) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft)
9	**Literatur / Literature** Messerschmid/Fasoulas: Raumfahrtsysteme, Springer Verlag - e-book Messerschmid/Bertrand: Raumstationen – Systeme und Nutzung, Springer Verlag
	Geänderte Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 14. Juli 2020. Changed module description accepted from academic department on 14 July 2020.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Grundlagen der Turbulenz

Introduction to Turbulence

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-64-5130	6 CP	180 h	135 h	1 Semester	SS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7.**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr.-Ing. M. Oberlack

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Grundlagen der Turbulenz	Vorlesung / Lecture	34 h (3 SWS)
-ue	Grundlagen der Turbulenz	Übung / Recitation	11 h (1 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Ursachen der Turbulenz (Einführung in die lineare Stabilitätstheorie); Einführung in die Turbulenz und ihre statistische Beschreibung; Reynoldsche Zerlegung, Filterung und gemittelte Grundgleichung; Korrelationsgleichung (Ein- und Mehrpunkt); Isotrope Turbulenz und die von Karman-Howarth Gleichung; turbulenter Decay; Turbulente Längenskalen; Kolmogorovsche Theorie; Energiespektrum; weitere Theorien isotroper Turbulenz (Intermittenz); turbulente wandgebunde Grenzschichten; Skalengesetze in der Turbulenz; reibungsfreie Strömungen; turbulente Strömungen mit Ablösungen.

Origin of turbulence and introduction of stability theory; introduction to turbulence and its statistical description; Reynolds decomposition, filtering and averaging the basic equations; correlation equations (one- and multi point); isotropic turbulence and the Karman-Howarth equation; turbulent decay; turbulent length-scales; Kolmogorov theory; energy spectrum; deeper investigations of isotropic turbulence (Intermittency); turbulent wall bounded flows; boundary and turbulent scaling laws; free shear flows; detached turbulent flows.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Die Gesetzmässigkeiten zur statistischen Beschreibung von Turbulenz, basierend auf den Navier-Stokes Gleichungen, zu kennen.
2. Zentrale Definitionen für turbulente Parameter wie Längen- und Zeitmaße auszudrücken.
3. Die Herleitung der Kolmogorovsche Theorie und die turbulente Energiespektren sowie Erweiterungen für höhere Korrelationen zu erklären.
4. Die Herleitung der Zwei- und Mehr-Punkt Korrelationsgleichungen zu erklären.
5. Eine Vielzahl klassischer Strömungsformen z.B. wandnahe oder freie turbulente Strömungen zu unterscheiden und diese unter Angabe der jeweiligen Skalengesetze zu skizzieren.
6. Bei den Modellierungskonzepte der verschiedenen RANS Konzepte die unterschiedlichen Modellklassen zu kennen, sie anhand ihrer Vor- und Nachteile zu unterscheiden sowie die zentralen Modellierungskonzepte zu skizzieren und zu erläutern.
7. Die wesentlichen Ideen der Large-Eddy Simulation anhand von Gleichungen zu erläutern und die Vorteile aufzeigen sowie eine Abgrenzung zu den RANS Modellen vornehmen zu können.
8. Die Möglichkeiten und Grenzen bei allen Berechnungsmethoden gegeneinander abgrenzen zu können.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Know the regularities for the statistic description of turbulence, based on the Navier-Stokes equations.

	2. Express basic definitions for turbulent parameters such as length and time scales. 3. Explain the deduction of the Kolmogorov theory and turbulent energy spectra as well as extensions for higher correlations. 4. Explain the deduction of the two- and multi-point correlation equations. 5. Distinguish a multiplicity of classical flow forms e.g. near-wall or free turbulent flows and to outline these flows under specification of the respective scale laws. 6. Know the modelling concepts of the different RANS concepts, to distinguish them on the basis of their disadvantgages and advantages and to outline and clarify the main modelling concepts. 7. Describe the substantial ideas of the Large Eddy Simulation on the basis of equations, show advantages as well as carry out a delimitation of the RANS models. 8. Delimit the possibilities and limitations of all calculation methods.
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** Empfohlen: 1) Technische Strömungslehre oder Grundkenntnisse der Strömungslehre 2) Gewöhnliche und partielle Differentialgleichungen Recommended: 1) Technical Fluid Mechanics or basic knowledge of fluid mechanics 2) Ordinary and partial differential equations
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Mündliche Prüfung 30 min / Oral exam 30 min.
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE II (Kernlehrveranstaltungen aus dem Maschinenbau) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature** Pope: Turbulent Flows, Cambridge Universtity press 2000; Davidson: Turbulence: an introduction for scientist and engineers; Teenekes and Lumley: A first Course in turbulence; Tsinober: An informal introduction to turbulence; Rotta: Turbulente Strömungen, Teubner Verlag 1972; Vorlesungsskript / Lecture notes
	Geänderte Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 5. Februar 2019 (Mit-Modulverantwortliche 2019: Prof. Dr.-Ing. Y. Wang). Changed module description accepted from academic department on 5 February 2019 (Module Co-ordinator 2019: also Prof. Dr.-Ing. Y. Wang).

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Hochtemperaturwerkstoff- und Bauteilverhalten

High Temperature Materials Behaviour

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-08-5120	6 CP	180 h	146 h	1 Semester	WS

Sprache / Language: Englisch / English **Level (EQF / DQR):** 7	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr.-Ing. M. Oechsner

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	High Temperature Materials Behaviour	Vorlesung / Lecture	34 h (3 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Zeitabhängige Mechanismen unter Hochtemperaturbelastung: Kriechen, Oxidation und Ermüdung
Mikrostrukturelle Aspekte von metallischen Legierungen: Rekristallisation, Erholung, Kornwachstum und Ausscheidungsbildung
Hochtemperaturfestigkeit und -verformung: Mechanismen und Modellierungskonzepte
Ermüdung unter Hochtemperaturbelastung: Thermische Ermüdung; Kriechermüdung
Hochtemperaturkorrosion: Thermodynamik und Kinetik der Oxidation, Heissgaskorrosion
Hochtemperaturlegierungen: Fe-, Co-, Ni-basierte Legierungen sowie Intermetallische Legierungen
Beschichtungen für Hochtemperaturanwendungen: Beschichtungstypen, Beschichtungs- und Charakterisierungsprozesse
Keramiken: Monolithische Keramiken und Verbundkeramiken

Time dependent mechanism under high temperature exposure: Creep, oxidation, and fatigue.
Microstructural stability of metallic alloys: recrystallisation, recovery, grain growth and formation of precipitation
High temperature strength and deformation: Governing mechanisms and modelling concepts
Fatigue under high temperature exposure: Thermal fatigue; creep – fatigue interaction
High temperature corrosion: Thermodynamics and kinetics of oxidation; hot gas corrosion
High temperature alloys: Fe-, Co-, Ni-based alloys and intermetallics
Coatings for high temperature application: Types, deposition and characterization processes
Ceramics: Monolithics and Ceramic Matrix Composites

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Relevante zeitabhängige Mechanismen unter Hochtemperaturbeanspruchung zu benennen und zu beschreiben.
2. Mikrostrukturelle Veränderungsprozesse zu erläutern sowie deren Triebkraft und ihre Auswirkung auf das Werkstoff- und Bauteilverhalten zu diskutieren.
3. Die Mechanismen der zeitabhängigen Verformung und Festigkeit zu erläutern sowie konstitutive als auch phänomenologische Beschreibungskonzepte und deren Modellannahmen und -einschränkungen zu diskutieren.
4. Kriechverhalten auf Basis von experimentellen Werkstoffdaten und phänomenologischen Beschreibungsmodellen abzuschätzen.
5. Prozesse der Ermüdung unter Hochtemperatur zu erläutern sowie den Einfluss von Kriechen und Relaxation auf das Ermüdungsverhalten zu beschreiben.
6. Thermodynamische Grundlagen sowie kinetische Aspekte der Hochtemperaturkorrosion zu

	erklären und das Phänomen der Heissgaskorrosion zu erläutern. 7. Metallische und intermetallische Werkstoffe für den Hochtemperatureinsatz zu benennen, deren Anwendungsgrenzen zu diskutieren und Werkstoffe für gegebene Anwendungsfelder begründet auszuwählen. 8. Funktionen und Wirkmechanismen von Hochtemperaturbeschichtungen zu erläutern und die wesentlichen Herstellprozesse sowie relevante Charakterisierungsmethoden zu beschreiben. 9. Keramische Werkstoffe für den Hochtemperatureinsatz zu benennen und Vor- und Nachteile von monolithischen Keramiken gegenüber Faser-Verbundkeramiken zu diskutieren. After following this lecture the student will be able to: 1. Identify and describe relevant time-dependent mechanisms under high temperature exposure. 2. Explain microstructural evolution processes, discuss their driving force and their effect on the behaviour of materials and components 3. Explain the mechanisms of time-dependent deformation and strength; discuss constitutive as well as phenomenological description concepts and their model assumptions and their limitations;. 4. Estimates of a materials creep behaviour on the basis of experimental data and/or phenomenological description models. 5. Explain fatigue processes under high temperature loading; describe the influence of creep and relaxation on the fatigue behaviour 6. Explain thermodynamic principles and kinetic aspects of high-temperature corrosion; explain the phenomenon of hot gas corrosion 7. Know metallic and intermetallic material systems for high-temperature applications and discuss their application limits; select materials for given fields of application in a justified manner. 8. Explain the functions and working principles of high-temperature coatings, describe essential manufacturing processes and relevant characterisation methods. 9. Name ceramic materials for high-temperature applications; discuss the advantages and disadvantages of monolithic ceramics compared to Ceramic Matrix Composites.
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** Kenntnis der Grundlagen der Werkstoffkunde (z.B. Werkstoffkunde I) empfohlen Knowledge of fundamentals in Materials Engineering (e.g. Werkstoffkunde I) recommended
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Mündliche Prüfung (45 min) oder Klausur 60 min (fakultativ) / Oral (30 min) or written exam 60 min (facultative).
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE II (Kernlehrveranstaltungen aus dem Maschinenbau) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature** Oechsner, M: Umdruck zur Vorlesung (Foliensätze) Maier H.J., Niendorf T., Bürgel R. (2019) Handbuch Hochtemperatur-Werkstofftechnik. Springer Vieweg, Wiesbaden Rösler J., Harders H., Bäker, M. (2019) Mechanisches Verhalten der Werkstoffe, Springer-Verlag Birks, N., Gerald H. Meier G.H., Pettit F.S. (2006) Introduction to the high temperature oxidation of metals. Cambridge University Press
	Geänderte Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 14. Juli 2020. Changed module accepted from academic department on 14 July 2020.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Höhere Wärmeübertragung (Verdampfung und Kondensation)

Advanced Heat Transfer

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-14-5040	4 CP	120 h	86 h	1 Semester	SS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr.-Ing. P. Stephan

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Höhere Wärmeübertragung	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)
-ue	Höhere Wärmeübertragung	Übung / Recitation	11 h (1 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Verdampfung und Kondensation; metastabile Phasengleichgewichte, heterogene und homogene Keimbildung, Phasengleichgewichte von Stoffgemischen, mikroskopische Wärmetransportphänomene; Berechnungsgrundlagen und Bauarten von Verdampfern und Kondensatoren; Wärmerohre.

Evaporation and condensation; metastable phase equilibrium, heterogeneous and homogeneous nucleation, phase equilibrium of fluid mixtures, microscopic heat transfer phenomena; calculation basics and types of evaporators and condensers; heat pipes.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Phasengleichgewichte an ebenen und gekrümmten Phasengrenzen zu beschreiben und daraus die notwendige Überhitzung bei der Keimstellenaktivierung abzuleiten.
2. gemischspezifische Besonderheiten beim Phasenwechsel zu beschreiben.
3. die mikroskopischen Transportmechanismen an Phasengrenzen zu beschreiben.
4. Wärmeübergangskoeffizienten in Verdampfern und Kondensatoren zu berechnen.
5. die Prinzipien und Möglichkeiten zur Verbesserung des Wärmetransports auszudrücken.
6. Wärmerohre auszulegen und zudimensionieren.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Describe phase equilibria at plane and curved interfaces and derive the necessary superheat to active nucleation sites.
2. Describe mixture specific particularities.
3. Describe the microscopic transport phenomena at interfaces.
4. Calculate heat tranfer coefficients for evaporators and condensers.
5. Describe the principles and possibilities for heat transfer enhancement.
6. Design and dimension heat pipes.

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

Grundkenntnisse in Thermodynamik und Wärmeübertragung

Fundamentals of Thermodynamics and Heat Transfer

5 Prüfungsform / Assessment methods

Mündliche Prüfung 30 min oder Klausur 60 min / Oral exam 30 min or written exam 60 min.

6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE II (Kernlehrveranstaltungen aus dem Maschinenbau) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature** Skript, Folien und weitere Unterlagen sind im Moodle-System der TU Darmstadt abrufbar. Script, slides, and further material are available through the Moodle system of TU Darmstadt.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Innovation durch Patente

Innovation by Patents

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-17-5200	6 CP	180 h	146 h	1 Semester	SS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr.-Ing. E. Dörsam

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Innovation durch Patente	Vorlesung/Lecture	34 h (3 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Juristische Hintergründe eines Patents, Ablauf eines Patentantrags; Patente recherchieren, lesen und interpretieren; mit Hilfe von Patenten den Stand der Technik ermitteln; Werkzeuge der Produktentwicklung für Bewertung der Patente und Entwicklung neuer Patentanträge verwenden; Innovationsmanagement und Patentstrategie eines Großunternehmens; Erfindungsmeldung und Grobentwurf für ein Patent

Legal background of a patent; expiration of a patent application; searching for, reading, and interpreting patents; determine the state of the art with the help of patents; using tools of product development for evaluation of patents and new patent applications; innovation management and patent strategy of a large company; invention disclosure and rough draft of a patent.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Die Bedeutung von Innovation zu beschreiben und zu diskutieren.
2. Die Grundlagen des Patentrechts wiederzugeben und anzuwenden.
3. Patente zu lesen, zu analysieren und zu klassifizieren und Patentrecherchen durch zu führen.
4. Für neuartige Aufgabenstellungen ein Lösungsschema zu entwickeln.
5. Patente dem Lösungsschema zuordnen.
6. Neue, innovative Lösungen zu entwickeln und dafür eine qualifizierte Erfindungsmeldung zu schreiben.
7. Die wirtschaftliche Bedeutung von Erfindungen zu analysieren.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Describe and discuss the meaning of innovation.
2. Explain and utilize the basics of patent law.
3. Read, analyse, and classify a patent and do patent research.
4. Develop a solution strategy for new and unknown tasks.
5. Relate patents to a known solution strategy.
6. Develop a new and innovative solution and write a qualified announcement of an invention.
7. Analyse the economic importance of an invention.

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

Angewandte Produktentwicklung empfohlen

Applied Product Development recommended

5	**Prüfungsform / Assessment methods** Sonderform / special form
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE II (Kernlehrveranstaltungen aus dem Maschinenbau) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature** Die Folien stehen vorlesungsbegleitend auf der Homepage des Instituts zur Verfügung. The current lecture notes can be downloaded from the web pages of the institute while the semester is in session. Wagner, M. H.; Thieler, W.: Wegweiser für den Erfinder. 3. Aufl. Berlin: Springer 2007 Online: http://www.springerlink.com/content/978-3-540-72042-3/

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Lasermesstechnik

Laser Measurement Technology

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-13-5110	4 CP	120 h	86 h	1 Semester	WS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr. rer. nat. A. Dreizler

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Lasermesstechnik	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)
-ue	Lasermesstechnik	Übung / Recitation	11 h (1 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Funktionsweise optischer Geräte (Laser, Monochromatoren, Kamera), Temperatur- und Konzentrationsmessung (Raman-Rayleigh-Spektroskopie, kohärente anti-Stokes-Raman-spektroskopie), Radikalkonzentrationsmessung (Laser-induzierte Fluoreszenz), nichtlineare Spektroskopiemethoden zur Temperaturmessung, laserbasierte Strömungsmeßtechnik

Operation of optical instruments (laser, monochromators, camera), temperature and concentration measurements (Raman-Rayleigh-spectroscopy, coherent-anti-Stokes-Raman-spectroscopy), measurement of chemical radicals (laser-induced fluorescence), non-linear spectroscopy for gas phase thermometry, laser-based flow measurements.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Die Grundbegriffe der geometrischen Optik und wichtige optische Elemente zu erklären.
2. Die wichtigsten diagnostischen Geräte wie Laser und optische Detektoren zu beschreiben.
3. Die wichtigsten linearen laseroptischen Verfahren zur Messung thermodynamischer Zustandsgrößen und Konzentrationen chemischer Teilchenarten zu beschreiben.
4. Ausgewählte nicht-lineare laseroptische Messverfahren zu kennen und theoretisch zu beschreiben.
5. Die Grundlagen laseroptischer Geschwindigkeits- und Partikelgrößenmessung zu erklären

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Explain the basics of geometrical optics and most important optical components.
2. Describe and know the most important diagnostic instruments such as lasers and optical detectors.
3. Describe the most important linear laser optical techniques for the measurement of thermodynamic state variables as well as species concentrations.
4. Know and describe theoretically non-linear laser optical techniques.
5. Explain the fundamentals of laser optical flow and paricle measurement techniques.

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

Grundkenntnisse in Physik / knowledge of physics at a fundamental level

5 Prüfungsform / Assessment methods

Mündliche Prüfung 30 min / Oral exam 30 min.

6 Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points

Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.

7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE II (Kernlehrveranstaltungen aus dem Maschinenbau) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature** Skript wird in der Vorlesung verteilt, kann aber auch von der Institut-Homepage heruntergeladen werden Script will be distributed before each lesson. It can also be downloaded from the institute's homepage.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Lean Production

Lean Production

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-09-5170	6 CP	180 h	135 h	1 Semester	WS

Sprache / Language: Englisch / English **Level (EQF / DQR):** 7	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr.-Ing. J. Metternich

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Lean Production	Vorlesung / Lecture	34 h (3 SWS)
-ue	Lean Production	Übung /Recitation	11 h (1 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Grundlagen schlanker Produktionssysteme; Das Konzept von Wertorientierung und Verschwendung; Standardisierung und Stabilität; Just-in-time und Pull-Systeme; Lean Quality; Auslegung und Optimierung von Produktionslinien; Wertstrommanagement; Kontinuierliche Verbesserung; Schlanke Logistik; Implementierung schlanker Produktion; Zusammenspiel von Lean Ansätzen mit Digitalisierung.
In den Übungen werden die Inhalte im realen Produktionsumfeld der Prozesslernfabrik CiP umgesetzt.

Basics of lean production systems; concept of value orientation and waste; standardisation and stability; just-in-time and pull; lean quality; line optimisation; value stream management; continuous improvement; lean logistics; implementation of lean production; Interaction between lean approaches and digitalization.
The recitations are placed in the real production environment of the process learning factory CiP.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Das Konzept schlanker Produktionssysteme zu erklären.
2. Wertorientierung und Verschwendung zu erkennen und zu unterscheiden.
3. Die Wichtigkeit von Standardisierung und Stabilität für schlanke Produktionssysteme darzustellen.
4. Die Elemente von Just-in-Time (Pull-) Systemen zu erklären und auszulegen.
5. Das Konzept von Lean Quality zu erklären.
6. Das Wertstrommanagement zu erläutern und Wertströme zu analysieren sowie nach Lean Production Gesichtspunkten zu gestalten.
7. Die Systematik eines kontinuierlichen Verbesserungsprozesses zu beschreiben und proaktive und reaktive Verbesserung zu unterscheiden.
8. Das Konzept schlanker Logistiksysteme und deren Auslegung zu erklären.
9. Die Problematik einer Implementierung schlanker Produktionssysteme zu beschreiben und diese zu adressieren.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Explain the concept of lean production systems.
2. Distinguish and recognize the concept of customer value and waste.
3. Recognise the importance of standardisation and stability for lean production systems.
4. Explain the elements of Just-in-Time-Systems and plan pull-systems.
5. Explain the concept of lean quality.
6. Analyse and design value streams and explain the value stream management.

	7. Describe the systematics of a continuous improvement process and differentiate between proactive and reactive improvement. 8. Explain the concept and design of lean logistic systems. 9. Describe and address the problems of implementing lean production systems.
4	**Voraussetzung für die Teilnahme -/ Prerequisites for participation**
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Klausur 90 Minuten / Written exam 90 min.
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE II (Kernlehrveranstaltungen aus dem Maschinenbau) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature** Helmut Becker – Phänomen Toyota (2006) John Drew – Journey to Lean: Making Operational Change Stick (2004) Jeffrey Liker – The Toyota Way: Fourteen Management Principles from the World's Greatest Manufacturer (2004) Jeffrey Liker – The Toyota Way Fieldbook: A Practical Guide for Implementing Toyota's 4Ps (2005) Charles Kepner / Benjamin Tregoe – The New Rational Manager (1997) Taiichi Ohno – Toyota Production System (1988) Shigeo Shingo – A Revolution in Manufacturing: The SMED System (1985) Shigeo Shingo – Zero Quality Control: Source Inspection and the Poka-Yoke System (1986)
	Geänderte Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 21. Juni 2016. Changed module description accepted from academic department on 21 June 2016.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Leichtbau I

Lightweight engineering I

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-12-5040	4 CP	120 h	86 h	1 Semester	SS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr.-Ing. habil. C. Mittelstedt

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Leichtbau I	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)
-ue	Leichtbau I	Übung / Recitation	11 h (1 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Die Lehrinhalte orientieren sich an den folgenden Prinzipbauteilen eines Passagierflugzeugs, die ausführlich vorgestellt und in ihrer Funktionsweise erläutert werden: 1) Rumpfspant, 2) Hautfeld (System aus Stringer/Spant/Haut), 3) Querträger, 4) Druckschott.

Die Vorlesungsinhalte sind im Einzelnen:

Einführung: Aufgaben des Leichtbaus, Leichtbauprinzipien, Idealisierungskonzepte
Festigkeitslehre: Wiederholung: Schnittgrößen und Konstitutivgesetz am Balken; Spannungen und Verzerrungen im 2D- und 3D-Fall; Ebener Spannungs- und Verzerrungszustand.
Prinzipbauteile: Einführung in die Statik des Rumpfes eines Passagierflugzeugs, Prinzipbauteile: 1. Spant, 2. Hautfeld (System aus Stringer/Spant/Haut), 3. Druckschott, 4. Querträger.
Biegung balkenförmiger Bauteile I: Einfache Biegung am Euler-Bernoulli-Balken und Doppelbiegung, Nachweisführung, Leichtbaugerechte Vereinfachungen, Beispiel: Querträger.
Biegung balkenförmiger Bauteile II: Schubweiche Balkentragwerke, Auswirkung von Schubverformungen, Nachweisführung, Beispiel: Querträger.
Biegung balkenförmiger Bauteile III: Querkraftbiegung, Berechnung von Schubspannungen an offenen Profilen, Schubmittelpunkt, Leichtbaugerechtes Auslegen, Beispiel: Flugzeugspant (Z-Spant).
Biegung balkenförmiger Bauteile IV: Querkraftbiegung, Berechnung von Schubspannungen an geschlossenen und gemischten Profilen, Leichtbaugerechtes Auslegen, Beispiel: Flugzeugspant mit geschlossenem Querschnitt (Omega-Spant).
Torsion balkenförmiger Bauteile I: St. Venantsche Torsion offener dünnwandiger Profile, Leichtbaugerechtes Auslegen, Beispiel: Flugzeugspant (Z-Spant).
Torsion balkenförmiger Bauteile II: St. Venantsche Torsion geschlossener dünnwandiger Profile, Leichtbaugerechtes Auslegen, Beispiel: Flugzeugspant (Omega-Spant), Einführung in die Wölbkrafttorsion, Beispiel: Querträger.
Torsion balkenförmiger Bauteile III: Weiterführung der Wölbkrafttorsion, Leichtbaugerechtes Auslegen, Beispiel: Querträger, Nachweisführung bei kombinierten Beanspruchungen.
Stabilität I: Knicken elastischer Stäbe, Perfekte und imperfekte Strukturen, Leichtbaugerechtes Auslegen, Beispiel: Knicken von Stringern.
Stabilität II: Weiterführung imperfekte Strukturen, Inelastisches Knicken, Leichtbaugerechtes Auslegen
Stabilität III: Biegedrillknicken und Kippen, Leichtbaugerechtes Auslegen, Beispiel: Flugzeugspant (Z-Spant).

The contents of this course will be illustrated by assessment of the following representative parts of a passenger aircraft that will be discussed in detail: 1) fuselage frame, 2) skin panel (system consisting of skin, stringer, frame), 3) cross-beam, 4) rear pressure bulkhead.

Contents:

Introduction: What is lightweight engineering? Principles of lightweight engineering, idealization concepts

	Strength of materials: repetition: State variables and constitutive behaviour of elastic beams, stresses and strains in 2D and 3D, plane states of stress and strain. Representative aircraft parts: Introduction to the statics of a passenger aircraft fuselage, representative parts: 1. frame, 2. skin panels (system of stringer/frame/skin), 3. rear pressure bulkhead, 4. cross-beam. Bending of beams I: Simple bending of an Euler-Bernoulli-beam, bending in two directions, justification approaches, simplifications, example: cross-beam. Bending of beams II: Shear-deformable beams, impact of shear deformations, justification approaches, example: cross-beam. Bending of beams III: transverse shear forces, analysis of shear stresses for open profiles, shear center, lightweight design, example: Z-frame). Bending of beams IV: analysis of shear stresses for closed profiles, lightweight design, example: Omega-frame. Torsion I: St. Venant torsion of open-profile beams, lightweight design, example: Z-frame. Torsion II: St. Venant torsion of closed-profile beams, lightweight design, example: Omega-frame, introduction to warping torsion, example: cross-beam. Torsion III: Warping torsion continued, lightweight design, example: cross-beam, justification for combined loads. Buckling I: Buckling of elastic beams, perfect and imperfect beams, lightweight design, example: buckling of stringers. Buckling II: Imperfect structures, inelastic buckling, lightweight design. Buckling III: Torsional-flexural buckling, lateral buckling, lightweight design, example: Z-frame.
3	**Lernergebnisse / Learning Outcomes** Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein: 1. Die geeigneten Methoden auszuwählen, um möglichst leichte Strukturen zu gestalten. 2. Die spezielle Mechanik der Leichtbaustrukturen auf beliebige praxisrelevante Problemstellungen zu übertragen. 3. Leichtbau-optimale Geometrien auszuwählen und sie zu dimensionieren. On successful completion of this module, students should be able to: 1. Choose adequate methods to design a structure as light as possible. 2. Transfer the specific lightweight engineering mechanics to arbitrary practically relevant problems.. 3. Select and size the most suitable geometries for lightweight constructions.
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** -
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Mündliche Prüfung 20 min / Oral exam (20 min.)
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE II (Kernlehrveranstaltungen aus dem Maschinenbau) WPB Master PST IV (Kernlehrveranstaltungen der Papiertechnik) Master Mechanik / Master Mechatronik
9	**Literatur / Literature** GROSS, D., HAUGER, W. und WRIGGERS, P., 2011. Technische Mechanik 4. 8. Auflage. Berlin et al.: Springer. WIEDEMANN, J., 1996. Leichtbau 1: Elemente. 2. Auflage. Berlin et al.: Springer Verlag.
	Geänderte Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 5. Februar 2019. Changed module description accepted from academic department on 5 February 2019.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Leichtbau II

Lightweight engineering II

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-12-5050	4 CP	120 h	86 h	1 Semester	SS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR):** 7	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr.-Ing. habil. C. Mittelstedt

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Leichtbau II	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)
-ue	Leichtbau II	Übung / Recitation	11 h (1 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Die Vorlesungsinhalte werden ebenfalls anhand der in der Lehrveranstaltung „Konstruktiver Leichtbau I“ eingeführten Prinzipbauteile eines Passagierflugzeugs (1) Rumpfspant, 2) Hautfeld (System aus Stringer/Spant/Haut), 3) Querträger, 4) Druckschott) eingehend illustriert. Die Inhalte sind:

Tragwerke I: Schubwand- und Schubfeldträger (offen / geschlossen; statisch bestimmt / unbestimmt), Beispiel: System Stringer / Spant / Haut.
Tragwerke II: Isotrope und orthotrope Scheiben, Scheibengleichung und Lösungen, Beispiel: Gelochte Scheiben, orthotroper Flugzeugspant.
Tragwerke III: Orthotrope Platten, Plattengleichung und Lösungen, Beispiel: Bodenplatte A350 (Sandwich).
Stabilität I: Plattenbeulen: Exakte Lösungsmethoden, Beispiel: Hautfeld.
Stabilität II: Beulen ausgesteifter Platten: Exakte Lösungen, Näherungsverfahren, Auswirkung von Aussteifungsmustern, Leichtbaugerechtes Auslegen.
Stabilität III: Lokales Beulen dünnwandiger Träger, Beispiel: Z-Spant, Omega-Spant.
Faserverbund-Bauweisen I: Einführung in die klassische Laminattheorie, Beispiel: Hautfeld A350.
Faserverbund-Bauweisen II: Konstruktionsprinzipien, Laminattheorien höherer Ordnung.
Sandwich-Bauweisen I: Einführung, Vor- und Nachteile, Kernmaterialien, Herstellverfahren, Einsatzgebiete, Krafteinleitungen.
Sandwich-Bauweisen II: Schubdeformationstheorien, Festigkeitsanalyse, Leichtbaugerechtes Auslegen, Beispiel: Druckschott A350.

The contents of this course will be illustrated using the same representative parts as they were already discussed in the course „lightweight engineering I“. In detail, the contents are:

Load bearing structures I: Shear wall girders (open / closed; statically determinate / indeterminate), example: system stringer / frame / skin.
Load bearing structures II: Isotropic and orthotropic disks, disk equations and solutions, example: panels with circular openings, orthotropic aircraft frame.
Load bearing structures III: Orthotropic plates, plate equations and solutions, example: floor plate A350 (sandwich).
Buckling I: Buckling of plates: exact solution methods, example: skin panel.
Buckling II: Buckling of stiffened plates, exact solution methods, approximation methods, impact of stiffeners, lightweight justification.
Buckling III: Local buckling of thin-walled beams, examples: Z-frame, omega-frame.
Composite Structures I: Introduction to Classical Laminated Plate Theory, Example: skin panel A350.
Composite Structures II: Construction principles for composite structures, higher-order theories.
Sandwich structures I: Introduction, advantages and disadvantages, core materials, manufacturing methods, applications, load introductions.

	Sandwich structures II: Shear deformation theories, strength assessment, lightweight justification, example : rear pressure bulkhead A350.
3	**Lernergebnisse / Learning Outcomes** Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein: 1. Die grundlegenden, für Leichtbaustrukturen relevanten Tragwerke hinsichtlich ihres Tragverhaltens einzuschätzen und die verfügbaren exakten Lösungsverfahren auf Beispiele der Praxis anzuwenden. 2. Statische Probleme von Leichtbautragwerken mittels Approximationsmethoden zu lösen. 3.Erlernte Methoden für gegebene spezifische praktische Probleme selbsttätig auszuwählen und zielgerichtet anzuwenden. 4. Bauteile im Rahmen des Leichtbaus hinsichtlich ihres statischen Verhaltens sicher auszulegen und Optimallösungen zu finden. On successful completion of this module, students should be able to: 1. Assess the general characteristics of the static behaviour of lightweight structures and to apply available exact solution methods to practically relevant examples. 2. Solve static boundary value problems of load bearing structures using approximate solution methods. 3. Select appropriate solution methods for specific practical problems and to apply them independently. 4. Design load bearing lightweight structures in a safe manner and to find optimal designs.
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** Leichtbau I empfohlen / Lightweight engineering I recommended.
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Mündliche Prüfung 20 min / Oral exam (20 min.).
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE II (Kernlehrveranstaltungen aus dem Maschinenbau) WPB Master PST IV (Kernlehrveranstaltungen der Papiertechnik) Master Mechanik Master Mechatronik
9	**Literatur / Literature** ALTENBACH, H., ALTENBACH, J. und NAUMENKO, K., 1998. Ebene Flächentragwerke. Berlin et al.: Springer. GROSS, D., HAUGER, W. und WRIGGERS, P., 2011. Technische Mechanik 4. 8. Auflage. Berlin et al.: Springer. WIEDEMANN, J., 1996. Leichtbau 1: Elemente. 2. Auflage. Berlin et al.: Springer Verlag.
	Geänderte Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 5. Februar 2017. Changed module description accepted from academic department on 5 February 2017.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Management industrieller Produktion

Management of Industrial Production

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-09-5040	4 CP	120 h	97 h	1 Semester	WS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr.-Ing. J. Metternich

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Management industrieller Produktion	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

"Wie funktioniert ein Industriebetrieb?" Dies soll in dieser Vorlesung praxisorientiert aufzeigt werden. Inhalte sind: Chancen & Herausforderungen zukünftiger Produktion; Unternehmensleitung und strategische Ausrichtung; Produktentstehungsprozess; Fabrikplanung und Arbeitsvorbereitung; Produktionsplanung und –steuerung; Produktivitätsmanagement; Automatisierung in der Fertigung; Instandhaltung und Qualitätswesen.
Die Vorlesung soll helfen, Abläufe und Prozesse in einem Unternehmen zu verstehen.

"How to run an industrial plant?" This question will be answered by this lecture on a practical basis. Contens of this course: Challenges and Chances of future industrial production; management and strategy; business organisations; product development process; factory layout design; production planning and control; productivity management; automation; maintenance; quality management.
The lecture should help to understand processes and procedures in a company.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Herausforderungen und Chancen der zukünftigen Produktion zu verstehen und wiederzugeben.
2. Geeignete Formen der Unternehmensorganisation abzugrenzen und deren Vor-/Nachteile zu benennen.
3. Grundsätze der Unternehmensleitung wiederzugeben.
4. Prinzipien der Werks- und Arbeitsplatzplanung zu kennen und anzuwenden.
5. Die grundlegenden Abläufe in der Produktionsplanung und –steuerung zu erklären.
6. Die methodische Vorgehensweise des Produktivitätsmanagements in einem Industriebetrieb anzuwenden.
7. Vor- und Nachteile von Automatisierungskonzepten in der Fertigung abzuschätzen.
8. Organisationsformen und Strategien der Instandhaltung auf ein Fallbespiel anzuwenden.
9. Wesentliche Methoden des Qualitätsmanagements in ihren Grundzügen zu verstehen.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Understand and recall Challenges and Chances of future industrial production.
2. Enclose different forms of business organisations by their advantages and disadvantages.
3. Express the management principles of industrial production.
4. Know and apply principles to design the factory layout and the workspace.
5. Explain the fundamental processes of production planning and control.
6. Use the methods to support productivity management in an industrial plant.

	7. Estimate the advantages and disadvantages of automation. 8. Apply different maintenance strategies in a case study. 9. Understand the basic features of the essential methods of quality management.
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** Keine / none
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Klausur 90 min / Written exam 90 min.
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE II (Kernlehrveranstaltungen aus dem Maschinenbau) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature** Skript (im PTW-Sekretariat erhältlich) Lecture notes (available at the PTW Secretariat)

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Maschinen der Umformtechnik I

Forming Machines I

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-22-5050	2 CP	60 h	44 h	1 Semester	SS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr.-Ing. P. Groche

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Maschinen der Umformtechnik I	Vorlesung / Lecture	11 h (1 SWS)
-ue	Maschinen der Umformtechnik I	Übung / Recitation	5 h (0,5 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Grundlagen zu Umformmaschinen; Weggebundene Pressen (Kenngrößen, Aufbau, Komponenten, Auslegung)

Fundamentals of forming machines; path-driven presses, parameters, design, components, construction.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Die grundlegende Entwicklung, Einteilung und den Aufbau von Umformmaschinen zu beschreiben und zu erklären.
2. Wirkprinzipien weggebundene Pressen zu erklären.
3. Maschinen zu analysieren und weggebundene Pressen auszulegen.
4. Alternative Aufbauvarianten zu entwickeln.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Describe and explain the evolution, general classification, and construction of forming machines.
2. Explain working principles of path-driven presses.
3. Analyze and design path-driven presses.
4. Develop alternative concepts and components.

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

5 Prüfungsform / Assessment methods

Schriftliche & mündliche Prüfung 15/15 min / Written and oral exam 15/15 min.

6 Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points

Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.

7 Benotung / Grading system

Standard (Ziffernote) / Number grades

8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE II (Kernlehrveranstaltungen aus dem Maschinenbau) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature** Download von Vorlesungsfolien von der Internetseite des PTU Lecture notes are available during the course.
	Geänderte Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 15. Dezember 2015. Changed module description accepted from academic department on 15 December 2015.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Maschinen der Umformtechnik II

Forming Machines II

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-22-5060	2 CP	60 h	44 h	1 Semester	SS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr.-Ing. P. Groche

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Maschinen der Umformtechnik II	Vorlesung / Lecture	11 h (1 SWS)
-ue	Maschinen der Umformtechnik II	Übung / Recitation	5 h (0,5 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Kraftgebundene Pressen, Hydraulische Pressen, Kenngrößen, Antriebe, Pumpen, Ventile, Steuerung; Arbeitsgebundene Pressen, Hämmer, Spindelpressen; neue Maschinenkonzepte

Force-driven presses, hydraulic presses, parameters, drives, pumps, valves, control; energy-driven presses, hammers, fly presses; new machine concepts.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Wirkprinzipien kraftgebundener und arbeitsgebundener Umformmaschinen, insbesondere hydraulischer Pressen, Hämmer und Spindelpressen, zu erklären.
2. Neue Maschinenkonzepte zu bewerten.
3. Komponenten von kraft- und arbeitsgebundener Pressen auszulegen.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Explain working principles of force-driven and distance-driven presses, especially hydraulic presses, hammers and fly presses.
2. Evaluate new machine concepts.
3. Design different components of force-driven and distance-driven presses.

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

5 Prüfungsform / Assessment methods

Schriftliche & mündliche Prüfung 15/15 min / Written and oral exam 15/15 min.

6 Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points

Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.

7 Benotung / Grading system

Standard (Ziffernote) / Number grades

8 Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme

WPB Master MPE II (Kernlehrveranstaltungen aus dem Maschinenbau)

	WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature** Vorlesungsskript ist während der Vorlesung erhältlich. Lecture notes are available during the course.
	Geänderte Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 15. Dezember 2015. Changed module description accepted from academic department on 15 December 2015.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Mechanik elastischer Strukturen I

Mechanics of Elastic Structures I

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-61-5020	6 CP	180 h	135 h	1 Semester	WS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr.-Ing. W. Becker

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Mechanik elastischer Strukturen I	Vorlesung / Lecture	34 h (3 SWS)
-ue	Mechanik elastischer Strukturen I	Übung / Recitation	11 h (1 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Grundlagen (Spannungszustand, Verzerrungen, Elastizitätsgesetz)
Ebene Probleme (Scheibengleichung, Lösungen, Anwendungsbeispiele)
Platten (Kirchhoffsche Plattentheorie, Lösungen, orthotrope Platte, Mindlinsche Plattentheorie)
Ebene Laminate (Einzelschicht-Verhalten, Klassische Laminattheorie, Hygrothermische Probleme)

Fundamentals (stress state, strain, constitutive material behaviour); In-plane problems (bipotential equation, solutions, examples); bending plate problems (Kirchhoff's plate theory, solutions, othotropic plates, Mindlin's plate theory); planar laminates (single ply behaviour, classical laminate plate theory, hygrothermal problems).

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Die grundlegenden Gleichungen der Elastizitätstheorie herzuleiten und zu formulieren.
2. Elastizitätstheoretische Randwertprobleme zu formulieren und zu lösen.
3. Die Scheibengleichung herzuleiten und anzuwenden, insbesondere auf einfache technisch relevante Probleme wie die gelochte Scheibe.
4. Die Kirchhoffsche Plattentheorie auf einfache Plattenprobleme anwenden, zum Beispiel in Form der Navierschen Lösung oder der Levyschen Lösung.
5. Die klassische Laminattheorie auf einfache Probleme ebener Mehrschichtenverbunde anzuwenden, auch für den Fall hygrothermischer Lastfälle.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Derive and formulate the fundamental relations of the theory of elasticity.
2. Formulate and solve elasticity theoretical boundary value problems.
3. Derive and apply Airy's stress function relation, in particular for simple technically relevant problems like the plate with a circular hole.
4. Apply Kirchhoff's plate theory to simple plate problems, for instance in the form of Navier's solution or Levy's solution.
5. Apply classical laminate theory to simple problems of plane multilayer composite problems, also for the case of hygrothermal loading.

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

Technische Mechanik 1-3 empfohlen

Engineering Mechanics 1-3 recommended

5	**Prüfungsform / Assessment methods** Mündliche Prüfung (mit schriftlichem Bestandteil) 30 min / Oral exam including written parts 30 min.
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE II (Kernlehrveranstaltungen aus dem Maschinenbau) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik) Master Computational Engineering Master Mechanik
9	**Literatur / Literature** W. Becker , W., Gross, D.: Mechanik elastischer Körper und Strukturen. Springer-Verlag, Berlin, 2002; D. Gross, W. Hauger, W. Schnell, P. Wriggers: Technische Mechanik, Band 4: Hydromechanik, Elemente der Höheren Mechanik, numerische Methoden“, Springer Verlag, Berlin, 1. Auflage 1993, 5. Auflage 2004

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Mechanik elastischer Strukturen II

Mechanics of Elastic Structures II

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-61-5030	6 CP	180 h	135 h	1 Semester	SS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7.**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr.-Ing. W. Becker

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Mechanik elastischer Strukturen II	Vorlesung / Lecture	34 h (3 SWS)
-ue	Mechanik elastischer Strukturen II	Übung / Recitation	11 h (1 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Ebene Laminate (Festigkeit, höhere Theorien, Mikromechanik, Randeffekt, Sandwich-Bauweise), Rotationsschalen (Biegetheorie, Membrantheorie, Kreiszylinderschale, Kugelschale), Räumliche Probleme (Einzelkraftlösungen, Einschlüsse), Variations und Energieprinzipien (allgemeiner Arbeitssatz, Extremalprinzipien, Methode der finiten Elemente, Randelemente-Methode)

Plane laminates (strength, higher-order theories, micromechanics, edge effect, sandwich construction), shells of revolution (bending theory, membrane theory, cylindrical shell, spherical shell), spatial problems (single force solutions, inclusions), variation and energy principles (general work theorem, variational principles, finite element method, boundary element method).

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Faserverstärkte Laminate mithilfe der wichtigsten Versagenskriterien hinsichtlich der Festigkeit auszulegen
2. Einfache Schalenprobleme mit Hilfe der Membrantheorie, der technischen Biegetheorie oder der Behältertheorie zu lösen.
3. Die gängigsten dreidimensionalen Grundlösungen der Elastizitätstheorie anzuwenden.
4. Die wichtigsten Energiemethoden der Elastizitätstheorie herzuleiten und anzuwenden.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Apply the most important failure criteria for fibre-reinforced laminates in order to assess the laminates in regard to strength.
2. Solve simple shell problems by means of membrane theory, technical bending theory, or the theory of containers.
3. Apply the most common three-dimensional fundamental solutions of elasticity theory.
4. Derive and apply the most important energy methods of elasticity theory.

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

Mechanik elastischer Strukturen I empfohlen

Mechanics of elastic structures I recommended

5 Prüfungsform / Assessment methods

Mündliche Prüfung (mit schriftlichem Bestandteil) 30 min / Oral exam including written parts 30 min.

6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik) Master Computational Engineering Master Mechanik
9	**Literatur / Literature** W. Becker , W., Gross, D.: Mechanik elastischer Körper und Strukturen. Springer-Verlag, Berlin, 2002; D. Gross, W. Hauger, W. Schnell, P. Wriggers: "Technische Mechanik, Band 4: Hydromechanik, Elemente der Höheren Mechanik, numerische Methoden", Springer Verlag, Berlin, 1. Auflage 1993, 5. Auflage 2004

Modulbeschreibung / Module description

<table>
<tr><td colspan="6">Modulname / Module Title
Mechanische Trennverfahren

Mechanical separation processes</td></tr>
<tr><td>Modul Nr. / Code
16-16-3254</td><td>Credits
4 CP</td><td>Arbeitsaufwand / Work load
120 h</td><td>Selbststudium / Individual study
97 h</td><td>Moduldauer / Duration
1 Semester</td><td>Angebotsturnus / Semester
SS</td></tr>
<tr><td colspan="3">Sprache / Language: Deutsch / German
Level (EQF/DQR): 7</td><td colspan="3">Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator
Prof. Dr.-Ing. S. Schabel</td></tr>
<tr><td>1</td><td colspan="5">Kurse des Moduls / Courses
<table>
<tr><th>Kurs Nr. / Code</th><th>Kursname / Course Title</th><th>Lehrform / Form of teaching</th><th>Kontaktzeit / Contact hours</th></tr>
<tr><td>-vl</td><td>Mechanische Trennverfahren</td><td>Vorlesung / Lecture</td><td>23 h (2 SWS)</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>2</td><td colspan="5">Lehrinhalt / Syllabus

Grundlagen und Mikroprozesse: Beschreibung von Partikelsystemen mit Populationsbilanzen und der Diskreten-Elemente-Methode, Relativbewegung von Partikeln in einem Fluid und Partikelströmungen, Turbulente Transportprozesse, Kennzeichnung der Güte eines Trennprozesse und Trennfunktion, Trennprozess-Modelle für komplexe Materialgemische
Grundlagen zur Anlagendimensionierung- und Auslegung
Konzeption und Dimensionierung von Anlagen aus mehreren und mehrstufigen Trennprozessen (incl. rückgekoppelter Systemen).
Physikalische Grundlagen für folgende Trennprozesse: Klassieren, Sortieren, Magnet-und Wirbelstromtrennung, Flotation, Filtration mit dem Schwerpunkt „Abtrennung feinster Partikel“, optische Sortierung.
Analyse und Synthese von Anlagenkonzepten
Simulation von Anlagen bestehend aus mehreren Einzelprozessen, auch mit rückgekoppelten Prozessen auf Basis von Populationsbilanzen und mehrdimensionalen Trennfunktionen mit Matlab. Anwendung der Anlagenmodelle für die Prozessoptimierung.

Fundamentals and micro-processes: description of particle systems with population balances and by the discrete-element-method; motion of particles and particles in fluids; turbulent particle transport; description of separation processes; separation functions, separation models for complex mixtures.
Fundamentals of process design
Design and dimensioning of processes consisting of single and multi-step separation processes (including feedback designs).
Physical fundamentals for classification, sorting, magnet- and eddy-current sorting, flotation, filtration and optical sorting.
Analysis and design of mechanical separation processes
Simulation of processes consisting of several unit processes including feedback loops on the basis of population balances and multidimensional separation functions with Matlab. Utilisation of such process models for optimisation</td></tr>
<tr><td>3</td><td colspan="5">Lernergebnisse / Learning Outcomes
Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:
1. Grundlagen zu Transportmechanismen von Partikeln in Gasen, Flüssigkeiten und Schüttgütern auf verfahrenstechnische Fragestellungen anzuwenden.
2. Aufgaben zur Trennung von komplexen, partikulären Systemen zu analysieren und in Anlagenkonzepte umzusetzen.
3. Mechanische Trennprozesse bei gegebener Fragestellung zu konzipieren, auszulegen und</td></tr>
</table>

	bestehende Prozesse hinsichtlich ihrer Funktionalität zu beurteilen. 4. Prozessmodelle für komplexe Anlagen aus mehreren Trennprozessen, auch mit rückgekoppelter Prozessführung in Matlab zu erstellen und solche Modelle zur Anlagenoptimierung anzuwenden. On successful completion of this module, students should be able to: 1. Apply fundamentals on transport phenomena for particles in gases, fluids and bulk materials on engineering problems. 2. Analyse complex problems of particle separation and derive process concepts and designs 3. Develope and design mechanical separation processes for given problems and evaluate existing processes. 4. Develope process models in Matlab for complex processes consisting of several unit processes including feedback loops and utilize such model for process optimisation.
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** Wünschenswert: Teilnahme an „Einführung in die mechanische Verfahrenstechnik" / recommended: Introduction into mechanical process engineering
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Mündliche Prüfung 30 bis 45 min / Oral exam 30 – 45 min.
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving credits** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Ziffernote / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master PST IV (Kernlehrveranstaltungen der Papiertechnik) WPB Master MPE II (Kernlehrveranstaltungen aus dem Maschinenbau)
9	**Literatur / Literature** Vorlesungsunterlagen und Material per Donwload / Lecture notes are available during the course Heinrich Schubert: “Handbuch der Mechanischen Verfahrenstechnik“, Bd. 1 und Bd. 2, Wiley-VCH, 2003
	Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 27. November 2018. Module description accepted from academic department on 27 November 2018.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Mechatronik und Assistenzsysteme im Automobil

Automotive Mechatronics and Assistance Systems

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-27-5040	6 CP	180 h	123 h	1 Semester	SS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr. rer. nat. H. Winner

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Mechatronik und Assistenzsysteme im Automobil	Vorlesung / Lecture	34 h (3 SWS)
-ue	Mechatronik und Assistenzsysteme im Automobil	Übung /Recitation	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Elektrische Energieversorgung, Hybrid- und Wasserstoffantriebe; Mechatronischer Triebstrang; Mechatronische Brems- und Lenksysteme; Fahrer- und Fahrerassistenzmodelle; Messverfahren der Sensorik; Fahrdynamiksensoren; Umgebungssensoren; infrastrukturabhängige Sensoren; Aktorik Motor, Bremse und Lenkung; Längsführungsassistenz; Querführungsassistenz; Informations- und Warnsysteme; Aktive Kollisionsschutzsysteme; Aktive und passive Sicherheit; Navigation und Telematik; Zukunft der Fahrerassistenzsysteme

Electric power supply and hybrid systems; drivetrain, brake and steering mechatronics; driver and driver assistance models; measurement techniques of sensors; vehicle dynamics sensors; surrounding sensors; infrastructure depending sensors; actuators for engine, brakes, and steering; longitudinal control assistance; lateral control assistance; information and warning systems; active collision protection systems, safety, navigation and telematics; future assistance systems.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Die Anforderungen an die elektrische Energieversorgung eines Fahrzeugs zu nennen und den Aufbau und die Wirkprinzipien der Hauptkomponente zu erklären.
2. Die Prinzipien verschiedener Arten von Hybridantrieben sowie die prinzipielle Funktionsweise einer Brennstoffzelle zu erklären.
3. Qualifiziert über die zukünftigen Antriebe und die Energiebereitstellung zu diskutieren.
4. Wirkungsprinzipien aktiver und mechatronischer Radaufhängungselemente sowie mechatronischer Triebstrang-, Brems- und Lenksysteme zu erläutern.
5. Fahrerassistenzsysteme hinsichtlich der Klasse und Wirkungsweise einzuordnen.
6. Die besonderen Schwierigkeiten der Umfelderfassung anzugeben und deren Folgen für die Nutzung zu erläutern.
7. Die Wirkkette der Sensoren von Detektion über Wahrnehmung bis Umweltrepräsentation für Ultraschall, Radar, Lidar und Video aufzuzeigen.
8. Die Grundfunktionen und die Funktionsgrenzen für automatisch agierende FAS und Kollisionsschutzsysteme zu erläutern.
9. Nutzen und Wirkungsweise von Kraftfahrzeug-Sicherheitssystemen zu veranschaulichen, den Hergang eines Unfalls zu beschreiben und die Grundzüge eines Crashtests aufzuzeigen.
10. Die Grundfunktion der für die Navigation im Fahrzeug notwendigen Module zu veranschaulichen und eine Diskussion zum Stand und der Aussicht von Verkehrstelematiksystemen und Assistenzsystemen qualifiziert zu führen.

	On successful completion of this module, students should be able to: 1. List the requirements for a vehicle's electrical power supply system and explain the structure and principles of its main components. 2. Illustrate different types of hybrid-electric power trains and the mode of operation of a fuel cell. 3. Conduct a competent discussion about the future power train concepts as well as future power supply systems. 4. Illustrate the operating mode of active and mechatronical suspension, power train, brake, and steering components. 5. Classify driver assistance systems according to their category and operating mode. 6. Indicate special difficulties at recognising the vehicle's surrounding field and describe the consequences of these difficulties for the system utilisation. 7. Explain the effect chain of the sensors from detection over perception up to surrounding field representation for ultrasonic, radar, lidar, and video. 8. Describe the basic functions and the function limits of automatically acting driver assistance systems and collision mitigation systems. 9. Evaluate the benefits and modes of action of vehicle safety systems and illustrate the course of an accident and describe a crash test. 10. Illustrate the function of the modules necessary in the vehicle for navigation and conduct a competent discussion about the state of the art and the prospects of traffic telematics systems and assistance systems.
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** Kraftfahrzeugtechnisches Grundlagenwissen Fundamentals of automotive engineering
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Schriftliche Prüfung 90 min oder mündliche Prüfung 45 min / Written exam 90 min or oral exam 45 min
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE II (Kernlehrveranstaltungen aus dem Maschinenbau) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik) WI/MB, MSc Traffic&Transport, (Vertiefungsmodul FB16, ggf. Auflage), Master Mechatronik, MSc. Informatik (Anwendungsfach Fahrzeugtechnik, Spezialisierung
9	**Literatur / Literature** Skriptum zur Vorlesung, e-Learning Angebot bei Moodle Manuscript; e-Learning Materials via Moodle
	Geänderte Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 15. Dezember 2015. Changed module description accepted from academic department on 15 December 2015.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Mechatronische Systemtechnik I

Mechatronic Systems I

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-24-5020	4 CP	120 h	74 h	1 Semester	WS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr.-Ing. S. Rinderknecht

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Mechatronische Systemtechnik I	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)
-ue	Mechatronische Systemtechnik I	Übung / Recitation	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Strukturdynamik für mechatronische Systeme; Regelstrategien für mechatronische Systeme; Komponenten mechatronischer Systeme: Aktoren, Verstärker, Regler, Mikroprozessoren, Sensoren.

Structural dynamics for mechatronic systems; control strategies for mechatronic systems; components for mechatronic systems: actuators, amplifier, controllers, microprocessors, sensors.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Die strukturdynamischen Gleichungen der mechanischen Komponenten aufzustellen.
2. Die passenden Regler für starre und elastische Systemkomponenten auszulegen.
3. Mechatronische Gesamtsysteme (Regelkreis) unter vereinfachter Berücksichtigung von Sensoren und Aktoren zu simulieren.
4. Das Verhalten mechatronischer Gesamtsysteme zu erklären.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Model the structural dynamic components.
2. Design the best suited controllers for rigid and elastic system components.
3. Simulate complete mechatronic systems (control loops) under simplified considerations for actuators and sensors.
4. Explain the static and dynamic behaviour of the mechatronic system.

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

5 Prüfungsform / Assessment methods

Mündliche Prüfung 20 min / Oral exam 20 min.

6 Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points

Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.

7 Benotung / Grading system

Standard (Ziffernote) / Number grades

8 Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme

WPB Master MPE II (Kernlehrveranstaltungen aus dem Maschinenbau)

	WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature** Skriptum lectures notes
	Änderung der Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 28. November 2017. Changed module description accepted from academic department on 28 November 2017.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Mechatronische Systemtechnik II

Mechatronic Systems II

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-24-5030	4 CP	120 h	74 h	1 Semester	SS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr.-Ing. S. Rinderknecht

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Mechatronische Systemtechnik II	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)
-ue	Mechatronische Systemtechnik II	Übung / Recitation	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Aktorik; Mensch-Maschine-Schnittstelle; Entwicklungsmethodik; Systemintegration.

Actuators; Human-Machine-Interface; development methods, system integration.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Funktionsprinzipien elektromagnetischer, elektrodynamischer und piezoelektrischer Aktoren zu erklären und diese begründet einsetzen.
2. Die Grundprinzipien unterschiedlicher Mensch-Maschine-Schnittstellen anhand von Beispielen zu erklären.
3. Methodik und Anforderungen bei der Entwicklung von komplexen mechatronischen Systemen zu beschreiben.
4. Mechatronisches Systemdenken zum Zwecke der Systemintegration und Optimierung auf unterschiedliche Beispiele anzuwenden.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Explain the functional principles of electromagnetic, electrodynamic, and piezoelectric actuators and reasonably apply these.
2. Explain the general principles of human-machine-interfaces on the basis of examples.
3. Describe methods and requirements for the development of complex mechatronic systems.
4. Apply mechatronic system thinking for the purpose of system integration and optimization of different examples.

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

Grundlagen in Mechatronik, Technischer Mechanik, Elektrotechnik und Regelungstechnik sind erforderlich.

Basic knowledge of mechatronics, engineering mechanics, electrical engineering and control engineering is required.

5 Prüfungsform / Assessment methods

Mündliche Prüfung 20 min / Oral exam 20 min.

6 Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points

Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.

7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE II (Kernlehrveranstaltungen aus dem Maschinenbau) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature** Handouts zur Vorlesung werden im Intranet zum Herunterladen bereitgestellt. Nordmann, R.; Birkhofer, H.: Maschinenelemente und Mechatronik I. Schröder, D.: Elektrische Antriebe - Grundlagen. Bertsche, B.; Naunheimer, H.; Lechner, G.: Fahrzeuggetriebe. Löw, P.; Pabst, R.; Petry, E.: Funktionale Sicherheit in der Praxis. Lecture handouts can be downloaded in the intranet. Nordmann, R.; Birkhofer, H.: Maschinenelemente und Mechatronik I. Schröder, D.: Elektrische Antriebe - Grundlagen. Bertsche, B.; Naunheimer, H.; Lechner, G.: Fahrzeuggetriebe. Löw, P.; Pabst, R.; Petry,
	Änderung der Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 29. Oktober 2019. Changed module description accepted from academic department on 29 October 2019.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Modellierung turbulenter Strömungen

Modeling of Turbulent Flows

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-71-3024	8 CP	240 h	172 h	1 Semester	SS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr.-Ing. C. Hasse

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Modellierung turbulenter Strömungen	Vorlesung / Lecture	45 h (4 SWS)
-ue	Modellierung turbulenter Strömungen	Übung / Recitation	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Kontinuumsmechanik (Transportgleichungen), Grundlagen der Turbulenz (Eigenschaften, Zeit und Längenskalen, mathematische Grundlagen, spektrale Sichtweise), statistische Turbulenzmodellierung (RANS), Direkte Numerische Simulation, Grobstruktur-Simulation (Filterungsoperationen, Modellierung, Modellauswahl).

Continuum mechanics (transport equations), basics of turbulence (properties, mathematical basics, time and length scales, spectral perspective), statistical turbulence modeling(RANS), Direct Numerical Simulation, Large Eddy Simulation (filtering, modeling, dynamic models, choice of model).

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Transiente Strömungsphänomene und Erscheinungsformen der Turbulenz zu beschreiben.
2. Die mathematischen Grundlagen und Kennzahlen der Turbulenz zu erläutern.
3. Die beschreibenden Gleichungen sowie ihre Modellierungsformen herzuleiten und anhand grundlegender Strömungstypen zu interpretieren.
4. Die wichtigsten technischen Strömungstypen zu erkennen und zu charakterisieren.
5. Die Dynamik turbulenter Strömungen sowie ihre beschreibenden mathematischen Methoden zu erläutern.
6. Die grundlegenden Modelle der modernen Strömungsberechnungsprogramme zu erläutern, korrekt anzuwenden und die Ergebnisse zu bewerten.
7. Die Auflösungsbedingungen der Direkten Numerischen Simulation zu erklären und die damit verbundenen Anforderungen an Hochleistungsrechner abzuschätzen.
8. Die Grundlagen und Modellierungsansätze der Grobstruktursimulation zu erläutern und anzuwenden.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Describe transient flow phenomena and their forms of appearance.
2. Explain the mathematical background and flow parameters of turbulence.
3. Derive the describing governing equations as well as their modeled form and interpret them by means of fundamental types of flows.
4. Recognize and characterize the most important types of technical flows.
5. Depict the dynamics of turbulent flows and elucidate the mathematical methods for their description.
6. Describe the fundamental models within modern flow solvers, apply them correctly, and assess their results.

	7. Explain the resolution requirements of the Direct Numerical Simulation and therewith estimate its resource demands for high performance computers. 8. Elucidate and apply the fundamentals and modeling approaches of the Large Eddy Simulation.
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** Vorlesung Technische Strömungslehre empfohlen Fundamental Fluid Mechanics recommended
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Mündliche Prüfung 30 min / Oral exam 30 min.
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE II (Kernlehrveranstaltungen aus dem Maschinenbau) WPB Master PST III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft)
9	**Literatur / Literature** Vorlesungsfolien werden in Moodle bereitgestellt. Weiterführende Literatur wird in der Vorlesung erläutert. Lecture slides will be made available via Moodle. Further literature will be outlined in the lecture.
	Geänderte Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 14. Juli 2020 (Namensänderung) und 6. Februar 2018 (Modulverantwortlicher Prof. Dr.-Ing. J. Janicka bis einschließlich SoSe 2017 [16-13-5070]) Changed Module description accepted from academic department on 14. July 20202 and 6 February 2018. (Module Co-ordinator summer until semester 2017: Prof. Dr.-Ing. J. Janicka [16-13-5070])

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Multiskalen-Methoden in der numerischen Mechanik

Multiscale Methods in Computational Mechanics

Modul Nr. / Code	Credits	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-73-3134	4 CP	120 h	86 h	1 Semester	SoSe

Sprache / Language: Englisch / English **Level (EQF/DQR)**: 7	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr. rer. nat. O. Weeger

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Multiscale Methods in Computational Mechanics	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)
-ue	Multiscale Methods in Computational Mechanics	Übung / Recitation	11 h (1 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Grundlegende Konzepte der mathematischen Modellierung von physikalischen Phänomenen und Materialien über verschiedene Zeit- und Längenskalen; Anwendungen von Multiskalen-Modellierung und Simulation in der Mechanik im Bereich von Materialmodellierung und -entwicklung, Kompositen Metamaterialien und Gitterstrukturen; Grundlagen der kontinuumsmechanischen Modellierung und Finite Elemente Analyse; Methoden zur Kopplung von Mikro- und Makro-Skalen; Analytische und numerische Homogenisierungsmethoden anhand von Einheitszellen / repräsentativen Volumenelementen; Sequenzielle und simultane Multiskalen-Finite Elemente Methoden (Gebietszerlegung/Multigrid, homogenisierte Konstitutivgesetze, FE^2); Lineare und nichtlineare Multiskalen-FEM für elastische Zwei-Skalen-Probleme.

Fundamental concepts of mathematical modelling of physical phenomena and materials over disparate time and length scales; Applications of multiscale modeling and simulation in mechanics for material modeling and development, composites, metamaterials and lattice structures; Fundamentals of continuum mechanics modeling and finite element analysis; Methods for coupling of micro and macro scales; Analytical and numerical homogenization methods based on unit cells / representative volume elements; Sequential and concurrent multi-scale finite element methods (domain decomposition/multigrid, homogenized constitutive models, FE^2); Linear and nonlinear multi-scale FEM for elastic two-scale problems.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Die Grundlagen der mathematischen Modellierung von Multiskalen-Effekten zu erläutern
2. Einfache Multiskalen-Modelle und numerische Lösungsmethoden zu diskutieren und im Bezug auf spezifische Anwendungen zu evaluieren
3. Die Grundlagen der kontinuumsmechanischen Modellierung und Finite Elemente Methode zu beschreiben
4. Kontinuumsmechanische Multiskalen-Modelle und die Konzepte der Mikro-Makro-Skalen Kopplung zu erläutern
5. Analytische Homogenisierungsmethoden für Komposite zu erläutern und anzuwenden
6. Numerische Homogenisierungsmethoden zu erläutern und anzuwenden
7. Randbedingungen für die Homogenisierung von Einheitszellen / repräsentativen Volumenelementen zu formulieren
8. Verschiedene sequenzielle und simultane Multiskalen-Finite Elemente Methoden und deren Implementierung im für elastische Zwei-Skalen-Probleme zu erläutern

On successful completion of this module, students should be able to:

	1. Describe the foundations of mathematical modelling of multiscale phenomena 2. Discuss simple multiscale models and numerical solution methods and evaluate them with respect to specific applications 3. Describe the basics of continuum mechanical modelling and the finite element method 4. Explain multiscale continuum mechanics models and concepts of micro-macro-scale coupling 5. Describe and apply analytical homogenization methods for composites 6. Explain and apply numerical homogenization methods 7. Formulate boundary conditions for homogenization using unit cells / representative volume elements 8. Explain different types of sequential and concurrent multiscale finite element methods and their implementation for elastic two-scale problems
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** Technische Mechanik, Numerische Mathematik und Numerische Berechnungsverfahren empfohlen; Grundwissen in Finite Elemente Methoden vorteilhaft Fundamental Mechanics, Numerical Mathematics and Numerical Methods recommended; Basic knowledge of finite element methods is of advantage
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Schriftliche Prüfung (90 min) oder mündliche Prüfung (30 min) / Written exam (90 min) or oral exam (30 min)
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving credits** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote)/ Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE II (Kernlehrveranstaltungen aus dem Maschinenbau) Master PST WPB III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik) Master Computational Engineering Master Mechanik Master Mechatronik
9	**Literatur / Literature** T. I. Zohdi and P. Wriggers: An Introduction to Computational Micromechanics. Springer, 2008 G. Panasenko: Multi-scale Modelling for Structures and Composites. Springer, 2005 Y. Efendiev and T. Y. Hou: Multiscale Finite Element Methods: Theory and Applications. Springer, 2009
	Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 5. Februar 2019. Module description accepted from academic department on 5 February 2019.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Nano- und Mikrofluidik I

Nano- and Microfluidics I

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-15-5190	4 CP	120 h	86 h	1 Semester	WS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr. rer. nat. S. Hardt

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Nano- und Mikrofluidik I	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)
-ue	Nano- and Microfluidics I	Übung / Recitation	11 h (1 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

1. Grundgleichungen der Kontinuums-Fluiddynamik
2. Druckgetriebene Strömungen
3. Elektrokinetische Strömungen
4. Molekulardynamik
5. Experimentelle Charakterisierung von Mikroströmungen
6. Anwendungen

1. Fundamental equations of continuum fluid dynamics
2. Pressure-driven flow
3. Electrokinetic flow
4. Molecular dynamics
5. Experimental characterization of micro flows
6. Applications

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Elementare Strömungsfelder von druckgetriebenen und elektrokinetischen Strömungen zu berechnen.
2. Einfache mikrofluidische hydraulische Netzwerke auszulegen.
3. Die Grenzen der Kontinuumsmodellierung von Flüssigkeiten identifizieren können.
4. Die Grundzüge der Molekulardynamik-Methode und deren Beschränkungen erklären zu können.
5. Mit Hilfe des Prinzips der Entropiemaximierung einfache Modelle für Polymerkonfigurationen und Polymerdynamik zu formulieren.
6. Das Grundprinzip und die Beschränkungen der Micro-Particle-Image-Velocimetry-Methode zu erklären.
7. Elementare mikrofluidische Designkonzepte auf der Grundlage von Mikropumpen, Mikromischern und Mikroreaktoren zu formulieren.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Compute elementary flow fields of pressure-driven and electrokinetic flow.
2. Design simple microfluidic hydraulic networks.
3. Identify the limits of continuum models for liquids.
4. Explain the fundamentals and the limits of the molecular dynamics method.

	5. Formulate simple models for the configuration and dynamics of polymers based on the principle of entropy maximization. 6. Explain the fundamentals and the limits of the Micro-Particle-Image-Velocimetry method. 7. Formulate elementary microfluidic design concepts based on micropumps, micromixers and microreactors.
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** Grundkenntnisse in Fluiddynamik und zu Wärme- und Stofftransportprozessen Basic knowledge of fluid dynamics and heat and mass transport
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Mündliche Prüfung 30 min / Oral exam 30 min.
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE II (Kernlehrveranstaltungen aus dem Maschinenbau) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik) Master Mechatronik
9	**Literatur / Literature** Wird in der Vorlesung bekannt gegeben Will be anounced in the lecture

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Nano- und Mikrofluidik II

Nano- and Microfluidics II

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-15-5220	4 CP	120 h	86 h	1 Semester	SS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr. rer. nat. S. Hardt

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Nano- und Mikrofluidik II	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)
-ue	Nano- and Microfluidics II	Übung / Recitation	11 h (1 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

1. Gaskinetik
2. Grenzflächenströmungen
3. Partikelströmungen
4. Dispensiersysteme
5. Kühlsysteme
6. Tropfenmanipulation
7. Partikeltrennung

1. Gas kinetics
2. Interfacial flows
3. Particulate flows
4. Dispensing systems
5. Cooling systems
6. Droplet manipulation
7. Particle separation

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Zu erklären, wie sich die Dynamik von Gasen in Submikrometergeometrien von der entsprechenden makroskopischen Dynamik unterscheidet.
2. Wichtige physikalische Schlüsselphänomene zu erklären, die in Grenzflächenströmungen auf der Mikro- und Nanoskala eine Rolle spielen.
3. Die wichtigsten Mechanismen zu identifizieren, die für den Transport von Mikro- und Nanopartikeln relevant sind.
4. Designkonzepte für Dispensiersysteme anhand von spezifischen Anforderungen zu entwickeln.
5. Ein Kühlsystem anhand von spezifischen Anforderungen in elementarer Weise auszulegen.
6. Designkonzepte für tropfenbasierte Mikrofluidiksysteme anhand von spezifischen Anforderungen zu entwickeln.
7. Geeignete Methoden zur Partikelseparation anhand von spezifischen Anforderungen zu identifizieren.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Explain how the dynamics of gases on the submicron scale is different from the corresponding

	macroscopic dynamics. 2. Explain how important physical phenomena play a role in interfacial flows on the micro- and nanoscale. 3. Identify the most important mechanisms that are important for the transport of micro and nanoparticles. 4. Develop design concepts of dispensing systems meeting specific requirements. 5. Design a cooling system meeting specific requirements in an elementary manner. 6. Develop design concepts for droplet-based microfluidic systems meeting specific requirements. 7. Identify suitable methods for particle separation meeting specific requirements.
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** Grundkenntnisse in Fluiddynamik und zu Wärme- und Stofftransportprozessen. Basic knowledge of fluid dynamics and heat and mass transport.
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Mündliche Prüfung 30 min / Oral exam 30 min.
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE II (Kernlehrveranstaltungen aus dem Maschinenbau) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature** Wird in der Vorlesung bekannt gegeben. Will be anounced in the course.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Numerische Methoden der Technischen Dynamik

Numerical Methods of Applied Dynamics

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-25-5150	6 CP	180 h	135 h	1 Semester	SS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr.-Ing. B. Schweizer

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Numerische Methoden der Technischen Dynamik	Vorlesung / Lecture	34 h (3 SWS)
-ue	Numerische Methoden der Technischen Dynamik	Übung / Recitation	11 h (1 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Zeitschrittverfahren (Einschritt-/Mehrschrittverfahren) zur Lösung gewöhnlicher Differentialgleichungen (ODE-Systeme);
Einführung in die Theorie der Differential-Algebraischen Gleichungen (DAE-Systeme);
Numerische Methoden zur Lösung von DAE-Systemen.

Time integration methods (one-step/multistep methods) for the numerical solution of ordinary differential equations (ODE-systems);
Introduction in the theory of Differential-Algebraic Equations (DAE-systems);
Numerical methods for the solution of DAE-systems.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Die verschiedenen Verfahren zur numerischen Integration gewöhnlicher Differentialgleichungen (ODE) mathematisch zu beschreiben.
2. Die Genauigkeit und Stabilität der vorgestellten numerischen Integrationsverfahren zu bewerten.
3. Differential-algebraische Gleichungen (DAEs) unterschiedlicher Indizes für komplexe dynamische Systeme zu formulieren.
4. Die verschiedenen Verfahren zur numerischen Integration differential-algebraischer Gleichungen (DAEs) mathematisch zu beschreiben und zu beurteilen.
5. Mathematische Grundlagen zur rechnergestützen Simulation dynamischer Systeme bei praktischen Problemen anzuwenden.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Mathematically describe the different methods for the numerical integration of ordinary differential equations (ODE).
2. Judge the stability and the accuracy of the numerical integration methods.
3. Formulate the differential algebraic equations (DAEs) of different indices for complex dynamical systems.
4. Mathematically describe and evaluate the different methods for the numerical integration of differential algebraic equations (DAEs) .
5. Apply the mathematical principles for the computer-aided simulation of dynamical systems in practial problems.

4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** keine none
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Schriftliche Prüfung (120 min) oder mündliche Prüfung (30 min). Written exam (120 min) or oral exam (30 min).
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE II (Kernlehrveranstaltungen aus dem Maschinenbau) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik) Sonstige Studiengänge: WI/MB, Mechatronik, ETIT
9	**Literatur / Literature** [1] Eich-Soellner, E.; Führer, K.: „Numerical Methods in Multibody Dynamics“, Teubner, 1998. [2] Hairer E., Wanner G.: „Solving Ordinary Differential Equations I and II“, Springer Verlag. [3] Jalon, G.; Bayo, E.: "Kinematic and Dynamic Simulation of Multibody Systems", Springer, 1994. [4] Schwarz, H.; Köckler, N.: „Numerische Mathematik“, 8. Auflage, Teubner, 2004. [5] Simeon, B.: "Computational Flexible Multibody Dynamics", Springer, 2013.
	Geänderte Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 9. Juni 2015. Workload bis einschließlich Sommersemester 2015: 4 CP. Module description in force with resolution of the academic department on 9 June 2015. Workload up to and including summer semester 2015: 4 CP.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Numerische Strömungssimulation

Numerical Simulation of Flows

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-19-5020	6 CP	180 h	135 h	1 Semester	WS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr. rer. nat. M. Schäfer

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Numerische Strömungssimulation	Vorlesung / Lecture	34 h (3 SWS)
-ue	Numerische Strömungssimulation	Übung / Recitation	11 h (1 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Grundlagen der kontinuumsmechanischen Strömungsmodellierung; numerische Gitter; Gittergenerierung; Finite-Volumen-Verfahren für komplexe Geometrien; Finite-Volumen-Verfahren für inkompressible Strömungen; Upwind-Verfahren; Flux-Blending; Druck-Korrektur-Verfahren; Berechnung turbulenter Strömungen; statistische Turbulenzmodellierung; k-eps-Modell; Lösung großer dünnbesetzer Gleichungssysteme; ILU-Verfahren; CG-Verfahren; Vorkonditionierung; Mehrgitterverfahren; paralleles Rechnen.

Basics of continuum mechanical flow modelling; numerical grids; grid generation; finite-volume methods for complex geometries; finite-volume methods for incompressible flows; upwind methods; flux-blending; pressure-correction methods; numerical methods for turbulent flows; basics of statistical turbulence modelling; k-eps model; sparse linear and nonlinear system solvers; ILU methods; conjugate gradient methods; preconditioning; multigrid methods; parallel computing.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Die Grundlagen der kontinuumsmechanischen Strömungsmodellierung zu erläutern.
2. Die Eigenschaften numerischer Gitter zu erklären und Methoden zu deren Generierung anzuwenden.
3. Finite-Volumen-Verfahren für komplexe Geometrien anzuwenden.
4. Finite-Volumen-Verfahren auf die Gleichungen für inkompressible Strömungen anzuwenden.
5. Upwind-Verfahren, Flux-Blending-Verfahren und Druck-Korrektur-Verfahren zu beschreiben und deren Funktionalität zu erläutern.
6. Die Methoden zur Berechnung turbulenter Strömungen zu beschreiben und die Grundlagen der statistischen Turbulenzmodellierung zu erklären.
7. Die wichtigsten Verfahren zur Lösung großer dünnbesetzer linearer und nichtlinearer Gleichungssysteme zu erklären und deren Effizienz einzuschätzen.
8. Die Prinzipien von Mehrgitterverfahren und die Grundlagen des parallelen Rechnens zu beschreiben.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Explain the basics of continuum mechanical flow modelling.
2. Explain the properties of numerical grids and to apply important methods for their generation.
3. Apply finite-volume methods to complex geometries.
4. Apply finite-volume methods for the simulation of incompressible flows.
5. Describe upwind methods, flux-blending methods, and pressure-correction methods and explain

	their functionality. 6. Explain general approaches for the computation of turbulent flows using statistical turbulence modelling. 7. State the most important methods for the solution of sparse linear and nonlinear systems and estimate their efficiency. 8. Describe the principles of multigrid methods and of parallel computing.
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** Numerische Mathematik und Numerische Berechnungsverfahren empfohlen Numerical Mathematics and Numerical Methods recommended
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Mündliche Prüfung 30 min / Oral exam 30 min.
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE II (Kernlehrveranstaltungen aus dem Maschinenbau) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik) Master Mechatronik
9	**Literatur / Literature** Schäfer, Numerik im Maschinenbau, Springer, 1999; Übungen im WWW; Schäfer, Numerical Methods in Engineering, Springer, 2006 Schäfer, Numerik im Maschinenbau, Springer, 1999; Exercises in WWW; Schäfer, Numerical Methods in Engineering, Springer, 2006

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Oberflächentechnik I

Surface Technologies I

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-08-5060	6 CP	180 h	146 h	1 Semester	WS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr.-Ing. M. Oechsner

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Oberflächentechnik I	Vorlesung / Lecture	34 h (3 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Einführung in die Oberflächentechnik; Begriffsdefinitionen; Funktionen von Oberflächen; technische Oberflächen; Korrosionsmechanismen: chemische, elektrochemische und metallpysikalische Korrosion; thermodynamische und kinetische Grundlagen der Korrosion; Passivierung; Erscheinungsformen elektrochemischer Korrosion: flächige Korrosion, lokale Korrosion, selektive Korrosion; Korrosion unter simultaner mechanischer Belastung; elektrochemische Methoden zur Erfassung und Quantifizierung der Korrosion; Korrosionsprüfung; aktiver und passive Korrosionsschutz; tribologische Systeme, tribologische Beanspruchung, Reibung und Reibungszustände; Verschleiß und Verschleißmechanismen; Verschleißmessgrößen und tribologische Prüfmethoden.

Introduction to surface technology; definitions; surface functions; technical surfaces; corrosion mechanisms: chemical, electro-chemical and metallurgical corrosion; thermodynamics and kinetics of corrosion; passivation, manifestations of electro-chemical corrosion: planar corrosion, local corrosion, selective corrosion; corrosion under simultaneous mechanical loading; electro-chemical methods to detect and quantify corrosion; corrosion testing; active and passive corrosion protection methods; tribo-systems, tribological loading states, friction and friction mechanisms, wear and wear mechanisms, measures to quantify wear and tribological testing measures.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Die primären und sekundären Funktionen von Oberflächen zu evaluieren und zu klassifizieren.
2. Die Unterschiede und Mechanismen unterschiedlicher Korrosionsarten zu erklären.
3. Die thermodynamischen und kinetischen Grundlagen der elektrochemischen Korrosion anzuwenden.
4. Die Erscheinungsformen der elektrochemischen Korrosion zu beurteilen.
5. Die Methoden zur Erfassung und Quantifizierung von Korrosion zu evaluieren und Prüfmethoden für eine gegebene Fragestellungen zu empfehlen.
6. Die aktiven und passiven Korrosionsschutzmaßnahmen zu beschreiben und für spezielle Anwendungen zu empfehlen.
7. Die Bestandteile eines tribologischen Systems zu benennen.
8. Verschleiß und Verschleißmechanismen zu benennen und anhand der Ausprägung eines Schadensbildes zu evaluieren.
9. Maßnahmen zur Änderung des Verschleißverhaltens vorzuschlagen.

After following this lecture the student will be able to

1. Evaluate and categorize primary and secondary functions of component surfaces.
2. Explain the differences and mechanisms of the various corrosion processes.

	3. Apply thermodynamic and kinetic principles describing electro-chemical corrosion processes. 4. Assess the appearance of electro-chemical corrosion reactions. 5. Evaluate methods to capture and quantify corrosion and recommend testing measures for a given task. 6. Describe active and passive corrosion protection measures and recommend suitable measures for a given application. 7. Describe the constituents of a tribo-system. 8. Describe wear and wear mechanisms and assess the wear mechanism for a given wear damage. 9. Recommend measures to modify the wear behavior.
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation**
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Mündliche Prüfung 30 min oder schriftliche Prüfung 45 min/ Oral exam 30 min or written exam 35 min.
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE II (Kernlehrveranstaltungen aus dem Maschinenbau) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature** M. Oechsner: Umdruck zur Vorlesung (Foliensätze). H. Kaesche, Korrosion der Metalle (Springer Verlag) K. Bobzin, Oberflächentechnik für den Maschinenbau (Wiley-VCH) E. Wendler-Kalsch, Korrosionsschadenkunde (VDI-Verlag)

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Produktinnovation

Product Innovation

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-05-5090	4 CP	120 h	74 h	1 Semester	SS - letztmalig WiSe 2020/21

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR):** 7	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr.-Ing. E. Kirchner und Dr.-Ing. H. Kloberdanz

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Produktinnovation	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)
-ue	Produktinnovation	Übung / Recitation	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Grundlagen zur Produktentwicklung und Strukturierung des Entwicklungsprozesses. Aufgabenklärung mithilfe von Prozessanalyse und Anforderungsliste, Konzeptentwicklung basierend auf einer funktionalen Strukturierung und mit Hilfe von Morphologie und Auswahlmethoden, gezielte Konkretisierung und analytische Bewertung, methodisches Entwerfen.

Basics of product development and structuring of the development process. Task clarification by means of process analysis and requirement lists, conceptual design based on a functional structuring and by means of morphology and selection methods, targeted concretisation and analytical assessment, systematic embodiment design.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Aufgabenstellungen mittels der Modellierung technischer Prozesse zu analysieren und die Entwicklungsaufgabe formal als Anforderungslisten zu beschreiben.
2. Die Produktidee mittels der Quality Function Deployment zu analysieren, zu beurteilen und einzuschätzen, welche Entwicklungsschwerpunkte gebildet und welche Entwicklungsstrategien angewendet werden sollen.
3. Das zu entwickelnde Produkt mittels Funktionsstrukturen abstrakt zu beschreiben und durch Variation der Funktionsstrukturen Innovationspotenziale zu generieren.
4. Unterschiedliche Methoden zur Lösungsfindung zu beurteilen und deren Einsatz falschspezifisch zu rechtfertigen.
5. Lösungen hinsichtlich innerer Eigenschaften zu analysieren, diese systematisch zu variieren und durch Neukombination innovative Lösungen zu entwickeln.
6. Teillösungen strukturiert in einem Morphologischen Kasten darzustellen und systematisch zu innovativen Gesamtlösungen zu kombinieren.
7. Konzeptvarianten zielgerichtet zu konkretisieren.
8. Auf Basis einer Auswahlliste Varianten auszuwählen, die Lösungen mittels einer analytischen Punktbewertung zu bewerten und darauf aufbauend eine fundierte Konzeptentscheidung zu treffen.
9. Die Grundlagen des methodischen Entwerfens und das grundsätzlichen Vorgehen beim Gestalten zu erklären und bei unterschiedlichen Entwurfsaufgaben zu praktizieren, durch Einsatz von Methoden zur Variation der Produktgestalt gezielt konstruktive Verbesserungen zu generieren.
10. Grundregeln, Gestaltungsprinzipien und -richtlinien zu erklären, gegenüberzustellen, bei

	unterschiedlichen Entwurfsaufgaben einzubeziehen und deren Relevanz im Hinblick auf eine günstige bzw. optimale Produktrealisierung einzuschätzen. On successful completion of this module, students should be able to: 1. Analyze design tasks using technical process models and describe them with requirements list. 2. Analyze and asses the product idea using quality function deployment and deduce further development goals and strategies. 3. Describe the product through the abstract formulation of its functional structure and generate innovation potentials by varying them. 4. Assess available methods to find solutions in order to select an appropriate one in context of a certain development task. 5. Analyze solutions regarding its inner properties, vary them systematically, and generate innovation by combining in a new way. 6. Map partial solutions with a morphological analysis and combine them systematically to an innovative solution 7. Purposeful and clearly define conceptual variants. 8. Select variants using a selection list, assess the solutions using a points system, and decide eloquently which concept to be considered within further development. 9. Know the basics of methodical embodiment design and the fundamental procedure of the detail design phase. Students should be also able to realize different embodiment design tasks through the application of design methodology to vary the products shape in order to implement specific design improvements. 10. Explain and compare basic rules, design principles and design guidelines, and consider them during several design tasks and rate their relevance regarding an appropriate as well as an optimum product realization.
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** ./:
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Schriftliche und mündliche Prüfung 60 min / Written and oral exam 60 min
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE II (Kernlehrveranstaltungen aus dem Maschinenbau) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature** Skript, ausgegeben durch das Fachgebiet / Script, issued by the institute
	Geänderte Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 13. Mai 2015 (Modulverantwortlicher: Dr. S. Gramlich). FBR-Beschluss am 3. Mai 2016: Prof. Dr.-Ing. E. Kirchner wird ab dem Wintersemester 2016/17 alleiniger Modulverantwortlicher. FBR-Beschluss am 18. Juli 2017: Mit--Modulverantwortlicher: Dr.-Ing. H. Kloberdanz. Module description accepted from academic department on 13 May 2015 (Module Co-ordinator: Dr. Gramlich) and 3 May 2016 (Module Co-ordinator: Prof. Dr.-Ing. E. Kirchner / Gramlich, from winter semester: Prof. Dr.-Ing. E. Kirchner) and 18 July 2017 (Module Co-ordinator: Prof. Dr.-Ing. E. Kirchner / Dr.-Ing. H. Kloberdanz).

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Prozesse der Papier- und Fasertechnik

Unit Operations of Paper and Fiber Material Production

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-16-3054	4 CP	120 h	97 h	1 Semester	WS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr.-Ing. S. Schabel

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Prozesse der Papier- und Fasertechnik	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Grundprozesse der Papiermaschine mit Blattbildung, mechanischer und thermischer Entwässerung und Oberflächenbehandlung, Verfahren zur Aufbereitung von bio-basierten Fasern und zur Herstellung von Fliesen und Verbundmaterialien

Unit operations of paper production with forming, mechanical, and thermal dewatering and coating, processing bio based fibers, and production of technical nonwovens

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Die technischen Zusammenhänge und Funktionen der verschiedenen Teilprozesse der Papierherstellung und der Herstellung technischer Vliese aus bio-basierten Fasern zu erklären.
2. Die Größenordnungen wichtiger physikalisch-technischer Größen wie z. B. Energieverbrauch, spezifische Produktion oder spezifischer Rohstoffeinsatz zu unterscheiden.
3. Die Wechselwirkungen zwischen Teilprozessen und deren gegenseitiger Beeinflussung durch rückgekoppelte Systeme, insbesondere Wasserkreisläufe zu beschreiben.
4. Produktionsanlagen für die Vlies- und Papierherstellung gemäß Spezifikation grundsätzlich zu konzipieren.
5. Strategien zur Lösung technischer Probleme in solchen Anlagen zu entwickeln.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Explain the technical aspects of the different unit operations for paper and nonwoven material production.
2. Operate with physical units such as specific energy consumption, specific production, or specific raw material consumption.
3. Describe interactions between unit operations and effects of coupled and feed back systems such as in process water loops.
4. Do basic design of production concepts for nonwoven and paper production based on specifications.
5. Develop concepts for solving technical problems in such processes.

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

5 Prüfungsform / Assessment methods

Mündliche Prüfung 30 bis 45 min / Oral exam 30-45 min.

6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE II (Kernlehrveranstaltungen aus dem Maschinenbau) Master PST Pflicht
9	**Literatur / Literature** Elektronisches Lehrmaterial über die Moodle-Lehrplattform Electronic teaching material via the Moodle platform
	Geänderte Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 5. Februar 2019. Changed module description accepted from academic department on 5 February 2019.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Raumfahrtsysteme und Raumfahrtbetrieb

Space Systems and Operations

Modul Nr. / Code	Credits	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-23-3194	4 CP	120 h	97 h	1 Semester	SoSe

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF/DQR)**: 7	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr.-Ing. R. Bertrand

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Raumfahrtsysteme und Raumfahrtbetrieb	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Aufbauend auf der Vorlesung „Grundlagen der Raumfahrtsysteme“ führt diese Vorlesung ein in Aufbau und Funktionen von Raumfahrtsystemen sowie in deren Betrieb und Nutzung. Typische Subsystemfunktionen für Energieversorgung, Lage- und Bahnregelung, Thermalkontrolle, Daten- und Kommunikationssysteme werden systematisch vorgestellt und deren ingenieurtechnische Umsetzung wird veranschaulicht. Prozesse und Systeme zum Betrieb bzw. zur Nutzung von Raumfahrtsystemen werden eingeführt. Besonderer Wert wird auf die überschlägige Dimensionierung aller Schlüsselfunktionen im Rahmen des Vorentwurfs von Raumfahrtsystemen gelegt.

Based on the course „Foundations of Space Systems“, this lecture will introduce into structures and functions of space stations as well as into space operations and utilisation. Typical subsystem functions such as power systems, attitude and orbit control systems, thermal control systems, data handling and communication systems will be presented in a systematic manner, together with the respective implementation in an engineering design. Another focus will be on processes and systems needed to operate and exploit space systems. Special emphasis will be given on conceptual design methods for all key functions in context of early design phases.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Den Aufbau eines Raumfahrtsystems mit der Untergliederung in typische Subsysteme zu erläutern.
2. Das Zusammenspiel von Subsystemen im Gesamtsystem sowie die ingenieurstechnische Umsetzung zu erklären.
3. Prozesse und Systeme zum Betrieb von Raumfahrtsystemen zu analysieren.
4. Die Schlüsselsubsysteme von Raumfahrzeugen im Rahmen eines Vorentwurfs auszulegen.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Reflect the structure of a space system with the typical break-down into subsystems.
2. Explain the interaction of system elements at sytem level together with the respective engineering solutions.
3. Analyse processes and systems needed to operate and exploit space systems.
4. Design of key subsystems of space systems in early design phases.

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

Erfolgreiche Teilnahme an der Vorlesung/Prüfung „Grundlagen der Raumfahrtsysteme“ empfohlen

Successful participation in the course/examination „Foundations of Space Stations“ recommended

5	**Prüfungsform / Assessment methods** Mündliche (20 min) oder schriftliche Prüfung (45-60 min) / Oral (20 min) or written exam (45-60 min).
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving credits** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote)/ Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE II (Kernlehrveranstaltungen) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft)
9	**Literatur / Literature** Messerschmid/Fasoulas: Raumfahrtsysteme, Springer Verlag - e-book Messerschmid/Bertrand: Raumstationen – Systeme und Nutzung, Springer Verlag Space Mission Analysis and Design, Space Mission Engineering, the new SMAD, Microcosm Press Human Space Mission Analysis and Design, Space Technology Library Spacecraft Operations, Springer Verlag
	Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 14. Juli 2020. Module description accepted from academic department on 14 July 2020.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Recycling und Aufbereitung des Papiers und biobasierter Faserwerkstoffe

Recycling of Paper and Biobased Fiber Material Production

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-16-3134	4 CP	120 h	97 h	1 Semester	SS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr.-Ing. S. Schabel

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Recycling und Aufbereitung des Papier und biobasierter Faserwerkstoffen	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Modellierung der Fließeigenschaften von Fasersuspensionen, vertiefte Behandlung der Prozesse für die Aufbereitung und das Recycling von Faserstoffen sowie zur Prozesswasserbehandlung (aerob/ anaerob); Optische und andere automatische Sortiertechniken; Modellierung von Stoffkreisläufen

Fiber suspension rheology, Processes for paper and fiber material recycling and treatment of process water (aerobic/ anaerobic); optical and other automatic sorting methods; modelling of raw material flows).

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Die Vorgehensweise bei der Lösung ingenieurwissenschaftlicher Fragestellungen aus dem Bereich der Aufbereitung von Faserstoffen und Recyclingrohstoffen durch Modellierung der physikalischen Effekte, Bilanzierung und Simulation zu benennen.
2. Verfahrenskonzepte für Aufbereitungsanlagen zu entwerfen und verschiedene Konzepte systematisch zu vergleichen.
3. Potenzial für technische Optimierungen der behandelten Prozesse zu erkennen und selbst Optimierungen vorzunehmen.
4. Die gelernten Lösungswege für Probleme der Aufbereitung von Papier und Faserstoffen auf neue Fragestellungen anzuwenden.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Find an appropriate approach for solving engineering problems in the field of paper and fiber material recycling by modelling physical effects, solving balance equations and utilising simulation.
2. Design process concepts for stock preparation and fiber material recycling systems and systematically compare different process concepts.
3. Identify potential for technically optimising the processes discussed and find optimised solutions.
4. Adapt the taught ways of solving problems in the field of paper and fiber material recyclingt to unknown problems.

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

5 Prüfungsform / Assessment methods

Mündliche Prüfung 30 min / Oral exam 30 min.

6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE II (Kernlehrveranstaltungen aus dem Maschinenbau) Master PST Pflicht
9	**Literatur / Literature** Elektronisches Lehrmaterial über die Moodle-Lehrplatform Electronic teaching material via the moodle-platform
	Geänderte Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 5. Februar 2019. Changed module description accepted from academic department on 5 February 2019.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Robotik in der Industrie: Grundlagen und Anwendungen

Robotics in Industry: Principles and Applications

Modul Nr. / Code	Credits	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-24-3124	4 CP	120 h	86 h	1 Semester	WS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF/DQR)**: 7	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr. D. Clever

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Robotik in der Industrie: Grundlagen und Anwendungen	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)
-ue	Robotik in der Industrie: Grundlagen und Anwendungen	Übung / Recitation	11 h (1 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Einführung in die Robotik: Kinematik, Dynamik, Regelung; Industrieroboter; Roboter Sicherheit; Mensch-Roboter-Kollaboration; von der Automatisierung zur Autonomisierung (Optimierung und maschinelles Lernen); Einblicke in die Industrie; Exkurs ins Patentrecht, insbes. in der Robotik (Gastvortrag); Übungsbetrieb teilweise als Blockveranstaltung, im 2 – 4 Wochen Takt.

Introduction to robotics: kinematics, dynamic, control; industrial robots; robot safety; human-robot collaboration; from automation to autonomization (optimization and machine learning); industry insights; digression into patent law particularly with regard to robotics (guest lecture); Exercise partly as a block event, every 2 - 4 weeks.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Den Mehrwert von Industrierobotern innerhalb von Produktionslinien und entlang der gesamten Wertschöpfungskette zu bewerten.
2. Bewegungsgleichungen für Manipulatoren herzuleiten und diese Gleichungen im Bereich von Bewegungsplanung und Regelung einzusetzen.
3. Verschiedene Sicherheitskonzepte mit Fokus auf Mensch Roboter-Zusammenarbeit zu kennen und diese situationsbedingt auszuwählen und anzupassen.
4. Optimierungs- und Lernpotential konkreter Robotikanwendungen zu erkennen und entsprechende Algorithmen auszuwählen und anzuwenden.
5. Das Vorgehen zum Schützen von eigenen Erfindungen im Bereich der Robotik zu beschreiben.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Evaluate the added value of industrial robots within production lines and along the entire value chain.
2. Derive equations of motion for manipulators and use these equations in the area of motion planning and control.
3. Know different safety concepts with focus on human robot cooperation and select / adapt them according to the situation.
4. Recognize the optimization and learning potential of concrete robotic applications and select / apply corresponding algorithms.
5. Be able to describe the procedure for protecting your own inventions in the fields of robotics.

4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation**
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Fakultativ mündlich/schriftlich (wird zu Beginn der Veranstaltung bekanntgegeben). Faculative oral/written (will be announced at the beginning of the term).
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving credits** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote)/ Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE II (Kernlehrveranstaltungen aus dem Maschinenbau) WPB Master PST III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) Master Mechatronik, Master Mechanik, Master Informatik, Master Autonome Systeme, Master Computational Engineering, Master Wirtschaftsinformatik
9	**Literatur / Literature** Handouts zur Vorlesung werden nach der jeweiligen Vorlesung zum Herunterladen bereitgestellt (moodle). Handouts for the lecture will be made available for download after each lecture (moodle).
	Geänderte Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 14. Juli 2020 - vorher WPB Master MPE III. Module description accepted from academic department on 14 July 2020 - - previously: WPB Master MPE III.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Rotordynamik

Rotordynamics

Modul Nr. / Code	Credits	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-25-5020	6 CP	180 h	135 h	1 Semester	WS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF/DQR)**: 7	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr.-Ing. B. Schweizer Prof. Dr.-Ing. R. Markert

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Rotordynamik	Vorlesung / Lecture	34 h (3 SWS)
-ue	Rotordynamik	Übung / Recitation	11 h (1 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Dynamik des starren Rotors; Auswuchten starrer Rotoren; Laval-Welle: äußere und innere Dämpfung, anisotrope Lagerung, unrunde Welle, Kreiseleinfluß, Gleitlager, Magnetlager, Fanglager, Riß; Mehrfach besetzte Welle; Kontinuierliche Welle; Auswuchten elastischer Rotoren: Einflußzahlenmethode, Modale Methode.

Dynamics of rigid rotors; balancing of rigid rotors; Jeffcot-rotor: external and internal damping, anisotropic flexible bearings, anisotropic shaft, gyroscopic effects, journal bearings, magnetic bearings, auxiliary bearings, cracked shaft; multibody rotor; continuous rotor; balancing of flexible rotors: method of influence coefficients, modal method.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Freie und erzwungene Biegeschwingungen (z.B. infolge Schlag und Unwucht) von LAVAL- und Mehrscheibenrotoren sowie von kontinuierlichen Rotoren zu berechnen und deren Stabilitätseigenschaften zu analysieren.
2. Die gängigen Auswuchtverfahren zu beschreiben und ihre Eignung für eine Auswuchtaufgabe zu bewerten.
3. Instationäre Phänomene in der Rotordynamik zu beschreiben und zu nutzen.
4. Verschiedene Phänomene den Systemeigenschaften (z.B. Dämpfung, Anisotropie, Gewicht, Riss, Gyroskopie) zuzuordnen, zu bewerten und abzuschätzen.
5. Die dynamischen Besonderheiten von verschiedenen Lagerungsarten (Gleitlager, Magnetlager, Fanglager etc.) zu beschreiben und damit Rotorsysteme auszulegen.
6. Phänomene, die bei Gyroskopie oder Anstreifen am Stator auftreten, einzuschätzen, zu nutzen oder zu vermeiden.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Calculate free and forced bending vibrations (e. g. due to plastic bow or unbalance) of Laval, multi-disc and continuous rotors and analyse the stability characteristics.
2. Describe the typical balancing methods and know their suitability for balancing tasks.
3. Describe nonstationary phenomena in rotordynamics and take advantage of them.
4. Assign different vibration phenomena to the system properties (z. B. damping, anisotropy, weight, crack, gyroscopic), to evaluate and assess them.
5. Know the dynamic characteristics of different bearing types (journal bearings, magnetic bearings,

	backup bearings, etc.) and apply them in rotor systems. 6. Identify phenomena which occur due to gyroscopics or rubbing and evaluate, take advantage or avoid them.
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** Gute Kenntnisse der Technischen Mechanik, der Mathematik und der Strukturdynamik sind empfohlen. Recommend: Knowledge of Mathematics, Engineering Mechanics and Structural Dynamics
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Mündliche Prüfung 50 min / Oral exam 50 min.
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving credits** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote)/ Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE II (Kernlehrveranstaltungen aus dem Maschinenbau) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature** Gasch, R.; Pfützner, H.: Rotordynamik. Springer-Verlag Berlin 1975. Markert, R.: Rotordynamik. Skript zur Vorlesung, 2005. Markert, R.: Strukturdynamik. Shaker Verlag, 2013 Die Übungsaufgaben sind im Vorlesungsskript enthalten. Lösungen werden in der Übung bereitgestellt. The lecture textbook contains the problems. Solutions will be provided in the class.
	Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 28. August 2015 und am 5. Juni 2018. Module description accepted from academic department on 28 August 2015 and on 5 June 2018.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Sichere Avioniksysteme

Avionics System Safety

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-23-5110	4 CP	120 h	97 h	1 Semester	SS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr.-Ing. U. Klingauf

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Sichere Avioniksysteme	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Operationelle Anforderungen an Flugführungssysteme, Aufbau von Flugführungssystemen, Architekturen und Auslegungsmethoden für zuverlässige Systeme, Pilotenassistenzsysteme im Cockpit, Human Factors.

Operational requirements for flight guidance systems, structure of flight guidance systems, architectures and design of safe systems, pilot assistance systems in the cockpit, human factors.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Die Grundlagen der automatisierten Flugdurchführung und der Mensch-Maschine Schnittstellen in modernen Flugzeugcockpits zu beschreiben.
2. Die grundlegenden Aspekte und Methoden bei der Auslegung sicherheitskritischer Systeme in der Flugführung zu erklären.
3. Die verschiedenen Systemarchitekturen zu unterscheiden.
4. Das komplexe Zusammenspiel von technischen Systemen, operationellen Abläufen und dem Menschen anhand des Beispiels Avioniksysteme zu beschreiben und zu diskutieren.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Elucidate the basics of automated flight and human-machine interfaces on the flight deck of modern aircraft.
2. Explain basic concepts and methods in the design of safety critical systems for flight guidance.
3. Differentiate between system architecture concepts.
4. Discuss the critical relations between technical systems, operations requirements and the human operator within the scope of avionics systems.

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

Keine; Empfohlen: Flugmechanik I, Grundlagen der Navigation I, Flugverkehrsmanagement und Flugsicherung, Systemzuverlässigkeit im Maschinenbau

5 Prüfungsform / Assessment methods

Mündliche Prüfung 20 min / Oral exam 20 min.

6 Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points

Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination

7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE II (Kernlehrveranstaltungen aus dem Maschinenbau) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature** C.C. Rodriges, S.K. Cusick: Commercial Aviation Safety, McGraw Hill 2011 Messerschmidt, Bölkow, Blohm (Hrsg.): Technische Zuverlässigkeit, Springer Verlag A. Meyna, G. Pauli: Zuverlässigkeitstechnik: Quantitative Bewertungsverfahren, Hanser 2. Auflage 2010

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Technical Operations Research – Optimierung von technischen Systemen

Technical Operations Research – Optimization of Technical Systems

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-10-5250	4 CP	120 h	74 h	1 Semester	WS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR):** 7	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr.-Ing. P. F. Pelz

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Technical Operations Research – Optimierung von technischen Systemen	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)
-ue	Technical Operations Research – Optimierung von technischen Systemen	Übung / Recitation	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Begriff und Entwicklung des TOR; Optimierungsmodell; Lineare Optimierung (u.a. Simplex-Algorithmus, Dualität); Graphentheoretische Grundlagen; Lösungsprinzipien der ganzzahligen und kombinatorischen Optimierung; Methoden zur stückweisen Linearisierung und Prinzipien zur nichtlinearen Optimierung; Dynamische Optimierung; Heuristiken und Blackbox-Optimierung; Optimierung unter Unsicherheit; Multikriterielle Optimierung; Modellierungsmethoden für technische Systeme

Meaning and evolution of TOR; Optimization models; Linear optimization (e.g. simplex-algorithm, duality); Graph-theoretic basics; Solution principles of integer and combinatorial optimization; Methods for piecewise linearzation and principles of nonlinear optimization; Dynamic optimization; - Heuristics and blackbox optimization; Optimization under uncertainty; Multicriteria optimization; Methods for modelling technical systems

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Entscheidungs- und Syntheseprobleme in Form von mathematischen Optimierungsmodellen zu formulieren und Lösungen für technische Probleme zu interpretieren.
2. Grundlegende mathematische Methoden zur Lösung von Optimierungsmodellen anzuwenden und die Einsetzbarkeit zur Lösung bestimmter Klassen von Optimierungsmodellen zu beurteilen.
3. Software des Operations Research zu entwickeln und zur Optimierung von technischen Systemen anzuwenden.
4. Die Leistungsfähigkeit eingesetzter Optimierungsalgorithmen zu bewerten.
5. Methoden bspw. von Fertigungsprozessen zu statischen Systemen und von Fluidsystemen zu Antriebssystemen zu transferieren.
6. Komponenten auf das Funktionsrelevante zu reduzieren.
7. Aus physikalisch-technischen Modellen mathematischen Optimierungsmodelle zu generieren.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Formulate decision- and synthesis problems in the framework of mathematical optimization models and to interpret solutions of technical problems.
2. Apply basic mathematical methods in order to determine the solution of optimization models and judge the applicability of certain optimization models.

	3. Develop software of Operations Research and employ it for the optimization of technical systems. 4. Assess the potential of the used optimization algorithms. 5. Transfer methods e.g. from production processes to static systems and from fluid systems to power engines. 6. Reduce components to the function relevant features. 7. Generate from physical-technical models to mathematical optimization models.
4	**Voraussetzung für die Teilnahme -/ Prerequisites for participation**
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Mündliche Prüfung (30 min) oder Klausur (90 min) / Oral (30 min) or written exam (90 min) Wird zu Beginn der Veranstaltung bekanntgegeben / will be announced at the beginning of the term.
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE II (Kernlehrveranstaltungen aus dem Maschinenbau) WPB Master PST III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft)
9	**Literatur / Literature** Lehrmaterial auf www.fst.tu-darmstadt.de Study material available at www.fst.tu-darmstadt.de
	Geänderte Modulbeschreibung angenommen zuletzt mit FBR-Beschluss am 16. Februar 2021 - vorher im WPB Master MPE III, ab WiSe 2020/21 im Kernlehrbereich. In den WiSe 2017/18 und 2018/19 war Frau Dr.-Ing. L. Altherr Modulverantwortliche (FBR-Beschluss 20. Juni 2017). Changed module description accepted from academic department on 16 February 2021 - previously: WPB Master MPE III (until SoSe 2020). In the winter semesters 2017/18 and 2018/19 was Mrs. Dr.-Ing. L. Altherr Module Co-ordinator (departmental decision 20 June 2017).

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Thermische Turbomaschinen und Flugantriebe

Thermal Turbomachinery and Flight Propulsion

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-04-5070	8 CP	240 h	194 h	1 Semester	SS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr.-Ing. H.-P. Schiffer

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
16-04-5040-vl	Thermische Turbomaschinen / Thermal Turbomachinery	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)
16-04-5020-vl	Flugantriebe / Flight Propulsion	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Thermische Turbomaschinen: Stationäre Gasturbine, Dampfturbine, Radialverdichter, Radialturbine, Turbolader.
Flugantriebe: Betriebsverhalten, Triebwerksregelung, Lärm, Nachbrenner, Zweikreistriebwerke, Wellenleistungstriebwerke, Staustrahltriebwerke, Raketentriebwerke, Sicherheit und Zuverlässigkeit

Thermal Turbomachinary: Description of the function and characteristical features of turbomachines (gas turbine, steam trubine, radial compressor, radial turbine, turbo charger) in which density changes are essential for transfer of energy
Flight Propulsion: Off-design performance; controls; by-pass engines; afterburner; noise production; ramjets; rocket and hybrid engines;

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Die Funktionsweise und die spezifischen Eigenheiten von Turbomaschinen, bei denen Dichteänderungen des Arbeitsmediums wesentlich sind (thermische Turbomaschinen), zu erklären.
2. Speziellen Turbomaschinenarten wie stationäre Gasturbine, Dampfturbine, Radialverdichter / -turbine und Turbolader zu unterscheiden und die jeweiligen Eigenheiten zu erklären.
3. Die jeweilige Einsatzgebiete zu beschreiben, die jeweiligen Randbedingungen und Anforderungen zu erläutern und die sich daraus ergebenden konstruktiven Gestaltungsmaßnahmen, Einschränkungen und Konsequenzen für das Betriebsverhalten (insbesondere die Aerodynamik der Komponenten und die Thermodynamik) herzuleiten.
4. Die Begriffe Ähnlichkeitskennzahlen und Kennfelder eines Verdichters/einer Turbine zu erklären und mit ihnen zu arbeiten.
5. Die wichtigsten Regelkreise eines Triebwerkes zu erläutern und somit die Arbeitsweise der Komponenten und die notwendigen Bedingungen zur Zusammenarbeit der Komponenten zu erklären.
6. Die Ursachen der Lärmentstehung bei einem Triebwerk zu erläutern
7. Maßnahmen zur Lärmreduktion zu erklären und weiter zu entwickeln.
8. Die spezifischen Eigenheiten luftatmender Triebwerkstypen, die Abwandlungen des einfachen Strahltriebwerkes (z.B. mit Nachverbrennung, Wellentriebwerk, etc.) sowie deren Anwendungsbereiche, Vor- und Nachteile zu beschreiben.
9. Die Eigenheiten und Funktionsweisen von Staustrahltriebwerken und Raketenantrieben zu erklären und die Abgrenzung von Raketentriebwerken und luftatmenden Triebwerken vorzunehmen.
10. Optimierungsmöglichkeiten eines Raketenantriebes hinsichtlich Schub und Wirkungsgrad zu erläutern.

	On successful completion of this module, students should be able to: 1. Describe and explain the functionality, the characteristical features, and the specifics of turbomachines, in which density changes are essential for the transfer of energy (thermal turbomachinary). 2. Explain the differences between the various types of thermal trubomachines for example stationary gas turbines, steam turbines, radial compressors/turbines and turbochargers. 3. Describe and explain the particular boundary conditions and requirements which are relevant for the different types of turbomachines and derive the specific design measures, the contraints and consequences for the operational behaviour of the different machines (especially the aerodynamic behaviour of the components and the thermodynamics), bearing in mind the different boundary conditions and requirements. 4. Explain the fundamentals of similarity in fluid mechanics and the component characteristics of a compressor/turbine and the non-dimensional parameters used in performance maps of components. 5. Explain the most important control circuits of an airbreathing engine and the modes of operation of the components (in particular compressor and turbine) and the requirements, which are necessary for the joint operation of all the engine components. 6. Explain the sources for noise generation in a jet engine. 7. Deriving measures for noise redution. 8. Describe and explain the function and characteristical features of derivatives of a single-spool jet engine (e.g. jet engine with afterburning, twin-spool jet or fan engine, turboshaft engine) and the advantages and disadvantages of the different engine types and further the possible fields of application for these engines. 9. Explain the architecture and function of a ram-jet engine, explain and compare the different types of rocket engines and differentiate air breathing jet engines and rocket engines (concerning thrust, power conversion, efficiencies). 10. Describe and explain possibilities for the optimisation of a rocket engine (thrust and efficiency optimisation).
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** Grundlagenkenntnisse in Thermodynamik und Strömungslehre (hier insbesondere kompressible Strömung) sind erforderlich, Grundlagen der Turbomaschinen Basic knowledge in thermodynamics and fluid mechanics (especially compressible flow) is essential, fundamentals in turbomachinery
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Mündliche Prüfung 30 min / Oral exam 30 min.
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE II (Kernlehrveranstaltungen aus dem Maschinenbau) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature** Skript 'Flugantriebe und Gasturbinen' und Vorlesungsfolien (Internet Homepage des Fachgebiets: www.glr.maschinenbau.tu-darmstadt.de); Traupel, W.:'Thermische Turbomaschinen', Springer Verlag; Lechner, C., Seume, J.:'Stationäre Gasturbinen', Springer Verlag; Baines, N.C.:'Fundamentals of Turbocharging', Comcepts/NREC Lecture notes 'Flight Propulsion and Gas Turbines ' and Lecture View Foils (Internet homepage of the chair : www.glr.maschinenbau.tu-darmstadt.de); Traupel, W.:'Thermische Turbomaschinen', Springer Verlag; Lechner, C., Seume, J.:'Stationäre Gasturbinen',

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Umformtechnik I

Forming Technology I

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-22-5020	4 CP	120 h	97 h	1 Semester	WS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr.-Ing. P. Groche

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Umformtechnik I	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Grundlagen metallischer Werkstoffe (Kristallstruktur, Gefüge, plastische Formänderungsmechanismen); Plastomechanik; FEM (Grundlagen, Anwendung in der Umformtechnik, Validation); Tribologie in der Blechumformung (Verschleiß, Einflussgrößen, Verfahrensgrenzen, Verfahrensvarianten); Verfahren der Blechumformung: Grundlagen, Planung, Randbedingungen

Basics of forming technology, materials, mechanics of plasticity, finite element analysis, tribology; processes of sheet metal forming (methodical examination): basics, design, boundary conditions and goals of industrial forming production.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Die Verfahren der Blechumformung zu benennen und zu unterscheiden.
2. Möglichkeiten der Gestaltung von Blechumformprozessen zu erklären und zu bewerten.
3. Grundlegende Ansätze der Plastomechanik im Bereich der Blechumformung zu erläutern.
4. Das Potential und die Einsatzmöglichkeiten der verschiedenen Blechumformverfahren abzuschätzen und auf reale Bauteile zu übertragen.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Describe sheet metal forming processes.
2. Explain and evaluate possibilities of the design of sheet metal forming processes.
3. Illustrate basic approaches of the theories of plasticity concerning sheet metal forming.
4. Assess the potential and the application range of different sheet forming processes and to transfer it into the production process of a real part.

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

Keine / none

5 Prüfungsform / Assessment methods

Schriftliche (20 min.) und mündliche (20 min.) Prüfung / Written (20 min.) and oral exam (20 min.)

6 Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points

Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.

7 Benotung / Grading system

Standard (Ziffernote) / Number grades

8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE II (Kernlehrveranstaltungen aus dem Maschinenbau) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature** Vorlesungsskript ist während der Vorlesung erhältlich. Lecture notes are available during the course.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Umformtechnik II

Forming Technology II

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-22-5030	4 CP	120 h	97 h	1 Semester	SS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr.-Ing. P. Groche

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Umformtechnik II	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Wärmebehandlung metallischer Werkstoffe vor, zwischen und nach der Umformung; Tribologie in der Massivumformung (Einflussgrößen, Reibmodelle, Verschleißprüfverfahren, Schmierung); Verfahren der Massivumformung (methodische Betrachtung): Grundlagen, Planung, Randbedingungen und Ziele der umformtechnischen Produktion

Heat treatment, tribology; processes of bulk metal forming (methodical examination): basics, design, boundary conditions and goals of industrial forming production.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Die Verfahren der Massivumformung zu benennen und zu unterscheiden.
2. Möglichkeiten der Gestaltung von Massivumformprozessen zu erklären und zu bewerten.
3. Grundlegende Ansätze der Plastomechanik im Bereich der Massivumformung zu erläutern.
4. Das Potential und die Einsatzmöglichkeiten der verschiedenen Massivumformverfahren abzuschätzen und auf reale Bauteile zu übertragen.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Convey a sound overview of bulk metal forming processes.
2. Explain and evaluate possibilities of the design of bulk metal forming processes.
3. Illustrate basic approaches of the theories of plasticity concerning bulk metal forming.
4. Assess the potential and the application range of different bulk forming processes and transfer it into the production process of a real part.

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

Keine / none

5 Prüfungsform / Assessment methods

Schriftliche (20 min.) und mündliche (20 min.) Prüfung / Written (20 min.) and oral exam (20 min.)

6 Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points

Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.

7 Benotung / Grading system

Standard (Ziffernote) / Number grades

8 Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme

WPB Master MPE II (Kernlehrveranstaltungen aus dem Maschinenbau)

	WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature** Vorlesungsskript ist während der Vorlesung erhältlich. Lecture notes are available during the course.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Verbrennungskraftmaschinen II

Combustion Engines II

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-03-5020	6 CP	180 h	146 h	1 Semester	SS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr. C. Beidl

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Verbrennungskraftmaschinen II	Vorlesung / Lecture	34 h (3 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Motorelektronik: Aufgaben, Aufbau und Struktur, Aktuatoren und Sensoren, Grundfunktionen, Bedatung, Zugang
Entflammung und Verbrennung von Kohlenwasserstoffen: Kinetische Gastheorie, Entflammung und Verbrennung, Zusammenhang zwischen Druck und Brennverlauf, Wirkungsgrade, normale Verbrennung (Otto / Diesel), abnormale Verbrennung, Brennraumform und Brennverfahren
Abgas: Abgaskomponenten, Schädlichkeit, Entstehung, Einfluß des Betriebspunktes, Reduktion der motorisschen Abgas, Abgasnachbehandlung, Messsysteme, Testverfahren
Ladungswechsel: Einfluß des Ladungswechsels, Steuerungsorgane, Nockenwellentriebe, Auslegung des Ladungswechsels, variable Ventilsteuerung, spezielle Ventiltriebe
Aufladung: Eigenschaften und Vorteile, Möglichkeiten, Auslegungskriterien, mehrstufige Aufladung, ausgeführte Varianten
Geräusch: Grundsätzliches, Geräuschquellen, Maßnahmen, gesetzliche Bestimmungen
Hybrid: Grundlagen, Hybridfunktionen, Einteilung, Komponenten, Herausforderungen, Entwicklungs-methoden und Zertifizierung, ausgeführte Varianten
Indizierung: Messkette, Druckmessung, Bestimmung des Zylindervolumens, Auswertung, Heizverläufe, charakteristische Ergebnisse
Design of Experiments

Electronic motor management: Configuration and structure, actuators and sensors, main functions, application, interfaces.
Ignition and combustion of hydrocarbons: Kinetic gas theory, internal combustion, correlation between in-cylinder pressure and heat release, efficiency, basics of the combustion (SI-engine / diesel-engine), abnormal combustion, combustion chamber shape and combustion processes.
Emissions: Components, corruptive effects, formation, influence of the operating point, internal motoric methods, aftertreatment, measuring systems, emission tests.
Charge cycle: Influence of the charge cycle on engine characteristics, systems, camshaft drivetrains, parameters of the charge cycle, variable valve timing, special solutions.
Charging: Characteristics and advantages of charging, different systems, design criterion for turbocharging, multi-stage charging, performed variants.
Noise: Basics, sources, measures against noise, regulations
Hybrid systems: Basics, functionalities, classification, components, challenges, research methods and certification, performed variants.
Acquisition and analysis of engine indication: Measurement chain, measurement of pressure and cylinder capacity, analysis, calculation of heat release, characteristic results
Design of experiments.

3	**Lernergebnisse / Learning Outcomes** Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein: 1. Die Differenziertheit der Arbeitsweisen von Verbrennungsmotoren zu erklären und die Prozesse theoretisch zu beschreiben. 2. Brennräume in Kenntnis des Zusammenhangs von Brennraumform, Brennverfahren und Entflammung zu gestalten. 3. Die Entstehung von Emissionen (Abgas, Geräusch) durch Motoren zu umschreiben und deren Vermeidung zu beschreiben. 4. Den Ladungswechsel bei Verbrennungsmotoren zu erklären und Varianten zu identifizieren als Basis um Motoren weiterzuentwickeln. 5. Die Bedeutung der Aufladung und der unterschiedlichen Varianten zu erkennen. 6. Die Hybridtechnologie zu erklären. 7. Spezifische Messverfahren im Bereich der Motorenoptimierung (Indizierung, Design of Experiments) wiederzugeben. On successful completion of this module, students should be able to: 1. Explain the different internal combustion engines and describe theoretically the processes. 2. Design combustion chambers with the knowledge acquired on the connenction of combustion chamber shape, combustion processes, and ignition. 3. Define the emergence of emissions of engines (exhaust, noise) and describe the avoiding of emissions. 4. Describe the charge chaniging of a combustion engine, identify variants, and advance engines 5. Recognize the importance of charging and the variants. 6. Explain hybrid technology. 7. Reproduce specific measuring methods in the fields of optimizing engines (indication, design of experiments).
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** Keine / None
5	**Prüfungsform / Assessment methods** schriftlich oder mündlich (wahlweise) schriftlich: 1 h 30 min; mündlich: 1 h 30 min (pro 4er-Gruppe) / oral / written (optional) written exam 1 h 30 min oral exam: 1 h 30 min (per group of 4)
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE II (Kernlehrveranstaltungen aus dem Maschinenbau) Master Mechatronik
9	**Literatur / Literature** VKM II - Skriptum, erhältlich im Sekretariat VKM II - script, available at the secretariat

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Virtuelle Produktentwicklung A - CAD-Systeme und CAx-Prozessketten

Virtual Product Development A: CAD Systems and CAx Process Chains

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-07-5030	4 CP	120 h	97 h	1 Semester	WS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr.-Ing. R. Anderl

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Virtuelle Produktentwicklung A	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Integriertes Produktmodell, digitale Geomeriemodelle, CAD-Systeme, CAx-Prozessketten; Modelle der rechnerinternen Beschreibung von Produktinformationen; Rechnerunterstützter Methoden zur Konzeption, Systems Engineering, 3D-Konstruktion, Berechnung, Simulation, Optimierung, Darstellung, Fertigungsvorbereitung und Dokumentation von Produkten; DV-Systeme innerhalb von Prozessketten

Integrated product model, digital representation of geometry, CAD systems, CAx process chains; data specification models for product information; computer-aided methods for conception, systems engineering, 3D-design, analysis, simulation, optimization, presentation, manufacturing preparation and documentation of products; data processing systems within process chains.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Zentrale Definitionen für die moderne Produktdatentechnologie wie Produktmodell und Produktdatenmodell zu erklären.
2. Die wichtigsten CAD-Technologien und CAD-Prozessketten der Produktentstehung von der Produktkonzeption bis hin zum Herstellungsprozess zu beschreiben.
3. Die aktuellen rechnerunterstützten Entwicklungsverfahren entlang der Prozessketten durch anschauliche Beispiele zu verdeutlichen.
4. Die zur vollständigen Produktbeschreibung notwendigen Produktinformationen zu erheben und die Informationskategorien (Produktdefinition, Produktrepräsentation und Produktpräsentation) für ein rechnerinternes Produktdatenmodell zu unterscheiden.
5. Digitale Repräsentationen von Geometriemodelle zu unterscheiden und ineinander zu transformieren.
6. Den Produktmodellgedanken der modernen Produktdatentechnologie in der industriellen Praxis anzuwenden.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Explain fundamental definitions of the modern product data technology such as product model and product data model.
2. Describe the most important CAD systems used for product development from product conception to manufacturing process.
3. Demonstrate the latest computer-aided design technology through CAD-process chains with examples.
4. Collect the necessary information for product specification and differentiate the information categories (product definition, product representation, and product presentation) for product

	data representation. 5. Specify representation and transformation approaches for geometry and carry out definitions for mathematical descriptions analytical and parametrical described geometry. 6. Apply the idea of modern product data technology in industrial practice.
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** Keine Voraussetzung/ No prerequisite
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Klausur 90 min / Written exam 90 min.
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE II (Kernlehrveranstaltungen aus dem Maschinenbau) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature** Skriptum erwerbbar, Vorlesungsfolien Dual- Mode: „Virtuelle Produktentwicklung A“ ist eine E-Learning-Vorlesung. Lecture notes can be purchased in the institute's secretarial office. Lecture slides are available on the website. This leture is designated an 'e-learning' module.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Virtuelle Produktentwicklung B - Produktdatenmanagement

Virtual Product Development B

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-07-5040	4 CP	120 h	97 h	1 Semester	SS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr.-Ing. R. Anderl

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Virtuelle Produktentwicklung B	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Bedeutung von Produktdatenmanagementsystemen und der Zusammenhänge zwischen Produktdatenmanagement, dem Integrierten Produktmodell und Workflowmanagement; Basistechnologien der Produktdatenmanagementsysteme; methodische und prozesstechnische Grundlagen des Produktdatenmanagements; organisatorische Voraussetzungen, Architektur und Bausteine von Produktdatenmanagementsystemen; Funktionen von Produktdatenmanagementsystemen.

Course content: The importance of product data management systems and the relation between product data management, the integrated product model and workflow management; fundamentals of product data management systems, methods and processes of product data management, organisational requirements, architecture and modules of product data management systems, functionalities of product data management systems.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Das Produktdatenmanagement und seine Funktionen, insbesondere die der technischen Ablauforganisation sowie die integrierten Workflowmanagementsysteme, zu beschreiben.
2. Die Basistechnologien und die grundlegenden Rahmenbedingungen der Produktdatenmanagementsysteme zu erklären.
3. Die Produktstrukturierung anhand von Stücklisten und Verwendungsnachweisen durchzuführen.
4. Die grundlegenden Methoden des Produktdatenmanagements, insbesondere die Nummernsysteme zur Identifikation und Klassifikation, anzuwenden.
5. Die prozesstechnischen Grundlagen des Produktdatenmanagements zu erklären.
6. Die organisatorischen Voraussetzungen für den Einsatz von Produktdatenmanagementsystemen zu analysieren und zu gestalten.
7. Die Architektur und Datenmodelle von Produktdatenmanagementsystemen zu beschreiben.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Describe the importance and functionalities of product data management, e.g. integrated workflow management.
2. Explain basic ICT system technologies and frameworks for product data management.
3. Create bill of materials and parts usage list from a product structure.
4. Use the basic methods of product data management, e.g. parts numbering based on identification and classification.
5. Explain fundamental processes of product data management.
6. Analyse and design organisational requirements for the application of product data management

	systems. 7. Recognise the architecture and data models of product data management systems.
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation**
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Klausur 90 min / Written exam 90 min.
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE II (Kernlehrveranstaltungen aus dem Maschinenbau) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature** Skriptum erwerbbar, Vorlesungsfolien Dual-Mode: "Virtuelle Produktentwicklung B" ist eine E-Learning-Vorlesung. Lecture notes can be purchased in the institute's secretarial office. Lecture slides are available on the website. This lecture is designated an 'e-learning' module.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Wind-, Wasser- und Wellenkraft

Wind, Water, and Wave Energy

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-10-5220	4 CP	120 h	97 h	1 Semester	WS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr.-Ing. P. F. Pelz

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Wind-, Wasser- und Wellenkraft	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Fluidkraft- und Fluidarbeitssysteme; Systemoptimierung vs. Moduloptimierung; Absolutes Maß für Energieumwandlungsprozesse; Betrieb eines Wasserkraftwerkes als Optimierungsaufgabe; Auswahl von Maschinen mittels Cordier-Diagramm; Skalierung des Wirkungsgrades; Optimaler Betrieb einer Windkraftanlage; Auslegung von Windkraftanlagen; Konstruktive Lösungen für Wellenkraftanlagen

Fluid power systems and fluid work systems; System optimization vs. module optimization; Absolute measures for energy conversion processes; Operation of a water-power plant as optimization task; Selection of machines by means of the Cordier diagram; Scaling of efficiency; Optimal operation of wind turbines; Design of wind turbines; Possible designs of wave-power plants

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Fluidkraftsysteme hinsichtlich der Energieumwandlung zu beurteilen.
2. Fluidkraftsysteme zu optimieren und zu skalieren.
3. Wind-, Wasser- und Wellenkraftanlagen auszulegen.
4. Methoden der Strukturmechanik, Thermodynamik und Strömungsmechanik auf Fluidkraftsysteme anzuwenden und konstruktiv und innovativ im gesellschaftlichen Kontext zu diskutieren.

On successful completion of this module, students should be able to:

8. Assess fluid power system with respect to energy conversion.
9. Optimise and scale fluid power systems.
10. Design wind-, water-, and wave-power plants.
11. Apply methods of structural mechanics, thermo dynamics and fluid mechanics to fluid power systems and discuss innovations in social context.

4 Voraussetzung für die Teilnahme -/ Prerequisites for participation

Technische Mechanik und Technische Strömungslehre empfohlen

fundamental mechanics and fundamental fluid mechanics recommended

5 Prüfungsform / Assessment methods

Klausur 90 min oder mündliche Prüfung 30 min / Written exam 90 min or oral exam 30 min

6 Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points

	Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE II (Kernlehrveranstaltungen aus dem Maschinenbau) WPB Master PST III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft)
9	**Literatur / Literature** Robert Gasch; Jochen Twele: Windkraftanlagen, Grundlagen, Entwurf, Planung und Betrieb, Verlag Teubner. Albert Betz: Einführung in die Theorie der Strömungsmaschinen, Verlag G. Braun Karlsruhe. Peter F. Pelz: On the upper limit for hydropower in an open channel flow, Article 2011 in: Journal of Hydraulic Engineering, URI: http://tubiblio.ulb.tu-darmstadt.de/id/eprint/41338. Johannes Falnes: Ocean Vaves and Oscillating Systems, Cambridge University Press. Robert Gasch; Jochen Twele: Windkraftanlagen, Grundlagen, Entwurf, Planung und Betrieb, Verlag Teubner. Albert Betz: Einführung in die Theorie der Strömungsmaschinen, Verlag G. Braun Karlsruhe. Peter F. Pelz: On the upper limit for hydropower in an open channel flow, Article 2011 in: Journal of Hydraulic Engineering, URI: http://tubiblio.ulb.tu-darmstadt.de/id/eprint/41338. Johannes Falnes: Ocean Vaves and Oscillating Systems, Cambridge University Press.
	Geänderte Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 28. April 2020. Changed Module description accepted from academic department on 14 April 2020.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Zukünfte Antriebssysteme

Advanced Vehicle Propulsion Systems

Modul Nr. / Code	Credits	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-03-3114	4 CP	120 h	97 h	1 Semester	WS

Sprache / Language: Englisch / English **Level (EQF/DQR)**: 7	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr. Chr. Beidl

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Advanced Vehicle Propulsion Systems	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Umwelt und Verkehr: Emissionsquellen und Auswirkungen auf die Umwelt durch Verkehr und Mobilität, gesetzliche Randbedingungen
Einfluss des Fahrzeugs / Fahrers: physikalische Analyse der Kräfte am Fahrzeug, Energiebilanz, Fahrereinfluss
Verbrennungsmotorische Antriebe: thermodynamische Grundlagen, Verbrauch und Abgase/Abgasreinigung, Technologieausblick
Elektrische Antriebe: elektrische Maschinen, Energiespeichersysteme, Leistungselektronik
Stromversorgung: Energiebedarfanalyse, Energiequellen und –vorräte, Strommanagement
Hybridantriebe: Energiesysteme und Komponenten, Einsparungspotentiale, Systemarchitektur, Betriebsstrategie, unterschiedlichen Fahrzeugkategorien, gesetzliche Randbedingungen
Elektrische Antriebe mit Brennstoffzelle: thermodynamische Grundlagen, unterschiedliche Technologien, Wasserstoff als Energieträger, Effizienzbetrachtungen
Alternative Kraftstoffe: Notwendigkeit nicht-fossiler Kraftstoffe, alternative Kraftstoffe, Biokraftstoffe, synthetische Kraftstoffe, Elektro-Kraftstoffe
Vernetzte Systeme: Szenarien und Kommunikationsmöglichkeiten, Systemarchitektur, Strategien, Fail-Safe-Verhalten, Datensicherheit
Schwerpunkte zukünftiger Entwicklungen

Natural environment and transportation: emission sources and impact of transportation and mobility to the natural environment, constraints by law
Vehicle/driver influence: physical analysis of vehicle driving resistance, energy balance, drivers influence
Combustion-engined propulsion system: thermodynamic fundamentals, fuel consumption and emissions/exhaust aftertreatment, technological perspective
Electric drives: electric machines, energy storage systems, power electronics
Electrical power supply: analysis of energy required, sources of energy and energy reserve, management of power supply
Hybrid drive trains: energy systems and components, potential for reduced fuel consumption, system architecture, operating strategy, hybrids in different categories of vehicles/machines, constraints by law
Electric drives in combination with fuel cells: thermodynamic fundamentals, different technologies, hydrogen as energy carrier, considerations concerning efficiency
Alternative fuels: necessity of non fossile fuels, alternative fuels, biomass fuels, synthetic fuels, electro-fuels
System network: scenarios and potential of system communication, system architecture, strategies, fail safe procedures, data security

	focal points of future development
3	**Lernergebnisse / Learning Outcomes** Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein: 1. Aktuelle Fahrzeugantriebe – im Wissen um die bereits eingesetzten Möglichkeiten zur Abgasreinigung und deren Potenzialen – hinsichtlich Ihres Verbrauchs- und Emissionsverhaltens zu beurteilen. 2. Die CO_2-Potentiale der aktuellen Fahrzeugantriebe im Gesamtsystem und die Entwicklungslimits abzuschätzen. 3. Die notwendigen Kenngrößen und die physikalischen Grundlagen von Antriebssystemen und Fahrzeugen zu erklären. 4. Mit Überblick über die möglichen zukünftigen Fahrzeugantriebe die jeweiligen Potentiale sowie die Nachteile bzw. Probleme beim Einsatz zu erkennen. 5. Die Folgen der alternativen Antriebe hinsichtlich der Energieinfrastruktur einzuschätzen und die Antriebssysteme in ihrer gesamtheitlichen Bedeutung für die Umwelt, die Wirtschaft und das Klima einzuordnen. On successful completion of this module, students should be able to: 1. Assess actual drivetrain systems with regard to the fuel consumption and the exhaust emissions with the knowledge of which aftertreatment systems are already in use and what the remaining potentials are. 2. Estimate the CO_2 potentials system view and the limits of further developments 3. Explain the individual parameters, characteristic values and the physical basics of drivetrain systems and vehicles. 4. Recognise with an overview of the possible future drivetrain systems the according future potentials as well as the disadvantages or problems that might occur in use. 5. Estimate the consequences of the drivetrain systems for the energy infrastructure and to rate the drivetrain systems in their holistic significance for the environment, the economy and the worlds climate.
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** Keine / No precognition
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Klausur 90 min oder mündliche Prüfung / Written (90 min) or oral exam.
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving credits** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote)/ Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE II (Kernlehrveranstaltungen aus dem Maschinenbau) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature** Wird erstellt / will be available
	Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 2. Juli 2019. Module description accepted from academic department on 2 July 2019.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Absicherungsprozesse für Kraftfahrzeuge

Safeguard Processes for Motor Vehicles

Modul Nr. / Code	Credits	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-27-3134	2 CP	60 h	48 h	1 Semester	WS

Sprache / Language: Deutsch / German .. **Level (EQF/DQR)**: 7	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Dr.-Ing. Volker Ovi Bachmann

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Absicherungsprozesse für Kraftfahrzeuge	Vorlesung / Lecture	12 h (1 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Grundlagen; Gefahren und Risikoanalyse, ASIL-Level, Signalpfade, Hardware-Software Interface, Diagnose-Matrix, Verfügbarkeit, Zuverlässigkeit, Sicherer Zustand, Verifikationskriterien.
Der Inhalt der Vorlesung wird in Form von Vorlesung und betreuter Übung vermittelt. Die Übungen beziehen sich auf die Themen: Erstellen einer Risikoanalyse, Formulieren von Safety-Anforderungen und Signalen (HSI) in einem sicherheitsrelvanten System. In der Vorlesung werden die unten genannten Beispiele (Lernergebnisse) zur Verdeutlichung herangezogen.

Basics; Hazard and Risk Analysis, ASIL-Level, Signalpaths, Hardware-Software Interface, Diagnose Matrix, Availability, Reliablitiy, Safe State, Verification Criteria
The content of the lecture will be conveyed with the help of coached excersises. The exercises are based on the topics Moderate a risk analysis, writing of safety relevant requirements and signals (HSI) in a safety relevant system. In the lecture, the examples mentioned below (Learning Outcomes) are used to clarify the learning matter.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Die Begriffe harm, hazard, hazardous event, severity, exposure, controlability, risk, safety goal, hazard analysis and risk assessment, reasonably foreseeable event zu kennen, zu verstehen und zu erläutern (Beispiel: Elektrischer Gasgriff KTM Motorrad).
2. Eine Umgebung zu erklären, in der ihr System läuft und eine "item defintion" in einer selbstgewählten Anwendung zu beschreiben (Beispiel: Elektrischer Gasgriff KTM Motorrad).
3. Den Unterschied zwischen einem funktionalen und nicht funktionalen Verhalten ihres Systems zu erklären (Beispiel: Elektrischer Gasgriff KTM Motorrad)
4. Eine System-Analyse und Gefahren-Identifikation zu moderieren (Beispiel: Elektrischer Gasgriff KTM Motorrad).
5. Die Beurteilung und Einstufung der verschiedenen Risiken zu synthetisieren, die im gewählten System identifiziert wurden, vorzunehmen.
6. Die Begriffe availability, reliablitiy, safe state, verification criteria zu kennen, zu verstehen und zu erklären (Beispiel: 9-Gang Automatikgetriebe Daimler).
7. Die Entwicklung des Systems und des System-Designs aus den Subsystem-Anforderungen zu veranschaulichen (Beispiel: Flugzeugschlepper von Goldhofer).
8. Den Unterschied zwischen System-Anforderungen und Systemdesign sowie funktionalen und technischen Sicherheitsanforderungen zu erklären. Außerdem können sie die Verbindung von Anforderungen zu Tests anwenden und analysieren und die Verlinkung erklären (Beispiel: Flugzeugschlepper von Goldhofer).
9. Einen Signalpfad zu synthetisieren und seinen Einfluss auf das Systemdesign und die Verbindung

	von Systemdesign und Systemintegrationstest zu beurteilen und zu erläutern (Beispiel: 9-Gang Automatikgetriebe Daimler). 10. Den Inhalt vom Hardware-Software-Interface (HSI), inklusive dem Unterschied zwischen Systemreaktionszeit und Latenzzeit, zu analysieren und zu erläutern (Beispiel: Elektrischer Gasgriff KTM Motorrad). On successful completion of this module, students should be able to: 1. Know, understand and explain the terms harm, hazard, hazardous event, severity, exposure, controllability, risk, safety goal, hazard analysis and risk assessment, reasonably foreseeable event (Exampel: eloctronic throttle of a KTM Motorcycle). 2. Explain an environment in which their chosen system runs and can describe their item definition (Exampel: eloctronic throttle of a KTM Motorcycle). 3. Explain the difference of functional and non-functional behavior of their system (Exampel: eloctronic throttle of a KTM Motorcycle). 4. Moderate a system analysis and hazard identification (Exampel: eloctronic throttle of a KTM Motorcycle). 5. Identify and evaluate the rating of different risks that were synthesized and identified in their system. Depending on their system this may be ASIL or SIL. 6. Know, understand and explain the terms availability, reliability, safe state, verification criteria (Exampel: 9-Shift Automatic Transmission of Daimler). 7. Understand and show the allocation of subsystems to their systems requirements and system design (Example: Goldhofer Airplane Tractor). 8. Explain the difference between system requirements and system design as well as functional safety requirements and technical safety requirements. Students should be able to applicate, analyse and explain the link between system requirements and system test(Example: Goldhofer Airplane Tractor). 9. Show a signal path and evaluate its influence on their system design. They can show the link between system design and system integration test (Exampel: 9-Shift Automatic Transmission of Daimler). 10. Analyze and explain the contents of a Hardware-Software Interface (HSI), including the difference between system reaction time and latency time (Exampel: eloctronic throttle of a KTM Motorcycle).
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation**
5	**Prüfungsform / Assessment methods** fakultativ mündlich/schriftlich (wird zu Beginn der Veranstaltung bekanntgegeben) / faculative oral/written (will be announced at the beginning of the term)
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving credits** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote)/ Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) Master Mechatronik, MSc. Informatik (Anwendungsfach Fahrzeugtechnik, Spezialisierung), MSc Traffic&Transport, (Vertiefungsmodul FB16, ggf. Auflage)
9	**Literatur / Literature** Skriptum
	Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 18. Juli 2017. Module description accepted from academic department on 18 July 2017.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Aerodynamik II

Aerodynamics II

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-11-5060	6 CP	180 h	146 h	1 Semester	SS

Sprache / Language: Englisch / English **Level (EQF / DQR):** 7	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr.-Ing. J. Hussong

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Aerodynamics II	Vorlesung / Lecture	34 h (3 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

kompressible Stromfadentheorie, allgemeiner Verdichtungsstoß, Prandtl-Meyer-Expansion, gasdynamische Grundgleichung, kompressible Profiltheorie, kompressible Tragflügeltheorie, kompressible Grenzschichten

Compressible flows: stream filament theory, shock waves, Prandtl-Meyer expansions, gas dynamic equations, airfoil theory, lifting-line theory, compressible boundary layers.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Die grundsätzlichen Unterschiede der theoretischen Behandlung kompressibler und inkompressibler Strömungen zu benennen.
2. Die für die Bildung von Verdichtungsstößen und Expansionsfächer verantwortlichen Vorgänge zu erklären und ihren Einfluss auf aerodynamische Eigenschaften zu erläutern.
3. Die Prozeduren zur Kompensation des Kompressibilitätseffektes in inkompressibler Strömungsfelder anzuwenden.
4. Die Auswirkungen kompressibler Strömungsphänomene auf die Aerodynamik von Tragflächen und Flugzeugen sowie Methoden zur Verwertung oder zur Vermeidung dieser Phänomene zu erklären.
5. Die Auswirkung von Kompressibilitätseffekten auf Grenzschichtströmungen zu beschreiben.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Describe the fundamental differences of the theoretical treatment of compressible flows as compared to incompressible flows.
2. Explain the processes responsible for the occurrence of shocks and expansion waves and their influence on the aerodynamic characteristic.
3. Apply the procedures for compensating the compressibility effects in incompressible computed flows.
4. Explain the effects of compressibility on the aerodynamic features of airfoils and aircraft and methods of utilizing or avoiding such effects.
5. Describe the impact of compressibility on boundary layer flows.

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

Aerodynamik I empfohlen.

Aerodynamics I recommended

5	**Prüfungsform / Assessment methods** Mündliche Prüfung 30 min / Oral exam 30 min.
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature** Tropea/Grundmann Aerodynamik II (Shaker Verlag), erhältlich im Sekretariat des Fachgebiets Strömungslehre und Aerodynamik Tropea/Grundmann Aerodynamik II (Shaker Verlag), available at FG office
	Geänderte Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 15. Juli 2014 (Modulverantwortlicher Dr.-Ing. S. Grundmann im SoSe 2015) Changed Module description accepted from academic department on 15 July 2014. (Module Coordinator summer semester 2015: Dr.-Ing. S. Grundmann)

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Aktorwerkstoffe und -prinzipien

Actuator Materials and Principles

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-26-5140	4 CP	120 h	97 h	1 Semester	SS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr.-Ing T. Bein

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Aktorwerkstoffe und -prinzipien	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Definitionen; multifunktionale Werkstoffe; Piezokeramiken, Formgedächtnislegierung, polymerbasierte Wandlerwerkstoffe und weitere Wandlerwerkstoffe; Aktorprinzipien; Sensoren; Anwendungen.

Definitions; multifunctional materials; piezoceramics, shape memory alloy, polymer-based transducer materials; actuator principles; sensors; applications.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Die Bedeutung von Wandlerwerkstoffen sowie Aktor- und Sensorprinzipien für die Adaptronik abzuschätzen.
2. Die physikalischen Prinzipien und Eigenschaften von Wandlerwerkstoffen zu erklären.
3. Die sachgerechte Anwendung von Wandlerwerkstoffen zu bewerten.
4. Die grundlegenden Sensor- und Aktorprinzipien zu erläutern.
5. Die Wandlerwerkstoffe auf prinzipielle Aktor- und Sensorkonzepte anzuwenden.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Assess the relevance of transducer materials for active and adaptive systems.
2. Explain the underlying physical principles and properties of transducer materials.
3. Evaluate the appropriate implementation of transducer materials in active and adaptive systems.
4. Explain the fundamentals of actuator and sensor principles.
5. Apply transducer materials in the design of actuators and sensors.

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

Keine / none

5 Prüfungsform / Assessment methods

Mündliche Prüfung 30 min / Oral exam 30 min.

6 Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points

Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.

7 Benotung / Grading system

Standard (Ziffernote) / Number grades

8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik) Master Mechatronik (Vertiefung Adaptronik)
9	**Literatur / Literature** Kopien der Vorlesungsfolien. Auszug aus „Grundwissen des Ingenieurs“, Kapitel 22. Beides erhältlich in der Vorlesung. Hering, E.; Modler, H. (ed.): Grundwissen des Ingenieurs, Hansa Verlag, Leipzig, 2002. Gasch, R.; Knothe, K.: Strukturdynamik, Band 1 & 2, Springer-Verlag, Berlin, 1987 und 1989. Heimann, B.; Gerth, W.; Popp, P.: Mechatronik, Fachbuchverlag, Leipzig, 1998. Ruschmeyer, K.; u. a.: Piezokeramik, Expert Verlag, Rennigen-Malmsheim, 1995. Duerig, T. W.: Engineering Aspects of Shape Memory Alloys, London, Butterworth-Heinemann, 1990. Janocha, H.: Actuators: Basics and Applications, 1. Auflage, Springer Verlag, Berlin, 2004. Copies of overhead transparencies. Extract from "Grundwissen des Ingenieurs", Chapter 22. Both will be distributed in the lecture. Hering, E.; Modler, H. (ed.): Grundwissen des Ingenieurs, Hansa Verlag, Leipzig, 2002. Gasch, R.; Knothe, K.: Strukturdynamik, Band 1 & 2, Springer-Verlag, Berlin, 1987 und 1989. Heimann, B.; Gerth, W.; Popp, P.: Mechatronik, Fachbuchverlag, Leipzig, 1998. Ruschmeyer, K.; u. a.: Piezokeramik, Expert Verlag, Rennigen-Malmsheim, 1995. Duerig, T. W.: Engineering Aspects of Shape Memory Alloys, London, Butterworth-Heinemann, 1990. Janocha, H.: Actuators: Basics and Applications, 1. Auflage, Springer Verlag, Berlin, 2004.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Aktuatorik in der Prozessautomatisierung verfahrenstechnischer Anlagen

Actuators in Process Automation of Chemical Plants

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-10-5190	4 CP	120 h	97 h	1 Semester	SS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Dr.-Ing. J. Kiesbauer

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Aktuatorik in der Prozessautomatisierung verfahrenstechnischer Anlagen	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Prozessautomatisierung; Prozesse und Komponenten der Verfahrenstechnik; Leitsystem und Prozessregelung; Pumpen; Sensoren bzw. Messtechnik; Aktoren bzw. Stellgeräte; Regelung und Steuerung; Speicherprogrammierbare Steuerungen; Regelstrategien (PID etc.); Normen und Zulassungen (Ex-Schutz, Umwelt, Lärm etc.); Kommunikation im Feld (HART, Feldbusse); Prozessanalyse; Ventilbauarten; Strömungstechnische Grundlagen; Auslegung von Armaturen; Akustische Aspekte; Stellungsregler; Reglungstechnisches Verhalten bzw. Anforderungen; Anbauteile; Sicherheitsschaltung; Antisurge-Ventile; Drehantriebe für Pumpen

Proces automation; Processes and components of chemical plants; DCS and process control loop; Pumps; Sensors and measuring equipment; Actuators or control valves; Automatic control and control; SPS; Control loop strategies; Standards and Certification (Explosion protection, environment, noise); Communication in field (HART, Field busses); Process analyzers; Types of control valves; Basics of fluid dynamics; Sizing of control valves; Noise specific questions and requirements; Positioners; Control loop theoretical bahavior and requirements; Accessories; Safety position; Antisurge valves; Speed controlled motors for pumps

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Das strömungstechnische und regelungstechnische Zusammenwirken zwischen Leitsystem, Sensor und Aktor auf der Feldebene darzustellen.
2. Das Zusammenwirken von Pumpe, Regelarmatur (Aktuator) und Anlagenwiderstand qualitativ und quantitativ zu beschreiben (Pumpenkennlinie, Rohrdruckverlust, Drosselwirkung der Armatur etc.) und dabei die strömungstechnischen Grundlagen anwenden zu können.
3. Die Stellkennlinie zu ermitteln sowie den kv-Wert als maßgebliche Drosselkenngröße für inkompressible, kompressible sowie zweiphasige Prozessmedien und die richtige Nennweite zu berechnen.
4. Kritische Zustände und deren Zusammenhänge mit den Betriebsdaten in Regelarmaturen durch Kavitation, Tropfenschlag und Schallemission zu beschreiben und Abhilfemaßnahmen aufzuzählen.
5. Den Kraftbedarf für den Stellantrieb zu ermitteln.
6. Bauarten von Armaturen einschließlich verschiedener Stellantriebsarten sowie Steuer- bzw. Regelkomponenten mit ihren Vorteilen und Nachteilen zu nennen.
7. Die regelungstechnischen Zusammenhänge statischer und dynamischer Natur darzustellen und auch quantitativ zu beschreiben (PID-Regler für Prozess und Ventilstellung, Zeitverhalten und Kurven).

	8. Energetische Zusammenhänge im Fluidssystem qualitativ und quantitativ darzustellen (Drossel- und Drehzahlregelung getrennt und in Kombination). On successful completion of this module, students should be able to: 1. Depict the fluid dynamic and control engineering related interaction between control system, sensor, and actuator on a field level. 2. Describe the interaction of pump, control valve, and plant resistance qualitatively and quantitatively (pump characteristic, pipe pressure losses, throttling action of the valve, etc.) and be able to apply the fundamentals of fluid mechanics. 3. Determine the valve characteristics as well as to calculate the kv-value as an essential throttle parameter for incompressible, compressible, and two-phase process media as well as the correct nominal size. 4. Describe critical states and their relationships with the operating data of control valves by cavitation, droplet impingement, and acoustic emission and list corrective actions. 5. Determine the power demand of the actuator. 6. List types of valves including various actuator types and control components with their advantages and disadvantages. 7. Present the control engineering correlations of static and dynamic nature and describe them quantitatively (PID controller for process and valve position, temporal behavior and curves). 8. Depict the energy-related correlations of the fluid system qualitatively and quantitatively (throttle and speed control separately and in combination).
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** Strömungstechnik, Strömungslehre, Thermodynamik, Regelungstechnik empfohlen fluid dynamics, thermodynamics, control theory recommended
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Mündliche Prüfung 45 min / Oral exam 45 min
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master PST III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) Master Mechatronik
9	**Literatur / Literature** Folien Slides

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Analytische Methoden der Wärmeübertragung

Analytical Methods in Heat Transfer

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-14-5060	4 CP	120 h	97 h	1 Semester	SS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** PD Dr.-Ing. T. Gambaryan-Roisman

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Analytische Methoden der Wärmeübertragung	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Separationsansatz; Sturm-Liouville-Probleme; spezielle Funktionen; Integraltransformationen (Laplace und Fourier Transformationen); Störungsrechnung; Wärmeübertragung in dünnen Filmen; Grenzschichttheorie; Stabilitätsanalyse.

Separation of variables; Sturm-Liouville problem; special functions; integral transformations (Laplace and Fourier transformations); perturbation methods; heat transfer in thin liquid films; boundary layer theory; stability analysis.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Eine passende Lösungsmethode für Wärmetransportprobleme auszuwählen und die wesentlichen Schritte der Methode zu erläutern.
2. Einfache klassische sowie praxisrelevante Wärmeübertragungsprobleme (Konvektion, Wärmeleitung, Phasenwechsel) selbstständig zu lösen.
3. Das asymptotische Verhalten der Lösung für kurze bzw. lange Zeiten zu analysieren.
4. Eine physikalische Interpretation der Ergebnisse zu liefern.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Choose an appropriate method for the solution of a given heat transport problem and explain the major steps of the solution for the method.
2. Solve analytically simple classical and technically relevant problems of heat transfer (convection, conduction, phase change).
3. Analyse the short-time and long-time asymptotical behaviour of the temperature field.
4. Interpret the results.

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

Grundkenntnisse in Mathematik und Wärmeübertragung

basic knowledge in mathematics and heat transfer

5 Prüfungsform / Assessment methods

Mündliche Prüfung 30 min / Oral exam 30 min.

6 Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points

Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.

7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature** Kurze Zusammenfassung der Vorlesungen (verteilt wöchentlich zu jeder Vorlesung); C.R. Wylie, L.C. Barrett, Advanced engineering mathematics, McGraw-Hill Book Company, London, 1989.; T. Mint-U, Partial differential equations for scientists and engineers, North Holland, New York, 1987.; A. Nayfeh, Perturbation methods, John Wiley & Sons, New York, 1973. short summary of the lectures (distributed weekly in the classroom); C.R. Wylie, L.C. Barrett, Advanced engineering mathematics, McGraw-Hill Book Company, London, 1989.; T. Mint-U, Partial differential equations for scientists and engineers, North Holland

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Angewandte Strukturoptimierung

Applied Structural Optimization

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-19-5040	4 CP	120 h	86 h	1 Semester	WS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr. rer. nat. L. Harzheim

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Angewandte Strukturoptimierung	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)
-ue	Angewandte Strukturoptimierung	Übung / Recitation	11 h (1 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Ziele der Strukturoptimierung; Mathematische Grundlagen: Extrema, Konvexität, Lagrange-Funktion und Multiplikatoren, Kuhn-Tucker-Bedingungen, Sattelpunkteigenschaften; Optimierungsverfahren: Gradientenverfahren, Approximationsverfahren, Response-Surface-Methoden, Optimalitätskriterien, Evolutionsstrategien; Optimierungsstrategien: Mehrzieloptimierung, multidisziplinäre Optimierung, Multilevel-Optimierung, Berücksichtigung der Streuung der Strukturparameter, Robust Design; Einbeziehung der Finite-Elemente-Methode in den Optimierungsprozeß; Programme und Anwendungsbereiche, Wanddickenoptimierung, Gestaltsoptimierung, Topologieoptimierung.

Objectives of structural optimization; mathematical basics: extrema, convexity, Lagrange function and multiplicators, Kuhn-Tucker conditions, saddle point properties; optimization methods: gradient methods, approximation methods, response-surface methods, optimality criteria, evolutionary strategies; optimization strategies: multi-objective optimization, multi-disciplinary optimization, multi-level optimization, consideration of spreading of structural parameters, robust design; including of finite-element method in optimization process; programs and application areas: wall thickness optimization, shape optimization, topology optimization.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Die Ziele der Strukturoptimierung und deren mathematische Grundlagen zu beschreiben.
2. Die Begriffe Extrema, Konvexität, Lagrange-Funktion und Multiplikatoren zu erklären und zu unterscheiden.
3. Die Kuhn-Tucker-Bedingungen und Sattelpunkteigenschaften zu beschreiben und deren Bedeutung zu erläutern.
4. Die Grundlagen von Gradientenverfahren, Approximationsverfahren, Response-Surface-Methoden, Optimalitätskriterien und Evolutionsstrategien zu wiederholen.
5. Strategien zur Mehrzieloptimierung, multidisziplinären Optimierung, Multilevel-Optimierung und zur Berücksichtigung der Streuung von Strukturparametern zu erläutern.
6. Finite-Elemente-Methode in den Optimierungsprozess einzubeziehen.
7. Wichtige Programme zur Strukturoptimierung zu benennen und wichtige Anwendungsbereiche für die Wanddickenoptimierung, die Gestaltsoptimierung und die Topologieoptimierung zu beschreiben.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Recall the objectives of structural optimization and the associated mathematical basics.
2. Explain and differentiate the concepts of extrema, convexity, Lagrange function, and

	multiplicators. 3. Describe the Kuhn-Tucker conditions and saddle point properties and their relevance. 4. Repeat the basics of gradient methods, approximation methods, response-surface methods, optimality criteria, evolutionary strategies. 5. Recognize strategies for multi-objective optimization, multi-disciplinary optimization, multi-level optimization, consideration of spreading of structural parameters, and robust design. 6. Apply the finite-element method into the optimization process. 7. Name codes for structural optimization and describe important application areas for wall thickness optimization, shape optimization, and topology optimization.
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** Numerische Mathematik und Numerische Berechnungsverfahren empfohlen Numerical Mathematics and Numerical Methods recommended
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Mündliche Prüfung 30 min / Oral exam 30 min.
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik) Master Mechatronik
9	**Literatur / Literature** Skript (erhältlich in Vorlesung); Schumacher, Optimierung mechanischer Strukturen, Springer, 2004 lecture notes (available in lecture); Schumacher, Optimierung mechanischer Strukturen, Springer, 2004

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Berechnungsmethoden im Bereich Verbrennungskraftmaschinen I

Calculation of Engine Test Results I

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-03-5030	2 CP	60 h	38 h	1 Semester	jedes / each SS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr. C. Beidl

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Berechnungsmethoden im Bereich Verbrennungskraftmaschinen I	Vorlesung / Lecture	11 h (1 SWS)
-ue	Berechnungsmethoden im Bereich Verbrennungskraftmaschinen I	Übung / Recitation	11 h (1 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Überblick über das Messen an Motorprüfständen, indizierter Mitteldruck, effektiver Mitteldruck, Reibmitteldruck, Verfahren zur Erfassung des Reibmitteldrucks, Heizwert, mittlere Kolbengeschwindigkeit; Mechanische Ähnlichkeit, geometrische Ähnlichkeit, Auslegung und charakteristische Größen von Motoren; Zweitaktmotoren, effektives Verdichtungsverhältnis, geometrisches Verdichtungsverhältnis; Luftverhältnis, stöchiometrischer Luftbedarf, unterschiedliche Kraftstoffe; Heizwert, Brennwert; Effektiver Wirkungsgrad, absoluter und spezifischer Verbrauch, unterschiedliche Kraftstoffe; Energiebilanz; Wärmestrom im Motor; Wärmeübergang, unterschiedliche Verfahren; Emissionsberechnung, vereinfachtes Verfahren; Emissionsberechnung, exaktes Verfahren; vollkommene Verbrennung

Overview of measurements on engine test beds, indicted mean pressure, effective mean pressure, friction mean pressure, methods to acquire the friction mean pressure, heat value, mean piston speed; mechanical affinity, geometrical affinity, construction and characteristic values of engines; two-stroke engines, effective compression ratio, geometric compression ratio; air-fuel ratio, stoichiometric air requirement, different fuels; heat value, combustion value; effective efficiency, absolute and brake-specific fuel consumption, different fuels; energy balance; engine heat flow; heat transfer, different methods; calculation of emissions, simplified method; calculation of emissions, exact method; perfect combustion.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Die Messverfahren der Motorenprüfstände zu erklären.
2. Die Ergebnisse der Messungen zu beschreiben.
3. Die Ergebnisse in motorische Kenngrößen zu transferieren.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Explain the measuring methods of engine test beds.
2. Describe test data.
3. Transfer the results into essential engine parameters.

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

VKM I empfohlen / VKM I recommended

5	**Prüfungsform / Assessment methods** Klausur 90 min / Written exam 90 min.
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature** Verbrennungskraftmaschinen I - Skriptum VKM I - script, available at the secretariat

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Berechnungsmethoden im Bereich Verbrennungskraftmaschinen II

Calculation of Engine Test Results II

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-03-5040	2 CP	60 h	38 h	1 Semester	jedes / each WS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr. C. Beidl

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Berechnungsmethoden im Bereich Verbrennungskraftmaschinen II	Vorlesung / Lecture	11 h (1 SWS)
-ue	Berechnungsmethoden im Bereich Verbrennungskraftmaschinen II	Übung / Recitation	11 h (1 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Emissionsberechnung für gesetzliche Abgastests; Lambdaberechnung auf der Basis der Abgasanalyse; Thermischer Wirkungsgrad, Innenwirkungsgrad, mechanischer Wirkungsgrad, Gütegrad; Ladungswechselarbeit; Kreisprozesse: Gleichraumprozeß; Kreisprozesse: Gleichdruckprozeß; Kreisprozesse: Vergleichsrechnung zwischen beiden Verfahren; Saugrohrauslegung; Auslegung der Abgasturboaufladung

Calculation of results in emission test procedures; calculation of the air-fuel ratio based on the analysis of the emissions; thermal efficiency, indicated efficiency, mechanical efficiency, efficiency rating; charge cycle work; cycles: constant-volume cycle; cycles: constant-pressure cycle; cycles: calculation comparison of the different methods; calculation according to intake manifold; calculation according to the turbo charger system.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Die Messverfahren der Motorenprüfstände zu erklären.
2. Die Ergebnisse der Messungen zu beschreiben.
3. Die Ergebnisse in thermodynamische Kenngrößen zu transferieren.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Explain the measuring methods of engine test beds.
2. Describe test data.
3. Transfer the results into essential thermodynamical parameters.

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

VKM I und Berechnungsmethoden im Bereich Verbrennungskraftmaschinen I empfohlen

VKM I and Calculation of Engine Test Results I recommended

5 Prüfungsform / Assessment methods

Klausur 90 min / Written exam 90 min.

6 Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points

Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.

7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature** Verbrennungskraftmaschinen I - Skriptum VKM I - script, available at the secretariat

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Betriebsfestigkeit

Structural Durability

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-26-5040	4 CP	120 h	97 h	1 Semester	SS + WS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Dr.-Ing. T. Bruder

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Betriebsfestigkeit	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Definition und Einflussgrößen der Betriebsfestigkeit, Lastdatenanalyse, Statistik und Sicherheitskonzepte, Kerben, Mittelspannungen, Schadensakkumulation, rechnerische Lebensdaueranalyse, Oberflächenzustand, Eigenspannungen, Größeneinfluss, Umgebungseinfluss, Festigkeitshypothesen, Bemessungskonzepte (Nennspannungs-, Strukturspannungs,- Kerbgrund- und Bruchmechanik-Konzept), Stähle, Aluminium, Oberflächenbehandlung (thermisch, thermo-chemisch, mechanisch), Beispiele zur Bauteilbemessung

Definition of structural durability, load data analysis, influencing effects, statistics and safety concepts, notches, mean-stresses, damage accumulation, numerical fatigue life analysis, surface state, residual stresses, size effects, environmental effects, strength hypotheses, design concepts (based either on nominal stresses, structural stresses or local stresses), steels, aluminium, surface treatment (thermal, thermo-chemical, mechanical), examples of component design.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Die wesentlichen Einflussfaktoren (Belastung, Geometrie, Werkstoff, Fertigungsverfahren) der Betriebsfestigkeit von Bauteilen darzustellen.
2. Den großen Einfluss des zeitlichen Verlaufs von Belastungen auf die Lebensdauer von Bauteilen darzustellen und Methoden der Lastdatenanalyse auf einachsiale Belastungsverläufe anzuwenden.
3. Das Konzept der Wechselwirkung von Beanspruchung und Beanspruchbarkeit als wesentliche Grundlage für die betriebsfeste Auslegung von Bauteilen anzuwenden.
4. Die notwendigen Analyseschritte für die Betriebsfestigkeitsbeurteilung eines Bauteils eigenständig festzulegen und grundlegende Analyseschritte und rechnerische Analysen selbst durchzuführen.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Explain the determining factors (loading, geometry, material, manufacturing) influencing the structural durability of components.
2. Explain the large impact of load history on the fatigue life of components and perform load data analyses on uniaxial load-time data.
3. Apply the concept of the interaction of both local stresses and local strength as the main foundation for the durable design of components.
4. Define the analysis steps needed for analyzing the fatigue life of a component under service loading as well as to perform basic analysis steps and fatigue life calculations.

4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation**
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Mündliche Prüfung 30 min / Oral exam 30 min.
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature** Vorlesungsskript „Betriebsfestigkeit 1“ (wird zur Verfügung gestellt) Haibach, E.: Betriebsfestigkeit – Verfahren und Daten zur Bauteilberechnung. Springer-Verlag: Berlin, Heidelberg (2006) Köhler, M.; Jenne, S.; Pötter, K.; Zenner, H.: Zählverfahren und Lastannahme in der Betriebsfestigkeit. Springer-Verlag: Berlin, Heidelberg (2012) Buxbaum, O.: Betriebsfestigkeit – Sichere und wirtschaftliche Bemessung schwingbruchgefährdeter Bauteile und Konstruktionen. Verlag Stahleisen: Düsseldorf (1992) Seeger, T.: Grundlagen für Betriebsfestigkeitsnachweise. Stahlbau Handbuch, Bd. 1, Teil B, S. 5-123, Stahlbau-Verlagsgesellschaft: Köln (1996) Radaj, D.; Vormwald, M.: Ermüdungsfestigkeit - Grundlagen für Ingenieure. Springer-Verlag: Berlin, Heidelberg (2007) Zammert, W.U.: Betriebsfestigkeitsrechnung. Vieweg Verlag, Wiesbaden (1985) Radaj, D.; Sonsino, C.M.: Ermüdungsfestigkeit von Schweißverbindungen nach lokalen Konzepten. DVS Verlag: Düsseldorf (2000) FKM Richtlinie – Rechnerischer Festigkeitsnachweis für Maschinenbauteile, VDMA Verlag GmbH: Frankfurt/M., 6. Auflage (2012) [1. Auflage: Hänel, B.; Haibach, E.; Seeger, T.; Wirthgen, G., Zenner, H.: FKM Richtlinie - Rechnerischer Festigkeitsnachweis für Maschinenbauteile, VDMA Verlag GmbH, Frankfurt/M. (1989)] Lecture notes „Betriebsfestigkeit 1“ (in German, will be provided) Bannantine JA, Comer JJ, Handrock JL: Fundamentals of Metal Fatigue Analysis. Prentice-Hall: Englewood Cliffs, NJ (1990) Manson SS: Thermal Stress and Low-Cycle Fatigue. Robert E Krieger, Publ. Comp.: Malabar/Florida (1981) Radaj D, Sonsino CM, Fricke W: Fatigue Assessment of Welded Joints by Local Approaches. Woodhead Publishing: Cambridge (2006) Hobbacher A: Recommendations for Fatigue Design of Welded Joints and Components. IIW Document XIII-2151r4-07/XV-1254r4-07. International Institute of Welding: Paris (2008) FKM Guideline - Analytical Strength Assessment of Components in Mechanical Engineering. VDMA Verlag GmbH: Frankfurt/M, 6th revised edition (2012)

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Betriebswirtschaft für Ingenieure

Basics of Economics for Engineers

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-09-5050	4 CP	120 h	97 h	1 Semester	SS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr.-Ing. J. Metternich

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Betriebswirtschaft für Ingenieure	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Diese Vorlesung soll zukünftigen Ingenieurinnen und Ingenieuren grundlegende betriebswirtschaftliche Kenntnisse vermittelt. Hierzu gehören die Grundlagen der Buchführung und des Jahresabschlusses, der Kostenrechnung und der Wirtschaftlichkeitsrechnung. Anschließend werden die relevantesten Aspekte der Bereiche Personalwirtschaft, Beschaffungswirtschaft, Logistik, Marketing und Strategisches Management beleuchtet. Damit sollen die Studentinnen und Studenten für einen erfolgreichen Einstieg ins Berufsleben und insbesondere auch auf ein wirtschaftliches Gestalten ihrer Innovationen vorbereitet werden. Die Vorlesung ist zum besseren Verständnis mit Praxisbeispielen aus dem industriellen Umfeld ausgestattet.

This course is supposed to supply future engineers with fundamental knowledge in economics. This includes the basics in accounting and the annual financial statement, in cost accounting as well as in economic efficiency calculation. Subsequently, relevant aspects concerning human resources, procurement management, logistics, marketing and strategic management are addressed. The provided content is supposed to prepare the students for their future professional life and especially for designing economically viable innovations. Practical examples from the industrial environment help understand the content.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Die Grundzüge der Kostenrechnung und der Wirtschaftslichkeitsrechnung zu erklären.
2. Entscheidungen in den Bereichen Produktion, Qualitätssicherung, Entwicklung oder Einkauf an wirtschaftlichen Maßstäben auszurichten.
3. Die Aufgaben des technischen Einkaufs, des Vertriebs sowie des technischen Marketings zu beschreiben.
4. Prozesse in einem produktionsnahen Unternehmen zu erklären und die Vorgehensweise zur Optimierung der Prozesse zu beschreiben.
5. Auf Augenhöhe mit Betriebswirten und Kaufleuten in Unternehmen zu diskutieren und sachgerechte Entscheidungen in produktionsnahen Unternehmen herbeizuführen.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Explain the basics of cost calculation.
2. Orientate decisions in the areas of production, quality management, development, or purchasing on economic criteria.
3. Describe the tasks of the technical purchase, the distribution as well as the technical marketing.
4. Explain processes of companies close to production and describe the approach to optimize the

	processes. 5. Dicuss to graduates in business management and businessmen and make proper decisions in companies close to production.
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** none
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Klausur 1 h 30 min / Written exam 1 h 30 min
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature** Skript. Schultz,Volker: Basiswissen Betriebswirtschaft. Beck-Wirtschaftsberater im dtv. München 2014[5]. Lecture notes are available during the course and in PTW's secretariat
	Geänderte Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 14. Juli 2015. Module description accepted from academic department on 14 July 2015.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Biofluidmechanik

Biofluid Mechanics

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-10-5230	4 CP	120 h	97 h	1 Semester	WS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr.-Ing. P. F. Pelz

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Biofluidmechanik	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Bewegung von Mikroorganismen; Warum bewegen sich Mikroorganismen?; Linearität der Bewegungsgleichungen; Superposition; Propulsionsmatrix; Froudscher Wirkungsgrad; Bewegung eines schlanken Fisches; Virtuelle Massen; Energiebilanz; Energetisch optimale Bewegung; Peristaltik bei kleinen und großen Reynoldszahlen; Entstehung von Wirbeln; Elektroosmotische Strömungen

Motion of microorganisms; Why do microorganisms move?; Linearity of the equations of motion; Superposition; Matrix of propulsion; Froude's efficiency; Movement of a slender fish; Virtual/Added Masses; Balance of energy; Energetic optimum movement; Peristaltic at low and high Reynolds numbers; Eddy formation; Electroosmotic flows

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Ingenieurmethoden auf physiologische Probleme anzuwenden.
2. Mechanismen physiologischer Systeme auf technische Problemstellungen anzuwenden.
3. Ähnlichkeiten und Unterschiede zwischen biologischen und technischen Fluidsystemen zu diskutieren.
4. Die Bewegung von Mikroorganismen zu beschreiben und mithilfe der linearen Bewegungsgleichungen vorherzusagen.
5. Bedingungen und Eigenschaften für energetisch optimale Bewegung herzuleiten und zu diskutieren.
6. Die Mechanismen der Peristaltik bei kleinen und großen Reynoldszahen zu erklären.
7. Elektroosmotische Strömungen zu beschreiben und zu berechnen.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Apply engineering methods to physiological problems.
2. Apply the mechanisms of physiological systems to technical problems.
3. Discuss similarities and differences between biological and technical fluid systems.
4. Describe the motion of microorganisms and predict it by means of the linear equations of motion.
5. Derive and discuss conditions and properties of energetically optimum motion.
6. Describe the mechanisms of peristalsis at low and high Reynolds numbers.
7. Describe and calculate electroosmotic flows.

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

Technische Strömungslehre, Grundlagen der Turbomaschinen und Fluidsystemte empfohlen

fundamental fluid mechanics, fundamentals of turbomachinery and fluid systems recommended

5	**Prüfungsform / Assessment methods** Klausur 90 min oder mündliche Prüfung 30 min / Written exam 90 min or oral exam 30 min
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) [bis WiSe 2017/18 WPB Master MPE II (Kernlehrveranstaltungen aus dem Maschinenbau)] WPB Master PST III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) Mechatronik
9	**Literatur / Literature** Lernmaterial auf www.fst.tu-darmstadt.de Empfohlene Bücher: Lighthill: Mathematical Biofluiddynamics, SIAM Lighthill: Swimming of Slender Fish, Journal of Fluid Mechanics Probstein: Physicochemical Hydrodynamics – An Introduction, John Wiley & Sons Purcell: Life at low Reynolds Number, Physics and our World Study material at www.fst.tu-darmstadt.de Recommended books: Lighthill: Mathematical Biofluiddynamics, SIAM Lighthill: Swimming of Slender Fish, Journal of Fluid Mechanics Probstein: Physicochemical Hydrodynamics – An Introduction, John Wiley & Sons Purcell: Life at low Reynolds Number, Physics and our World
	Geänderte Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 3. Juli 2018 [vorher: WPB Master MPE II (Kernlehrveranstaltungen aus dem Maschinenbau)]. Changed module description accepted from academic department on 3 July 2018 [previously: WPB Master MPE II (Electives Area II Core Electives from Mechanical Engineering)] .

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Digitale Drucktechnologien

Digital Printing

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-17-5030	4 CP	120 h	97 h	1 Semester	WS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr.-Ing. E. Dörsam

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Digitale Drucktechnologien	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Terminologie der digitalen Drucktechnologie; Workflow, Rasterverfahren; Tonwert; Technologie des Digitaldrucks (Elektrofotografie, Inkjet, Thermodruck); Toner, Tinte und Bedruckstoff; Konstruktive Gestaltung.

Terminology of digital printing; Workflow, screening, raster technology; Tonal value; Technology of digital printing (electrophotography, inkjet, thermal transfer printing); Toner, ink and print substrate; Design.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Die Begriffe und die Systematik der digitalen Drucktechnologie zu erläutern.
2. Die Anwendungsgebiete für die digitalen Drucktechnologie einzuschätzen.
3. Die verschiedenen Prinzipien des Workflows zu beschreiben.
4. Die Bedeutung der Rasterung und die Darstellung von Halbtönen zu beschreiben.
5. Die Prinzipien und technischen Details der Elektrofotografie, des Thermodrucks und des Inkjet-Drucks zu analysieren und zu bewerten.
6. Die verschiedene Bauformen von digitalen Drucksystemen wiederzugeben.
7. Die Umwelteigenschaften von digitalen Drucksystemen einzuschätzen.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Explain terms and the classification system of digital printing technology.
2. Estimate the fields of application (of digital printing technologies).
3. Describe the different principles of workflows.
4. Describe the meaning of the term screening and the reproduction of halftones.
5. Precisely explain the principles and technical details of electrophotography, thermal transfer printing, and inkjet printing.
6. Give a general overview of different construction principles of digital printing systems.
7. Rate environmental properties of digital printing systems.

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

5 Prüfungsform / Assessment methods

Mündliche Prüfung 30 min / Oral exam 30 min.

6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik) Master ETiT INMT
9	**Literatur / Literature** Skriptum wird vorlesungsbegleitend im Internet angeboten The current lecture notes can be downloaded from the web pages of the institute while the semester is in session.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Dynamik von Grenzflächenströmungen

Dynamics of Interfacial Flows

Modul Nr. / Code	**Credit Points**	**Arbeitsaufwand / Work load**	**Selbststudium / Individual study**	**Moduldauer / Duration**	**Angebotsturnus / Semester**
16-11-3224	4 CP	120 h	97 h	1 Semester	SS

Sprache / Language: Englisch / English **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Apl Prof. I. Roisman

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	**Kursname / Course Title**	**Lehrform / Form of teaching**	**Kontaktzeit / Contact hours**
-vl	Dynamics of Interfacial Flows	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Einführung; Oberflächenspannungen; Spannungs-Randbedingungen; Formen von Flüssigkeitsfilmen; Kapillarwellen an flachen Grenzflächen; Benetzung; Dynamischer Kontaktwinkel; Wandfilme; Dynamik dünner Flüssigkeitsfilmen; Tauchbeschichtung; Landau-Levich Problem; Plateau-Rayleigh Instabilität am unendlichen Zylinder; Tropfenoszillation; Maragoni Effekt.

Introduction; Surface Tension; Stress Boundary Conditions; Static liquid shapes; Capillary waves on a flat interface; Wetting; Dynamic contact angle; Wall flows; Dynamics of thin liquid films; Dip coating: Landau-Levich problem; Plateau - Rayleigh instability of an infinite cylinder; Oscillations of a liquid drop;Marangoni Flows.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Grundlegende Grenzflächenphänomena, welche unterschiedlichste technische Probleme beeinflussen, zu identifizieren.
2. Hydrodynamische Probleme bei den Kapillarströmungen in Tropfen, Filmen und Strahlen (Bewegungsprobleme, Wellendynamik und Stabilitätsprobleme) analytisch zu lösen.
3. Wissenschaftliche Literatur im Bereich von Grenzflächenphänomenen einzuordnen, so dass Sie die wichtige Begriffe und Methoden erläutern können, die Ergebnisse kritisch auszuwerten und die wichtigsten Erkenntnisse zusammenzufassen.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Identify basic interfacial phenomena which influence various engineering problems
2. Solve hydrodynamic problems with capillary flows in drops, films, and jets
3. Evaluate and present modern scientific publications in the field of hydrodynamics of capillary flows

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

Technische Strömungslehre empfohlen / Fundamental Fluid Mechanics recommended

5 Prüfungsform / Assessment methods

Mündliche Prüfung 30 min / Oral exam 30 min.

6 Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points

Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.

7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature** D.A. EDWARDS, H. BRENNER, D. T. WASAN, Interfacial Transport Processes and Rheology, Butterworth, 1993. S. CHANDRASEKHAR, Hydrodynamic and Hydromagnetic Stability, Clarendon Press, 1961. B. G. LEVICH, Physicochemical Hydrodynamics, 1962. A. L. YARIN, Free liquid jets and films: Hydrodynamics and Rheology, Longman Scientific&Technical, 1993. DE GENNES, P. G., BROCHARD-WYART, F., & QUÉRÉ, D., Capillarity and wetting phenomena: drops, bubbles, pearls, waves. Springer Science & Business Media., 2013
	Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 18. Juli 2017. Module description accepted from academic department on 18 July 2017.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Einführung in die chemische Verfahrenstechnik mit Programmieraufgaben

Introduction to Chemical Process Engineering with programming tasks

Modul Nr. / Code	Credits	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-13-3274	6 CP	180 h	135 h	1 Semester	SoSe + WiSe

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF/DQR)**: 7	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr. M. Votsmeier

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Einführung in die chemische Verfahrenstechnik mit Programmieraufgaben	Vorlesung / Lecture	34 h (3 SWS)
-ue	Einführung in die chemische Verfahrenstechnik mit Programmieraufgaben	Übung / Recitation	11 h (1 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Lerninhalt

Grundlagen der chemischen Verfahrenstechnik:

- Kinetik chemischer Reaktionen
- Grundtypen idealer chemischer Reaktoren
- Beschreibung von Reaktoren durch Verweilzeitverteilungen
- Massen- und Wärmebilanzgleichungen
- Externer Massen- und Wärmetransfer
- Wechselwirkung von Reaktion und Diffusion in porösen Katalysatoren
- Modellierung chemischer Reaktoren

In der Übung werden eigenständig Programmierprojekte aus dem Bereich der chemischen Verfahrenstechnik mit Matlab bearbeitet.

Fundamentals of Chemical Reactor Engineering

- Kinetics of chemical reactions
- Reactions in ideal reactors
- Reactor description by residence time distributions
- Mass and heat balance equations
- External mass- and heat transfer
- Interaction of reaction and diffusion in porous catalysts
- Modelling of chemical reactors

In the tutorial the students perform programming projects in Matlab

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Einfache Reaktionsmechanismen wie Parallel- und Folgereaktionen durch gewöhnliche Differentialgleichungen zu beschreiben und diese Gleichungen mit Matlab numerisch zu lösen.
2. Die verschiedenen Grundtypen idealer Reaktoren zu beschreiben.
3. Ideale und reale Reaktoren mithilfe des Konzepts der Verweilzeitverteilung zu beschreiben, den Effekt der Verweilzeitverteilung auf Umsatz und Selektivität zu erklären, und für gegebene Anforderungen den richtigen Reaktortyp auszuwählen.
4. Diffusionsprozesse numerisch durch einen ‚random-walk' zu modellieren.
5. Die Massenbilanzgleichungen für Prozesse mit Konvektion, Diffusion und Reaktion

	aufzustellen und für einfache (ein- oder zweidimensionale) Geometrien numerisch zu lösen. 6. Das Konzept der externen Massentransferkoeffizienten zur Auslegung chemischer Reaktoren anzuwenden. 7. Die Wechselwirkung von Reaktion und Diffusion in Katalysatoren zu verstehen, Katalysatorwirkungsgrade zu berechnen und katalytische Reaktoren im Hinblick auf ihren Wirkungsgrad auszulegen. 8. Einfache Modelle chemischer Reaktoren in Matlab zu erstellen. After successful completion of the module students should be able to: 1. Describe the kinetics of simple reaction mechanisms by ordinary equations und numerically solve these equations using Matlab. 2. Describe the different types of ideal reactors. 3. Characterize ideal and real reactors by their residence time distribution. Explain the effect of the residence time distribution on conversion and selectivity. Chose the optimal reactor type for given requirements. 4. Numerically model diffusion processes as a random walk. 5. Set up the balance equations for convection, diffusion and reaction. Numerically solve these equations for simple geometries. 6. Apply the concept of external mass transfer coefficients for the design of chemical reactors. 7. Understand the interaction of reaction and diffusion in catalysts. Compute effectiveness factors and design a catalytic reactor with regard to their efficiency. 8. Set up simple models of chemical reactors.
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation**
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Mündliche Prüfung 30 min / Oral exam 30 min.
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving credits** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote)/ Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) Master Energy Science and Engineering
9	**Literatur / Literature**
	Die Veranstaltung wird im PC-Pool des Lehrzentrums Maschinenbau durchgeführt. Während der Öffnungszeiten des PC-Pools stehen den Teilnehmern Matlab Lizenzen zur eigenständigen Bearbeitung der Programmierprojekte zur Verfügung. Die Veranstaltung ist begrenzt auf 24 Teilnehmende!
	Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 5. Februar 2019. Module description accepted from academic department on 5 February 2019.

Modulbeschreibung / Module Description

Modulname / Module Title

Einführung in die Methoden des „Reliability Engineering“

Introduction to the Methods of Reliability Engineering

Modul Nr. / Code	**Kreditpunkte / Credits**	**Arbeitsaufwand / Work load**	**Selbststudium / Private study**	**Moduldauer / Duration**	**Angebotsturnus / Frequency**
16-26-3204	4 CP	120 h	97 h	1 Semester	WiSe

Sprache / Language: Deutsch / German Level (EQF/DQR): 7	**Modulverantwortlicher / Module Co-ordinator** Dr.-Ing. E. Slomski-Vetter

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. Code	**Kursname / Course Title**	**Lehrform / Form of teaching**	**Kontaktzeit / Contact hours**
-vl	Einführung in die Methoden des „Reliability Engineering“	Vorlesung / lecture	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

- Einführung in die Grundbegriffe der Systemzuverlässigkeit
- Qualitative Zuverlässigkeitsanalyse: Fehler-, Möglichkeits- und Einfluss-Analyse (FMEA), Fehlerbaum-Analyse (FTA), Beispiele aus der Elektromobilität
- Quantitative Zuverlässigkeitsanalyse: Boolesche Systemtheorie (nichtreparierbare Systeme) und Markov Prozesse (reparierbare Systeme)
- Maßnahmen der Zuverlässigkeitssteigerung: Redundanzkonzepte, Methoden der Unsicherheitsanalyse, Fehlertoleranz und Funktionale Sicherheit (FuSi)
- Numerische und experimentelle Simulation: Systemzuverlässigkeitsanalyse smarter Systeme
- Qualitätsmanagement: Einführung der Grundbegriffe und Total Quality Management (TQM)

- Introduction to the basic concepts of system reliability
- qualitative reliability analysis: Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), fault tree analysis (FTA), examples from electromobility
- quantitative reliability analysis: Boolean system theory (non-repairable systems) and Markov processes (repairable systems)
- measures to increase reliability: concepts of redundancy, uncertainty analysis, fault tolerance and functional safety
- numerical and experimental simulation: system reliability analysis of smart systems
- quality management: introduction to the basic concepts of quality and Total Quality Management (TQM)

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Zuverlässigkeitsprobleme bei komplexen/smarten Systemen zu identifizieren und das Problem mathematisch zu formulieren.
2. Qualitative und quantitative Methoden zur Systemzuverlässigkeitsanalyse zu unterscheiden und fallabhängig korrekt auszuwählen.
3. Die Zuverlässigkeit von Systemen qualitativ und quantitativ zu berechnen und zu bewerten.
4. Die Zuverlässigkeit von Systemen mittels adäquater Maßnahmen zu steigern.
5. Passende Simulationsmethoden für mechatronische und smarte Systeme auszuwählen und anzuwenden.
6. Den Begriff der Qualität und das Total Quality Management im Kontext der Zuverlässigkeitssicherung einzuordnen.

On successful completion of this module, students should be able to:

	1. Identify and mathematically formulate reliability problems in complex/smart systems. 2. Differentiate qualitative and quantitative methods for system reliability analysis and to select the correct method depending on the case. 3. Calculate the reliability of systems qualitatively and quantitatively and evaluate them. 4. Increase the reliability of systems by means of adequate measures. 5. Select and apply the appropriate simulation methodology for mechatronic and smart systems. 6. Classify the concept of quality and total quality management in the context of reliability assurance.
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites** Zuverlässigkeit im Maschinenbau empfohlen Reliability in Mechanical Engineering recommended
5	**Prüfungsform / Assessment methods and criteria** Mündliche (30 min) oder schriftliche Prüfung (120 min) Oral (30 min) or written exam (120 min)
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Kreditpunkten / Condition for credits** Bestehen der Prüfungsleistung / passing the examination
7	**Benotung / Grading system** Ziffernnote / number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master PST III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft)
9	**Literatur / Literature** O'Connor, P.D.T.: Practical Reliability Engineering, 5th Edition, E. Edition, Wiley, 2012 Bertsche, B., Lechner, G.: Zuverlässigkeit im Fahrzeug- und Maschinenbau, Springer-V., 2004. Bertsche, B., Göhner, P., Jensen, U., Schinköthe, W., Wunderlich, H.-J.: Zuverlässigkeit mechatronischer Systeme; Springer-V., 2009 Birolini, A.: Reliability Engineering Theory and Practice, Springer-Verlag, 2004
	Geänderte Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 4. Februar 2020. Changed module description accepted from academic department on 4 February 2020.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Einführung in die Quantenmechanik und Spektroskopie

Introduction to Quantum Mechanics and Spectroscopy

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-13-5090	4 CP	120 h	86 h	1 Semester	SS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr. rer. nat. A. Dreizler

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Einführung in die Quantenmechanik und Spektroskopie	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)
-ue	Einführung in die Quantenmechanik und Spektroskopie	Übung / Recitation	11 h (1 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Einführung in die Quantenmechanik, Aufbau der Moleküle, Wechselwirkung Licht-Materie, verschiedene Spektroskopie-Methoden (Rotations-Sp., Schwingungs-Rotations-Sp., elektronische Sp., Röntgen-Sp. Elektronenspinresonanz, Kernspinresonanz.

Introduction into quantum mechanics, structure of molecules, interaction of light and matter, several spectroscopic methods (rotational sp., vibrational-rotational sp., electronical sp., X-ray sp., electronic spin resonance, magnetic resonance sp.).

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Quantenmechanische Systeme auf Basis der Schrödinger Gleichung theoretisch zu beschreiben.
2. Den Aufbau von einfachen Atomen und Molekülen zu erklären.
3. Auf Basis der Boltzmann-Verteilung eine statistische Beschreibung auf verschiedene Energiezustände anzugeben.
4. Resonante Absorptions- und Emissionsvorgänge sowie nicht-resonante Streuprozesse zu erklären.
5. Spektroskopische Observablen und thermodynamische Zustandsgrößen in Zusammenhang zu setzen.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Describe theoretically quantum mechanical systems on the basis of the Schrödinger equation.
2. Explain the structure of atoms and molecules.
3. By using the Boltzmann distribution explain the population of different quantum states.
4. Explain resonant processes of absorption and emission as well as non-linear scattering processes.
5. Associate spectroscopic observables and thermodynamic state variables.

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

Grundkenntnisse in Physik/ knowledge of physics at a fundamental level

5 Prüfungsform / Assessment methods

Mündliche Prüfung 30 min / Oral exam 30 min.

6 Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points

Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.

7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature** Skript wird in der Vorlesung verteilt, kann aber auch von der Institut-Homepage heruntergeladen werden Script will be distributed prior to each lesson. It can also be downloaded from the institute's homepage.

Modulbeschreibung / Module Description

Modulname / Module Title

Einführung in Kunststoffe und Verbunde

Introduction into plastics and composite materials

Modul Nr. / Code	Credits	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-08-5210	4 CP	120 h	97 h	1 Semester	WS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF/DQR):** 7	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Dr.-Ing. habil. D. Nickel

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Einführung in die Kunststoffe und Verbunde	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Studierende erlernen die Fachbegriffe der Werkstoffkunde von Kunststoffen und unterschiedliche Verarbeitungsverfahren. Ausgehend von den werkstoffspezifischen Grenzen der Werkstoffe wird das Konzept der Verbundwerkstoffe erläutert, Beispiele aus der Natur vorgestellt und auf verschiedene Anwendungen hingewiesen.

Durch die Kenntnis der grundlegenden Zusammenhänge und Eigenschaften von Kunststoffen und kunststoffbasierten Verbundwerkstoffen sind die Studierenden in der Lage, eine erste Auswahl über den Einsatz von Kunststoffen und kunststoffbasierten Verbundwerkstoffen zu treffen sowie geeignete Herstellungs- und Verarbeitungsverfahren für verschiedene relevante technische Anwendungen auszuwählen.

Students learn the technical terms of the material science of plastics and different processing methods. Based on material specific limits the concept of composites is explained and examples from nature and technical applications are presented.

With the knowledge of the basic relations and properties of plastics and polymer based composite materials, the students are able to downselect plastics and polymer based composite materials for technical applications as well as to select suitable production and processing procedures for relevant technical applications.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Einen Kunststoff oder kunststoffbasierten Verbundwerkstoff aufgrund der Mikrostruktur-Eigenschaftsbeziehungen für gegebene Anwendung auszuwählen.
2. Grenzflächenphänomene und Verstärkungsphasen von Verbundwerkstoffen und Werkstoffverbunden zu identifizieren.
3. Möglichkeiten und Grenzen des Einsatzes von Duroplasten, Thermoplasten und Elastomeren sowie Verbundwerkstoffen und Werkstoffverbunden zu bewerten.
4. Eine Kunststoffart aufgrund des temperaturabhängigen und viskoelastischen Verhaltens bei gegebener Aufgabenstellung auszuwählen.
5. Die verschiedene Verarbeitungsprozesse, die wesentliche Parametereinflüsse und die Gestaltungsrichtlinien für die Auslegung von Bauteilen zu erklären (z.B. Schwindung).
6. Geeignete Prüfverfahren auszuwählen.

After following this lecture the student will be able to:

1. Choose polymers and polymer based composites for technical applications by considering the basic principles regarding the micro structure and the property.

	2. Idenitify interface phenomena and reinforcing phases for polymer based composites. 3. Assess opportunities and limitiations when applying polymers and composites for technical application based on relevant properties of thermosets, thermoplasts and elastomers and respective composites. 4. Select appropriate polymers for a given application based on their temperature sensitive and viscoelastic behavior. 5. Explain processing steps, the impact of relevant parameters and design guidelines for polymer based components (e.g. shrinkage). 6. Select appropriate testing methods and techniques.
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation**
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Klausur 60 min / Written exam 60 min
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving credits** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programm** **WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft)** **WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik)**
9	**Literatur / Literature** Braun, D.: Kunststoff-Handbuch (mehrbändig), C.Hanser Verlag, München. Biederbick, K.: Kunststoffe kurz + bündig, Vogel-Verlag, Würzburg. Domininghaus, H.: Die Kunststoffe und ihre Eigenschaften, VDI-Verlag, Düsseldorf. Menges, G.: Werkstoffkunde der Kunststoffe, Studienbücher, Carl Hanser Verlag, München. Sächtling, H.-J.: Kunststoff-Taschenbuch, Carl Hanser Verlag, München. Fachbücher der Reihe "Kunststoff-Technik", VDI-Verlag, Düsseldorf.
	Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 21. Juni 2016. Module description accepted from academic department on 21 June 2016.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Energieeffizienz und Energieflexibilität in der Produktion

Energy Efficiency and Energy Flexibility in Production

Modul Nr. / Code	Credits	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-09-3204	4 CP	120 h	97 h	1 Semester	WS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF/DQR)**: 7	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr.-Ing. M. Weigold

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Energieeffizienz und Energieflexibilität in der Produktion	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Motivation zu Energieeffizienzmaßnahmen; energiewirtschaftliche und energietechnische Grundlagen; Methodik zur Steigerung der Energieeffizienz; Wirtschaftlichkeit und Finanzierung von Effizienzmaßnahmen; Konzepte des Energiemonitoring und Controling; energieintensive Prozesse und Querschnittstechnologien; Motivation und Möglichkeiten der energetischen Flexibilisierung.

Motivation for energy efficiency activities; basics from power supply industry and energy management; methods to increase energy efficiency in production; profitability and funding for energy efficiency activities; concepts for monitoring and controlling energy; energy intense processes and production infrastructure; motivation and possibilities for energy flexibility.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Die Grundlagen der Energieeffizienzpolitik und der Energiemärkte zu benennen und einzuschätzen.
2. Energiemonitoringmethoden in der Produktion zu identifizieren und zu differenzieren.
3. Methoden der Energiesimulation zu beschreiben und gegenüberzustellen.
4. Technologien zur Steigerung der Energieeffizienz in der Produktion auszuwählen.
5. Die Grundlagen der Energieflexibilität in der Produktion zu benennen.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Name and evaluate the basics of energy efficiency policy and energy markets.
2. Identify and differentiate between energy monitoring methods in production.
3. Describe and contrast methods of energy simulation.
4. Choose between technologies to increase energy efficiency in production.
5. Name the basics of energy flexibility in production.

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

5 Prüfungsform / Assessment methods

Mündliche Prüfung 30 min / Oral exam 30 min.

6 Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving credits

Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.

7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote)/ Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik) Master Energy Science and Engineering
9	**Literatur / Literature** Wird separat bekannt gegeben / will be announced separately
	Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 16. Mai 2017. Module description accepted from academic department on 16 May 2017.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Energiemethoden im Leichtbau

Energy methods in lightweight engineering

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-12-3134	4 CP	120 h	86 h	1 Semester	WS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof Dr.-Ing. habil. C. Mittelstedt

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Energiemethoden im Leichtbau	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)
-ue	Energiemethoden im Leichtbau	Übung / Recitation	11 h (1 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Einführung in die Grundlagen der Elastostatik; Arbeit und Energie; Virtuelle Arbeiten; Prinzip der virtuellen Verrückungen; Prinzip der virtuellen Kräfte; Einheitstheoreme; Sätze von Castigliano; Reziprozitätstheoreme; Näherungsverfahren: Galerkin, Ritz, Finite Elemente.

Introduction to the fundamentals of elastostatics; Work and energy; Virtual work; Principle of virtual displacements; Principle of virtual forces; Unity theorems; Castigliano's theorems; Reciprocity theorems; Approximate methods: Galerkin, Ritz, finite elements.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Die grundlegenden Energiemethoden der Mechanik zu erklären und auf einfache Beispiele anzuwenden.
2. Eine selbstständige Auswahl erlernter Methoden für spezifische Leichtbauanwendungen zu treffen sowie diese in der Praxis anzuwenden.
3. Praxisrelevante Näherungsmethoden aus den Grundverfahren (z.B. Prinzip der virtuellen Verrückungen; Prinzip der virtuellen Kräfte, Ritz, u.a.) für statische Probleme weiterzuentwickeln.
4. Schnelle und einfache überschlägliche Lösungen für die Leichtbau-Praxis mit vereinfachten Verfahren, basierend auf den Grundprinzipien, herzuleiten.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Explain the basic energy methods of structural mechanics and to apply them to simple applications.
2. Choose an adequate method for a given specific lightweight engineering application case and to use it independently.
3. Develop practically relevant approximate methods for static problems, based on the basic principles and methods (e.g. principles of virtual displacements, virtual forces, Ritz method).
4. Develop fast and simple approximate solutions for practical lightweight engineering problems, based on the basic underlying principles.

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

-

5	**Prüfungsform / Assessment methods** Mündliche Prüfung 30 min. / Oral exam 30 min.
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik) Angewandte Mechanik Mechatronik
9	**Literatur / Literature** BECKER, W. und GROSS, D., 2002. Mechanik elastischer Körper und Strukturen. Berlin et al.: Springer Verlag. GROSS, D., HAUGER, W., SCHNELL, W., und WRIGGERS, P., 1995. Technische Mechanik 4: Hydromechanik, Elemente der Höheren Mechanik, Numerische Methoden. 2. Auflage. Berlin et al.: Springer Verlag. REDDY, J.N., 2002. Energy principles and variational methods in applied mechanics. 2. Auflage. New York: John Wiley and Sons. SHAMES, I.H. und DYM, C.L., 1985. Energy and finite element methods in structural mechanics. Bristol: McGraw-Hill Inc.
	Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 7. September 2016. Module description accepted from academic department on 7 September 2016.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Energieversorgung und Umweltschutz

Energy Supply and Environmental Protection

Modul Nr. / Code	Credits	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-13-3294	4 CP	120 h	97 h	1 Semester	WiSe

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF/DQR)**: 7	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Dr.-Ing. Christof Bauer

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Energieversorgung und Umweltschutz	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Energie als Basis einer modernen Gesellschaft sollte jederzeit in ausreichendem Umfang und zu akzeptablen Kosten zur Verfügung stehen. Gleichzeitig sind die damit verbundenen negativen Umweltauswirkungen zu minimieren. Die Zieltrias aus Versorgungssicherheit, Wirtschaftlichkeit und Nachhaltigkeit steckt darum den Rahmen für die hier vermittelten Lerninhalte.

Auf der Basis eines umfassenden Überblicks über Primär- und Sekundärenergieträger sowie deren Gewinnungs- und Umwandlungsprozesse wird anhand einiger Beispiele gezeigt, wie in der Vergangenheit mit Umweltproblemen umgegangen wurde und welche Instrumente heute zur Verfügung stehen. Klimaschutz als relativ junger Aspekt des Umweltschutzes wird in seinem Zusammenhang zum Energieverbrauch und im Kontext sehr unterschiedlicher Entwicklungsstadien in verschiedenen Regionen der Welt besonders beleuchtet. Im globalen Kontext werden dabei insbesondere der europäische Emissionshandel sowie die verschiedenen politischen Maßnahmen und Instrumente der deutschen „Energiewende“ in ihrer Wirkungsweise und ihren Auswirkungen auf andere soziökonomische Bereiche analysiert. Dabei werden insbesondere die Herausforderungen aus einer immer stärker durch fluktuierende Stromerzeugungsanlagen dominierte Stromversorgung und entsprechende Lösungsansätze (Speichertechnologien, „power to-…“) vertieft behandelt.

Energy is an important basis of modern society and should be available in the required amount at all times and at reasonable prices. At the time the associated negative environmental impacts must be minimized. The target triangle of security of supply, economy and sustainability form the framework for the module.

Based on an overview of primary and secondary energy sources including related production and transformation processes it will be explained how environmental problems have been handled in the past and which instruments are used today. Climate protection as a rather young aspect of environmental protection is discussed in the context of different levels of development in various regions of the world. The European Emissions Trading System (EU-ETS) and the measures and instruments within the framework of the German „Energiewende“ will be analyzed in the global context of the German “Energiewende” and their influence on other socio-economic areas will be discussed. Challenges resulting from increasingly fluctuating power generation dominating the power supply system and solution options (storage, „power-to-…“) are also covered in depth.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Die besonderen Eigenschaften und Verfügbarkeiten der verschiedenen Primär- und Sekundärenergieträger zu beschreiben.
2. Die Umweltauswirkungen der Nutzung der verschiedenen Primär- und Sekundärenergieträger zu erläutern.
3. Die besonderen Herausforderungen der fortschreitenden Umstellung auf regenerative

	Energieträger sowie Lösungsansätze darzustellen. 4. Die Wirkungsmechanismen zwischen Energienutzung und Umweltwirkungen (klassische Luftschadstoffe, Treibhausgase, Wasser- und Landschaftsverbrauch etc.) zu erklären und im Kontext konkreter aktueller und historischer Entwicklungen zu erläutern. 5. Die wesentlichen Instrumente zur Durchsetzung von Energie- und Umweltschutzzielen mit ihren jeweiligen Vor- und Nachteilen darzustellen und anhand konkreter Beispiele zu erläutern. 6. Energiewirtschaftliche und energietechnische Meldungen aus der Fachpresse zu analysieren und im Kontext der energiewirtschaftlichen Zieltrias zu bewerten. 7. Konkurrenzbeziehungen zwischen den Zielen Versorgungssicherheit, Wirtschaftlichkeit und Nachhaltigkeit grundsätzlich und anhand von historischen und aktuellen Beispielen darzustellen und ihre Priorisierung im Kontext des jeweiligen wirtschaftlichen Entwicklungstandes zu erklären. On successful completion of this module, students should be able to: 1. Describe the characteristics of the different kinds of primary and secondary energy carriers 2. Explain the environmental impact associated with generation and consumption of the various energy sources 3. Describe the challenges associated with an increasing usage of renewable energy sources and explain solutions 4. Explain the environmental impacts of energy generation/consumption on the environment (air pollution agents, greenhouse gases, use of water and land etc.) including historical and current developments 5. Illustrate the essential instruments for achieving energy and environmental goals including their pros and cons based on practical examples 6. Analyze energy news with technical and commercial focus and evaluate them considering the target triangle of energy supply 7. Describe conflicts between the goals of security of supply, acceptable price level and sustainability based on historical and current examples and explain prioritization processes within the context of a society's economic development level
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** Dieses Modul kann im Masterstudiengang Energy Science and Engineering nur gewählt werden, wenn das Modul 01-16-1M01 "Fundamental Law, Economics and Social Science Aspects of Energy Supply and Energy Consumption" nicht belegt wurde. Students of Energy Science and Engineering may only choose this module, if module 01-16-1M01 "Fundamental Law, Economics and Social Science Aspects of Energy Supply and Energy Consumption" was not selected.
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Klausur 90 min oder mündliche Prüfung (45 min bei 3er Gruppen) / Written (90 min) or oral exam (45 min per group with 3 people).
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving credits** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote)/ Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik) Master Energy Science and Engineering
9	**Literatur / Literature** Wird in der Vorlesung bekannt gegeben / Will be anounced in the course.
	Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 5. Februar 2019. Module description accepted from academic department on 5 February 2019.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Fahrzeugaerodynamik

Vehicle Aerodynamics

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-11-5190	4 CP	120 h	97 h	1 Semester	WS + SS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Dr.-Ing. T. Schütz

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Fahrzeugaerodynamik	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Fahrzeugtechnische Grundlagen (Fahrwiderstände, Verbrauch, Fahrdynamikgrößen), Aerodynamische Grundlagen (strömungsmechanische Grundgleichungen und Näherungslösungen, Strömungsphänomene an stumpfen Körpern, Luftkräfte und deren Beiwerte, Grundkörper, Akustik), Beeinflussung der Luftkräfte am Fahrzeug, Sonderprobleme (Sonderfahrzeuge, Verschmutzung, Aeroakustik, Kühlung und Durchströmung), Windkanaltechnik (Bauweisen, Konditionierung der Anströmung, Windkanalinterferenz, ausgeführte Anlagen), Numerische Strömungssimulation, der aerodynamische Entwicklungsprozess.

Basics of road vehicle technique (Drive resistance, fuel consumption, vehicle dynamics), Aerodynamic basics (Approaches to fluid dynamic equations, flow phenomena on bluff bodies, air forces and related dimensionless numbers, reference bodies, acoustics), Manipulation of vehicle's air forces, Add-on problems (special vehicle concepts, soiling, aero-acoustics, cooling and internal flow), Wind tunnel technique (architecture, conditioning of the incoming flow, wind tunnel interference, existing constructions), Computational Fluid Dynamics, Aerodynamics in the product development process.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Die Umströmung eines Fahrzeugs im Fahrbetrieb zu beschreiben.
2. Strömungsphänomene am Fahrzeug wie Ablösung, Wiederanlegen und die Ausbildung komplexer Wirbelsysteme zu erklären und die Orte ihres Entstehens zu lokalisieren.
3. Die Auswirkungen dieser Strömungsphänomene auf aerodynamische und Gesamtfahrzeugeigenschaften, wie Luftwiderstand, Auftrieb, Giermoment, Kraftstoffverbrauch, Fahrstabilität, Akustik und Verschmutzung zu beschreiben.
4. Die Werkzeuge (Windkanal und Simulation) und die Methoden (Analyse der Ergebnisse) des Aerodynamikentwicklers einzusetzen und deren Vor- und Nachteile zu beschreiben.
5. Aerodynamische Entwicklungsprozesse in den Produktenstehungsprozess der Fahrzeugindustrie einzuordnen.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Descibe the flow structure around a road vehicle.
2. Explain flow phenomena such as separation, re-attachment or generation of complex vortex systems and locate their sources.
3. Describe aerodynamic and vehicle-related properties such as air drag, lift, yaw moment, fuel consumption, stability, acoustics, and soiling.
4. Apply development tools (wind tunnel and CFD) and describe their pros & cons.
5. Integrate the aerodynamic development into the general product development process in vehicle

	industry.
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** Technische Strömungslehre empfohlen / Fundamental Fluid Mechanics recommended Grundkenntnisse zur Fahrzeugtechnik
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Klausur 90 min / Written exam 90 min.
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature** Schütz, T.: Fahrzeugaerodynamik. Skriptum zur Vorlesung (wird gedruckt ausgegeben). Schütz, T. (Hrsg.): Hucho – Aerodynamik des Automobils. 6. Auflage. Springer Vieweg 2013. Hucho, W.-H.: Aerodynamik der stumpfen Körper. 2. Auflage. Springer Vieweg 2012.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Faserverbund-Strukturen II

Composite Structures II

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-12-3184	4 CP	120 h	86 h	1 Semester	WS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Dr.-Ing. M. Calomfirescu

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Faserverbund-Strukturen II	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)
-ue	Faserverbund-Strukturen II	Übung / Recitation	11 h (1 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Einführung; Kurzwiederholung Klassische Laminattheorie und Festigkeitskriterien; Manufacturing von Faserverbund-Strukturen; Arten der Schädigungen; Impactverhalten; Schadenstolerantes Design; Schadensdetektion / NDT; Structural Health Monitoring; Nachweiskonzepte; Reparaturlösungen für Faserverbund-Strukturen; Probabilistisches Strukturdesign.

Introduction; Short repetition: Classical Laminated Plate Theory and fracture criteria; Manufacturing of composite structures; Types of damages; Impact behavior; damage tolerant design; damage detection / NDT; Structural Health Monitoring; Justification concepts; Repair solutions for composite structures; Probabilistic structural design.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Die Philosophie der schadenstoleranten Strukturauslegung zu erklären und deren wesentlichen Aspekte darzustellen.
2. Die Möglichkeiten der schadenstoleranten Strukturauslegung (Rissstopper, Mehrfachlastwege, sicheres/langsames Schadenswachstum) zu erklären und konstruktive Beispiele zu skizzieren
3. Die Unterschiede im Werkstoffverhalten (Metallisch vs. Composite) zu erklären und die Werkstoffauswahl je nach Anforderungsprofil vorzunehmen
4. Die Restfestigkeitsforderungen in Abhängigkeit von Schadensgröße und Detektierbarkeit von Schäden zu erklären und den Hintergrund darzustellen
5. Das Impactverhalten von Composites als eines der wesentlichen Schadensszenerien zu beschreiben
6. Den Nachweis der Schadenstoleranz im Test ("Testpyramide") zu erklären
7. Unterschiedliche Reparaturverfahren für Faserverbundwerkstoffe darzustellen und Vor- und Nachteile zu erklären
8. Aktuelle Entwicklungstrends und Ansätze zur Erhöhung der Schadenstoleranz von Composites zu beschreiben.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Explain the philosophy of damage tolerant structural design and present the main aspects
2. Explain the possibilities of damage tolerant structure design (crack stop features, multiple load paths, no growth / slow damage growth) and sketch design possibilities
3. Explain the differences in material behavior (Metallic vs. Composite) and perform a material

	selection according to requirements 4. Explain the residual strength requirements as a function of damage size and detectability of damage and provide the background 5. Describe the impact behavior of composites as one of the key damage scenarios 6. Explain proof of damage tolerance in the test ("building block approach") 7. Describe and explain repair methods for composite structures and assess pros and cons 8. Describe current development trends and approaches to increase the damage tolerance of composites
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** Lehrveranstaltung "Faserverbund-Strukturen I" wird empfohlen. / The course „Composite Structures I" is recommended.
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Mündliche (20 min) oder schriftliche (90 min) Prüfung / Oral (20 min) or written (90 min) exam
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik) Angewandte Mechanik Mechatronik
9	**Literatur / Literature** SIERAKOWSKI, R. L. and NEWAZ, G.,1995. Damage Tolerance in Advanced Composites. Technomic Publishing Co. Inc. WAITE, S. 2009. EASA Perspective on Safe Composite Damage Tolerance and Maintenance Practices, CACRC FAA F&DT Workshop Tokyo. Composite Materials Handbook, Vol. 3. Polymer Matrix Composites, Materials Usage, Design and Analysis, Departement of Defense, 1997.
	Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 2. Juli 2019. Module description accepted from academic department on 2 July 20019.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Fertigungs- und beanspruchungsgerecht urgeformte Bauteile

Manufacturing and Load optimized Cast Components

Modul Nr. / Code	Credits	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-26-3214	4 CP	120 h	97 h	1 Semester	SoSe

Sprache / Language: Englisch / English **Level (EQF/DQR)**: 7	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Dr.-Ing. C. Bleicher

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Manufacturing and Load optimized Cast Components	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Einleitung und Motivation zur Nutzung von Gussbauteilen, Beispiele für den Einsatz von Gusswerkstoffen und –bauteilen.
Übersicht über die wichtigsten Gusswerkstoffe und deren quasi-statische und zyklische Eigenschaften, Übersicht über die Formverfahren, Formstoffe und Schlichten sowie deren Bedeutung für die Herstellung von ungänzenfreien Gussbauteilen, Einsatzzwecke und –grenzen von Gusswerkstoffen.
Betriebsfestigkeit von gegossenen Werkstoffen und Komponenten; quasi-statische und zyklische Festigkeitskennwerte, zyklische Charakterisierung von Gusswerkstoffen für die spätere Bauteilbemessung, Lastanalyse von Betriebs- und Sonderlasten etwa für die Windenergie, Größeneinflüsse bei Gussbauteilen und Möglichkeiten der Lebensdauerabschätzung großer Gussstücke.
Typische Werkstoffungänzen im Guss und deren Abschätzung mit Hilfe der Erstarrungssimulation, Einführung in die Normung zur Beurteilung von Ungänzen (ASTM- und BDG-Normen).
Gestaltung und Konstruktion urgeformter Bauteile, Normen und Richtlinien (z.B. BDG K200), Berücksichtigung von Leichtbauaspekten durch gezielten Einsatz der Simulation, Praxisbeispiele.
Betriebsfeste Gestaltung gegossener Bauteile, Herausforderungen und Lösungen für die Lebensdauerbeurteilung beim Auftreten von Werkstoffungänzen durch die Vernetzung von zerstörungsfreier Prüfung, Erstarrungssimulation und Betriebsfestigkeit, neue Werkstoffe und Legierungskonzepte im Hinblick auf die zyklische Beanspruchbarkeit (z.B. ADI).
Virtuell basierte Auslegungsmethoden, Grundlagen der Prozess- und Erstarrungssimulation, Abschätzung der lokalen Gefügeausbildung mit Hilfe der Erstarrungssimulation, „Gießerei 4.0“.
Angebot einer Exkursion zu einer Gießerei in der Umgebung.

Examples for the usage of cast material and cast components.
Overview over the mostly used cast materials, their quasi-static and cyclic characteristics, overview over cast processes and moulding materials and their importance for defect free cast components, examples and limiting effects for the usage of cast materials.
Structural durability of cast components and materials, quasi-static and cyclic material behaviour, cyclic characterization of cast materials for lifetime assessment, load analysis of operating and extreme loads, size effects, possibilities for a lifetime assessment also for large cast components.
Material defects in cast components and their effects on strength and lifetime, typical defects in cast components and their assessment with the help of cast simulation, introduction to standards to determine material defects (ASTM and BDG).
Design of cast components, standards (e.g.: BDG K200), aspects for a lightweight construction, examples from practical application.
Lifetime assessment of cast components, problems and solutions for the lifetime assessment when casting defects occur by connecting non-destructive testing, cast simulation and structural durability, new material concepts and their effect on fatigue (ADI).

	Virtual based lifetime assessment, process simulation, assessment of local microstructures in changing wall thicknesses with the help of cast simulation, “Foundry 4.0”. Excursion, study trip to a foundry nearby.
3	**Lernergebnisse / Learning Outcomes** Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein: 1. Die unterschiedlichen Gusswerkstoffe unter Berücksichtigung von deren Charakteristik ihren Einsatzzwecken in Bauteilen auszuwählen. 2. Die lebensdauerbestimmenden Kenngrößen für Gussbauteile (Beanspruchung, Werkstoffkenngrößen, Größeneinfluss, Ungänzen) zu erläutern. 3. Die konstruktiven Rahmenbedingungen für leichtbau- und beanspruchungsoptimierte Gussbauteile unter Berücksichtigung des Fertigungsverfahren sowie einsetzbarer Simulationsmethoden zu erläutern. 4. Eine Entscheidung darüber zu treffen, wie ein Gussbauteil bei unterschiedlichen Wanddicken, Größeneinflüssen sowie lokalen Ungänzen unter Einsatz geeigneter Simulationswerkzeuge und zerstörungsfreier Prüfverfahren richtig zu beurteilen ist. On successful completion of this module, students should be able to: 1. Assign the different cast materials with regard to their characteristics to their usage. 2. Describe the lifetime determining parameters for cast components (stress/strain, material parameters, size effects and material defects). 3. Explain the conditions for a lightweight and lifetime optimized cast component with regard to the manufacturing process and usable simulation tools. 4. Decide, how the lifetime of a cast component can be properly assessed with regard to changing wall thicknesses, size effects and defects by the usage of simulation and non-destructive testing tools and methods.
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation**
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Klausur 90 min oder mündliche Prüfung 30 min / Written exam 90 min or oral exam 30 min Wird zu Beginn der Veranstaltung bekanntgegeben / will be announced at the beginning of the term.
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving credits** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote)/ Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature** Haibach, E.: Betriebsfestigkeit – Verfahren und Daten zur Bauteilberechnung. Springer-Verlag: Berlin, Heidelberg, 2006 Hasse, S.: Guß- und Gefügefehler – Erkennung, Deutung und Vermeidung von Guß- und Gefügefehlern bei der Erzeugung von gegossenen Komponenten. Schiele & Schön Verlag, Berlin, ISBN 3-7949-0639-X, 1999 DNV GL, “Machinery for wind turbines, DNVGL-ST-0361,” DNV GL AS, September 2016 Krautkrämer, J.; Krautkrämer, H.: Werkstoffprüfung mit Ultraschall. 5., völlig überarbeitete Auflage, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, ISBN-Nr. 978-3-662-10910-6, 1986 Bührig-Polaczek, A.; Michaeli, W.; Spur, G.: Handbuch Urformen, Verlag: Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG, Print ISBN: 978-3-446-42035-9, 2013
	Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 16. Februar 2021. Module description accepted from academic department on 16 February 2021.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Fertigungsgerechte Maschinenkonstruktion I

Machine Design I

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-22-5150	4 CP	120 h	97 h	1 Semester	WS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Dr. M. Scheitza

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Fertigungsgerechte Maschinenkonstruktion I	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Wiederholung wesentlicher Inhalte aus Grundlagenvorlesungen wie Produktentwicklung, Normen, Patentwesen, Maschinenelemente, Werkstoffkunde und Kostenrechnung
Prinzipien und Hinweise der Vorauslegung und Dimensionierung von Maschinenelementen.
Vermittlung von produkt- und fertigungsseitigen Aspekten der Festlegung von Oberflächen-, Form-, und Lagetoleranzen.
Vorstellung von Vermassungsmethoden und Anforderungen an die Dokumentation.
Ausarbeitung eines Bauteils vom Entwurf bis zur Zeichnung in Übungen

Repetition of essential contents of basic courses such as product development, standards, patents, machine elements, materials science, and cost accounting.
Principles and instructions of the preliminary design and dimensioning of machine elements.
Theory of product and production specific aspects of the definition of surface, form, and position tolerances.
Presentation of dimensioning methods and documentation requirements.
Exercises to prepare a component from concept to drawing.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Wechselwirkung zwischen Produkt- und Fertigungsprozessgestaltung zu erkennen.
2. Die zur eine Überführung einer Konstruktion in ein Produkt notwendigen Fertigungstechnologien mit ihren entsprechenden Eigenschaftsprofilen bereits in einer frühen Phase auszuwählen.
3. Methoden der technischen und wirtschaftlichen Produktauslegung zielgerichtet miteinander zu verknüpfen und gekoppelt anzuwenden.
4. Toleranzbereiche entsprechend den vorgesehenen Fertigungsverfahren festzulegen.
5. Materialien funktionsorientiert auszuwählen.
6. Die Produktdetaillierung für eine kostengünstige, zeitlich optimierte und vor allem funktions- und montagegerechte Gestaltung von Bauteilen durchzuführen.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Recognize the interaction between product and manufacturing process design.
2. Choose in an early stage manufacturing technologies with its corresponding property profiles to transform a design into a product successfully.
3. Combine and apply methods of technical and economical design of products.
4. Define tolerance ranges according to the planned production process.
5. Select functions oriented material.
6. Detail the products in an affordable, time-optimized, and functional assembly-friendly design.

4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation**
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Mündliche Prüfung 30-45 min / Oral exam 30-45 min.
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature** Die Vorlesungsunterlagen sind während der Vorlesung erhältlich. Auf weiterführende Literatur wird in der entsprechenden Vorlesung verwiesen. The lecture notes are available during the lecture. Further literature is referenced in the corresponding lecture.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Fertigungsgerechte Maschinenkonstruktion II

Machine Design II

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-22-5160	4 CP	120 h	97 h	1 Semester	SS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Dr. M. Scheitza

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Fertigungsgerechte Maschinenkonstruktion II	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Vorstellung wesentlicher Maschinenelemente wie beispielsweise Lagerungen aus der Sicht der Anwendung
Prinzipien und Hinweise zur Vorbereitung und Durchführung eines Konstruktionsprozesses in einer Gruppe
Vermittlung von Methoden der qualitativen Vorkalkulation und Fortschrittsüberwachung von Konstruktionsprojekten
Einflüsse auf Entscheidungen im Konstruktionsverlauf und deren mögliche Folgen für das Produkt
Ausarbeitung einer Baugruppe vom Entwurf bis zur Zeichnung in Übungen

Introduction of essential machine elements such as bearings from an application point of view
Principles and instructions for the preparation and implementation of a design process in a group of engineers
Teaching of pre-calculation methods and progress monitoring of design projects
Influences on decisions in the design process and its possible consequences for the product
Exercises to prepare an assembly from design to drawing.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Die Kosten von Bauteilen und Baugruppen bereits während des Konstruktionsprozesses zu bestimmen (Qualitative Vorkalkulationen).
2. Einflussparameter und deren Wirkung auf den Konstruktions- sowie Fertigungsprozess zu identifizieren und aktiv zu beeinflussen.
3. Methoden der Fortschrittsüberwachung bei Konstruktionsprojekten anzuwenden.
4. Konstruktionsaufgaben zu analysieren und im Team Alternativen zu ggf. vorhandenen Lösungen zu entwickeln.
5. Kommunikationsnotwendigkeiten und -möglichkeiten mit den an der Produktentstehung beteiligen Unternehmensinstanzen zu erkennen und zu nutzen.
6. Strategien zur Erfassung und Eingrenzung von Lösungsfeldern anzuwenden und Auswahlentscheidungen entsprechend den definierten Anforderungen bzw. Einsatzbedingungen zu treffen.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Calculate preliminary qualitative costs of components and assemblies during the design process.
2. Identify influential parameters and their effect on the design and manufacturing process and actively influence them.
3. Apply progress monitoring methods of design projects.

	4. Analyse design tasks and develop alternative solutions in a team. 5. Identify and use communication-needs and -possibilities with the company's instances participating in the product development. 6. Apply strategies for the detection and containment of solution fields and make selection decisions in accordance with the defined requirements or operating conditions.
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** Inhalte von "Fertigungsgerechte Maschinenkonstruktion I" / Contents of Machine Design I
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Mündliche Prüfung 30-45 min / Oral exam 30-45 min.
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature** Die Vorlesungsunterlagen sind während der Vorlesung erhältlich. Auf weiterführende Literatur wird in der entsprechenden Vorlesung verwiesen. The lecture notes are available during the lecture. Further literature is referenced in the corresponding lecture.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Flugverkehrsmanagement und Flugsicherung

Air Traffic Management

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-23-5070	4 CP	120 h	97 h	1 Semester	WS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Dipl.-Ing. Dipl.-Ök. P. Waldinger

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Flugverkehrsmanagement und Flugsicherung	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

System Luftverkehr; globale, europäische und nationale Rahmenbedingungen; Luftraum, Flugverfahren und Flughäfen; Verkehrsflussplanung und -steuerung; operative Abwicklung des Luftverkehrs; Luftfahrtdatenmanagement; neue Technologien; Fallstudien.

Overview of air traffic system; global, European and national framework; airspace structure, flight procedures, airports; air traffic flow and capacity management; air traffic control; aeronautical data management; new technologies; case studies.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Die wesentlichen Elemente des Systems „Luftverkehr“, schwerpunktmäßig aus der Sicht der Flugsicherung zu erläutern.
2. Die Strukturierung des Luftraums und die Verfahren der Flugsicherung für die verschiedenen Flugphasen sowie beim Flughafenbetrieb zu erläutern.
3. Die Möglichkeiten zur Lärmminderung zu beschreiben.
4. Die heutigen Verfahren einzuordnen, Stärken und Schwächen zu beurteilen und Ansätze zur Weiterentwicklung aufzuzeigen.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Explain, from an air navigation service provider's point of view, the principal elements of the aviation system.
2. Report in particular on the structure of air space, the procedures of air traffic control for the different phases of flight including airport operations.
3. Describe measures for noise reduction.
4. Classify current procedures, judge strengths and weaknesses, and identify the potential for improvement.

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

Keine / None

5 Prüfungsform / Assessment methods

Mündliche Prüfung (in 3er-Gruppen) 60 min

Oral exam (in a group with 3 students) 60 min.

6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik) Master Mechatronik
9	**Literatur / Literature** Vorlesungsskript verfügbar; Literatur: Mensen, Moderne Flugsicherung, Springer 2004. Course notes available; Textbook: Mensen, Moderne Flugsicherung, Springer 2004

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Fluidenergiemaschinen

Fluid Energy Machines

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-10-5120	4 CP	120 h	97 h	1 Semester	SS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr.-Ing. P. F. Pelz und Dr.-Ing. C. Schänzle

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Fluidenergiemaschinen	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Fluidkraft- und Fluidarbeitssysteme; Energiewandlungsprinzipien; Einordnung nach Schnellläufigkeit; Definition von System- und Modulwirkungsgraden; Isentroper Wirkungsgrad; Cordier-Diagramm; Maschinen mit kleiner und großer Schaufelanzahl; Eulersche Turbinengleichung; Auslegung mittels aerodynamischer Entwurfsmethodik; Wirbelflussmaschine; Skalierung

Fluid power and fluid work systemes; Engery conversion pinciples; Assignment by tip speed ratio; Definition of system- an module-efficiencies; Isentropic efficiency; Cordier diagramm; Machines with small and large numbers of blades; Euler equation; Design using aerodynamic methods; Machines with radial equlibrium; Scaling

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Funktion und Aufgabe einer Maschine zu ermitteln.
2. Einen Maschinentyp mithilfe strömungsmechanischer Kennzahlen auszuwählen.
3. Die Arbeitsumsetzung innerhalb einer Maschine zu berechnen.
4. Den Wirkungsgrad eines Systems oder Moduls zu bestimmen.
5. Strömungsmaschinen entsprechend gegebener Anforderungen auszulegen.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Determine a machine's function and task.
2. Select the machine type by means of dimensionless parameters.
3. Calculate the energy conversion within a machine.
4. Compute the efficiency of a system or module.
5. Design fluid energy machines according to given requirements.

4 Voraussetzung für die Teilnahme -/ Prerequisites for participation

Technische Strömungslehre, Grundlagen der Turbomaschinen und Fluidsysteme empfohlen

fundamental fluid mechanics, fundamentals of turbomachinery and fluid systems recommended

5 Prüfungsform / Assessment methods

Klausur 90 min oder mündliche Prüfung 30 min / Written exam 90 min or oral exam 30 min

6 Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points

Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination

7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master PST III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft)
9	**Literatur / Literature** Lernmaterial auf www.fst.tu-darmstadt.de. Empfohlene Bücher: Fister: Fluidenergiemaschinen, Band 1, Springer Verlag Fister: Fluidenergiemaschinen, Band 2, Springer Verlag Study material at www.fst.tu-darmstadt.de. Recommended books: Fister: Fluidenergiemaschinen, Band 1, Springer Verlag Fister: Fluidenergiemaschinen, Band 2, Springer Verlag
	Geänderte Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 4. Juni 2019 [vorher: WPB Master MPE II (Kernlehrveranstaltungen aus dem Maschinenbau)]. Für das Sommersemester 2021 zusätzlich Herr Dr.-Ing. C. Schänzle als Modulverantwortlicher. Changed module description accepted from academic department on 4 June 2019 [previously: WPB Master MPE II (Electives Area II Core Electives from Mechanical Engineering)]. 2021 with Mr. C. Schänzle in addition as Module Co-ordinator.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Fortgeschrittene Strömungsmechanik II

Advanced Fluid Mechanics II

Modul Nr. / Code	Kreditpunkte / Credits	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-64-5120	6 CP	180 h	135 h	1 Semester	SS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DGR):** 7	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr.-Ing. Y. Wang

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Fortgeschrittene Strömungsmechanik II	Vorlesung / Lecture	34 h (3 SWS)
-ue	Fortgeschrittene Strömungsmechanik II	Übung / Recitation	11 h (1 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Grundgleichungen der inkompressiblen und kompressiblen Strömungen; Sprungbedingen auf singulären Flächen; Potentialströmungen; Stationäre und instationäre kompressible Strömungen; Senkrechte und bewegte Verdichtungsstöße; Kompressible Grenzschichten; Einführung in die Akustik; Strömungen viskoelastischer Fluide

Basic equations of incompressible and compressible fluid flows; Jump conditions on singular surfaces; Potential flows; Steady and unsteady compressible flows; Perpendicular and moving shocks; Compressible boundary layer flows; Introduction of acoustics; Viscoelastic flows

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Inkompressible und kompressible Strömungen differenziert zu beschreiben und Bilanzgleichungen zu erklären.
2. Sprungbedingungen bei Phasengrenzflächen und bei Verdichtungsstößen zu erstellen.
3. Strömungsprobleme idealer Fluide mit Potentialtheorie zu behandeln
4. Kompressible Strömungen zu berechnen und aufgaben mit Stoßwellen zu lösen
5. Kompressible Grenzschichtgleichungen herzuleiten
6. Ein grundlegendes Verständnis der akustischen Erscheinungen zu entwickeln
7. Verschiedene Modellierungen und Verhalten viskoelastischer Fluide zu verstehen

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Describe incompressible and compressible flows in a differentiated way and explain the balance equations
2. Construct jump conditions on phase interfaces or shocks
3. Describe flows of ideal fluids by means of potential theory
4. Solve compressible flow problems involving shock waves
5. Derive simplified equations of compressible boundary layer flows
6. Develop a fundamental understanding of acoustic phenomena
7. Understand various modelings and behaviors of viscoelastic fluids

2 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

Empfohlen sind: 1) Grundkenntnisse der Strömungslehre; 2) Gewöhnliche und partielle Differentialgleichungen.

	Kenntnisse des Teils I dieser Lehrveranstaltung (Fortgeschrittene Strömungsmechanik I) sind nicht vorausgesetzt. Recommended are: 1) Fundamentals of fluid mechanics, 2) Ordinary and partial differential equation. Knowledge of Part I of this lecture is not required.
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Mündliche Prüfung 30 min / Oral exam 30 min.
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Kreditpunkten / Requirement for receiving credits** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Ziffernote / Number grades (marks)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik) Angewandte Mechanik
9	**Literatur / Literature** Hutter, K., and Wang, Y.: Fluid and Thermodynamics. Springer Verlag. Volume 1: Basic Fluid Mechanics (2016), Volume II: Advanced Fluid Mechanics and Thermodynamic Fundamentals (2016), Volume III: Structured and Multiphase Fluids (2018). Vorlesungsskript / Lecture Notes in moodle
	Geänderte Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 4. Februar 2020. Changed module description accepted from academic department on 4 February 2020.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Funktionale Polymere

Functional Polymers

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
07-08-0311	4 CP	120 h	97 h	1 Semester	SS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr. M. Rehahn

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
07-08-0004-vl	Funktionale Polymere	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Behandelt werden im ersten Teil die grundlegende Einteilung der makromolekularen Stoffe, die speziellen Wirkweisen funktionaler Polymerer sowie die Abgrenzung gegenüber polymerer Werkstoffe. Danach werden elektrisch leitfähige Polymere, Polyelektrolyte, flüssigkristalline Polymere, Metallopolymere, Biopolymere und Polymere für die Optik und Medizin im Detail behandelt. Die verschiedenen Polymerklassen werden stets unter dem Gesichtspunkt einer spezifischen Anwendung behandelt.

The first part treats the basic concepts of functional polymers and their distinguishing features against polymer-based construction materials. The second major part of the lecture is more specific and deals with functional polymers bearing electrically or proton-conducting moieties, liquid crystal polymers, metallo polymers and (degradable) biopolymers. The scope of the lecture is the fundamental understanding of molecular polymer-based properties towards various applications.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Die Wirkweise von funktionalen Polymeren zu diskutieren.
2. Die Zusammenhänge der speziellen Eigenschaften der funktionalen Polymere mit ihrer molekularen Konstitution, der elektronischen Struktur, der Kettenkonformation oder dem Aggregations- oder Komplexierungsverhaltens zu erklären.
3. Moderne Anwendungen der Makromolekularen Chemie in der Optik, Elektronik, Informationstechnologie, Medizin u. a. nachzuvollziehen.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Explain the mode of functional polymers.
2. Describe the close relationship between the mode of functional polymers based on a molecular level towards various applications.
3. Describe different platforms in selected fields of polymer-based technologies and applications.

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

5 Prüfungsform / Assessment methods

Klausur/mündliche Prüfung 60 min / Written exam/Oral exam 60 min.

6 Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points

	Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik) Master Chemie M.MC3
9	**Literatur / Literature**

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Gestaltung medizinischer und kritischer Benutzeroberflächen

User Interface Design for medical and critical Interfaces

Modul Nr. / Code	**Leistungspunkte / Credit Points**	**Arbeitsaufwand / Work load**	**Selbststudium / Individual study**	**Moduldauer / Duration**	**Angebotsturnus / Semester**
16-21-3204	4 CP	120 h	97 h	1 Semester	SoSe

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF/DQR)**: 7	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Dr. Michaela Kauer-Franz

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	**Kursname / Course Title**	**Lehrform / Form of teaching**	**Kontaktzeit / Contact hours**
-vl	Gestaltung medizinischer und kritischer Benutzeroberflächen	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Die Studierenden lernen Methoden und Prozesse für die Gestaltung von kritischen und medizinischen User Interfaces kennen. Anhand der IEC 62366-1, der IEC 60601-1-8 und weiteren Normen wird der Unterschied zu gewöhnlicher Interface Gestaltung diskutiert.

The students get to know methods and processes for the design of critical and medical user interfaces. Based on IEC 62366-1, IEC 60601-1-8 and other standards, the difference to conventional interface design is discussed.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Kritische User Interfaces anhand eines mensch-zentrierten Prozesses sicher zu gestalten.
2. Die Qualität eines kritischen oder medizinischen User Interfaces zu bewerten.
3. Ein Medizinprodukt eineindeutig zu definieren und sicher zu entscheiden, ob es sich bei dem eigenen Produkt um ein Medizinprodukt oder ein Health-/Fitnessprodukt handelt.
4. Die Anforderungen an die Usability bei der Gestaltung von Medizinprodukten in der Entwicklung zu berücksichtigen.
5. Die Unterschiede zur Entwicklung von Nicht-kritischen Interfaces zu benennen.
6. Sich sicher für einen angemessenen Prozess anhand der Kritikalität des User Interfaces zu entscheiden.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Design critical user interfaces with the help of a human-centered design process
2. Assess the quality of a critical or medical user interfaces
3. Define what defines a medical device and be able to decide whether the own product is a medical device or not (e.g. health/fitness product)
4. Know the requirements for usability engineering for the design of medical devices during development
5. Know the difference between critical/medical and non-critical/non-medical user interfaces
6. Decide for an appropriate design process on basis of the criticality of the user interface

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

Grundkenntnisse in der Gestaltung von User Interfaces empfohlen

Basic knowledge about the design of user interfaces recommended

5 Prüfungsform / Assessment methods

	Klausur 90 min oder mündliche Prüfung 30 min / Written (90 min) or oral exam (30 min)
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving credits** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote)/ Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature** IEC 62366-1 IEC 60601-1-8 ISO 9241-210 ISO 9241-110 Medial Device Regulation (MDR) REGULATION (EU) 2017/745 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on medical devices Usability Testing of Medical Devices (2015) Michael Wiklund, Jonathan Kendler, Allison Strochlic Medical Device Use Error: Root Cause Analysis (English Edition) (2016) Michael Wiklund, Andrea Dwyer, Erin Davis
	Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 16. Februar 2021 Module description accepted from academic department 16 February 2021.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Gesundheitsmanagement im Betrieb

Health Management at work

Modul Nr. / Code	Credits	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-21-3194	4 CP	120 h	97 h	1 Semester	WS + SS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF/DQR)**: 7	**Modulverantwortliche/r / Module Coordinator** Dr. R. Franke

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Gesundheitsmanagement im Betrieb	Vorlesung / Lecture	20 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Aufbau eines systematischen Gesundheitsmanagements, Gesetzliche Vorgaben des Arbeitsschutz, Arbeitsschutzmanagement. Einflussfaktoren von Arbeit auf Gesundheit und Leistungsfähigkeit von Mitarbeitern und deren systematisches Management.

Set up of a systematic health management. Statutory requirements for occupational health and safety, occupational health and safety management. Impact factors of work on health and performance of employees and their systematic management.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Aspekte, durch die Arbeit die Gesundheit und Leistungsfähigkeit von Mitarbeitern beeinflusst, zu analysieren.
2. Das duale System im Arbeitsschutz und die wichtigsten Arbeitsschutzgesetze bzw. –vorschriften wiederzugeben.
3. Einflussfaktoren, welche auf sicheres bzw. unsicheres Verhalten als Unfallursache einwirken, zu beeinflussen.
4. Ein modernes Arbeitsschutz- und Gesundheitsmanagementsystem zu entwickeln.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. analyze aspects which influence health and performance of employees.
2. reflect the dual system of health and safety and the most important health and safety laws and regulations.
3. influence the impact factors on safe resp. unsafe behaviour as a root cause of incidents.
4. develop a modern occupational health and safety and health management system.

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

Grundlagen Arbeitswissenschaft empfohlen.

Basic knowledge of Human Factors/Ergonomics (recommended).

5 Prüfungsform / Assessment methods

Mündliche Prüfung 30 min / Oral exam 30 min.

6 Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving credits

Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.

7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote)/ Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature** Griefahn, B.: Arbeitsmedizin. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart 1989 DGFP e.V.: Integriertes Gesundheitsmanagement - Konzept und Handlungshilfen für die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen; Bertelsmann Verlag, Bielefeld 2014
	Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 14. Juli 2015. Module description accepted from academic department on 14 July 2015.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Globale Satellitennavigationssysteme und Bahnbestimmung

Global Satellite Navigation Systems and Orbit Determination

Modul Nr. / Code	Credits	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-23-3204	4 CP	120 h	97 h	1 Semester	SoSe

Sprache / Language: Englisch / English **Level (EQF/DQR)**: 7	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr.-Ing. W. Enderle

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Global Satellite Navigation Systems and Orbit Determination	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Die Vorlesung behandelt ausgewählte Themen zu präzisen Anwendungen der Globalen Satellitennavigationssysteme (GNSS) am Beispiel der Europäischen Navigationssysteme EGNOS und Galileo:

- Zeitreferenz
- Geodätische Referenz von Galileo
- Architektur von Galileo und EGNOS
- Signale
- Navigations-Message
- Beobachtungsgleichungen für Multi-GNSS
- Algorithmen zur PVT Bestimmung basierend auf multi-GNSS Messungen
- Precise Point Positioning
- Hochgenaue Bahnbestimmung von Satelliten

The lecture addresses selected topics of high-precision applications of global satellite navigation systems (GNSS) at the example of the European navigation systems EGNOS and Galileo:

- Time reference
- Geodetic reference of Galileo
- Galileo and EGNOS architectures
- Signals
- Navigation messages
- Obsesrvation equations for multi-GNSS
- Algorithms for PVT determination based on multi-GNSS measurements
- Precise point positioning
- High-precision orbit determination of satellites

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Den Aufbau der globalen Satellitennavigationssysteme, deren Anwendungsgebiete und ihrer Komponenten zu erklären.
2. Die Zusammenhänge der GNSS mit den Anforderungen der Positionierung, der Navigation und der geowissenschaftlichen Disziplinen (z.B. Geodaetische Referenzsysteme, Zeitreferenz, Erdrotation, Gravitationspotential,...) zu erläutern.

	3. Die Leistungsfähigkeit und die Beiträge der GNSS zu beurteilen und Anwendungen zu konzipieren. 4. Die Grundgleichungen der Satellitennavigation, der Bahnbestimmung und der Modellierung in Auswert- und Analysesoftware anzuwenden. On successful completion of this module, students should be able to: 1. Explain the structure of global satellite navigation systems, their applications and components. 2. Explain the relations between localisation requirements, navigation, and the geoscience disciplines (e.g. Geodetic reference systems, Time reference, Earth rotation, Gravitational potential etc.) 3. Evaluate the performance and contributions of GNSS and to conceptualise GNSS applications. 4. Apply the basic equations for satellite navigation, orbit determination and modelling in post-processing and analysis software.
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation**
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Klausur von 60 Minuten Dauer / Written examination of 60 minutes duration
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving credits** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote)/ Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature** Hofmann-Wellenhof, Lichtenegger, Wasle: GNSS - Global Navigation Satellite Systems. Springer-Verlag. 2008. Misra, Enge: Global Positioning System, Signals, Measurements and Performance. 2nd Edition. Ganga-Jamuna Press. 2006. Ley, Wittmann, Hallmann (Hrsg.): Handbuch der Raumfahrttechnik. 4. Aufl. 2011. Car kHanser-Verlag. Ggf. wird weitere Literatur während der Lehrveranstaltung bekannt gegeben.
	Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 16. Februar 2021. Module description accepted from academic department on 16 February 2021.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Grundlagen der Faserverbundwerkstoffe

Introduction to Composite Materials

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-12-3204	4 CP	120 h	97 h	1 Semester	SoSe

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR):** 7	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Dr.-Ing. Hauke Lengsfeld

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
vl-	Grundlagen der Faserverbundwerkstoffe	Vorlesung / Lecture	23h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Überblick u. Prinzipen Verbundwerkstoffe und Hybridwerkstoffe, Anwendung in Bereichen der Technik wie Luftfahrt, Automotive, Bauwesen u.a., Grundlagen und Eigenschaften polymerer Werkstoffe (Thermoplaste, Duroplaste), Herstellung versch. Fasern und deren Eigenschaften, Herstellung trockener, textiler Halbzeuge, Kernwerkstoffe und Sandwich, Herstellung Halbzeuge mit Matrix, Verarbeitungstechniken und Herstellung Composites aus versch. Halbzeugen und Grundmaterialien, Toolings und Formenbau, mechanische Nachbearbeitung von FVK, Verbindungstechniken (Nieten/Kleben), Recycling von FVK, Kosten von Compositebauteilen

Overview and principles of fibre composite materials and hybrids, application in areas of technology such as aviation, automotive, construction, etc., basics and properties of polymer materials (thermoplastics, thermosets), production of different materials, etc. Fibres and their properties, production of dry, textile semi-finished products, core materials and sandwich, production of semi-finished products with matrix, processing techniques and production of composites from various materials, production of composite materials and composite materials. Semi-finished products and basic materials, toolings and mouldings for composite manufacturing, mechanical processing of FRP, joining techniques (rivets/adhesives), recycling of FRP, costs of composite parts

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Faserverbundwerkstoffe und deren Eigenschaften zu erklären, zu differenzieren und einzuschätzen.
2. Die Herstellung und Bearbeitung von Faserverbundwerkstoffe zu erläutern und zu differenzieren und in begrenztem Umfang anwenden.
3. Die unterschiedlichen Materialien zur Herstellung moderner Faserverbundkunststoffe zu erklären, zu differenzieren und zu kombinieren.
4. Die Unterschiede von Faserverbundkunststoffe und metallischen Werkstoffen zu erläutern und bei einfachen Fragstellungen zur Werkstoffauswahl und Anwendungen zu transferieren.
5. Geeignete Materialien für Toolings evaluieren, Grundlagen zur Auslegung von Toolings zu erläutern und auf einfache Beispiele anzuwenden

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Explain, differentiate and assess fibre reinforced composites and their properties
2. Explain and differentiate the manufacture and processing of fibre-reinforced composites and to apply them to a limited extent
3. Explain, differentiate and combine the different materials used to produce modern fibre-reinforced

	plastics 4. Explain the differences between fibre-reinforced plastics and metals and, in the case of simple questions, to transfer them to material selection and applications 5. Evaluate suitable materials for toolings, explain the basics of tooling design and apply them to simple examples
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** -
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Mündliche Prüfung (20 min) oder Klausur (60 min) / oral (20 min) or written examination (60 min.) Wird zu Beginn der Veranstaltung bekanntgegeben / will be announced at the beginning of the term.
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote)/ Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik) Mechatronik
9	**Literatur / Literature** Lengsfeld/Mainka: Carbonfasern – Herstellung, Verarbeitung, Anwendung, Hanser 2019 Lengsfeld/Altstädt et.al.: Prepregs – Herstellung und Verarbeitung, Hanser 2014 Neitzel/Mitschang: Handbuch Verbundwerkstoffe: Werkstoff, Verarbeitung, Anwendung, München, Hanser, 2004 Ehrenstein: Faserverbund-Kunststoffe, Hanser, 2. Auflage 2006 Schwarz/Ebeling/Furth: Kunststoffverarbeitung, Würzburg, Vogel, 10. Auflage 2005 Michaeli: Einführung in die Kunststoffverarbeitung, München, Hanser Verlag, 5. Auflage 2006 Flemming/Ziegmann/Roth: Faserverbundbauweisen –Halbzeuge und Bauweisen, Berlin Heidelberg, Springer, 1996 Flemming/Ziegmann/Roth: Faserverbundbauweisen – Fertigungsverfahren mit duroplastischer Matrix, Berlin Heidelberg, Springer, 1999 Flemming/Ziegmann/Roth: Faserverbundbauweisen – Faser und Matrices, Berlin Heidelberg, Springer, 1995
	Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 16. Februar 2021. Module description accepted from academic department on 16 February 2021.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Grundlagen der Kunststoffverarbeitung

Basics of Polymer Processing

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
07-08-0312	4 CP	120 h	97 h	1 Semester	SS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr. M. Rehahn

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
07-08-0013-vl	Grundlagen der Kunststoffverarbeitung	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Behandelt werden im Schwerpunkt die Urformverfahren, wie Spritzgießen mit seinen vielfältigen Varianten und die Extrusion sowie die Fügeverfahren. Dies umfasst jeweils die Maschinentechnik, als auch die Werkzeug- und die Verfahrenstechnik. Nach einer Einführung in die Begrifflichkeiten werden der Aufbau der Maschinen und die Prozessabläufe mit den jeweiligen Auswirkungen von Schmelzeströmungen und Abkühlvorgängen auf die Kunststoff-Formmasse und die sich ausbildenden inneren Strukturen und Morphologien vermittelt.

Focus are the polymer production processes directly out of the melt as injection moulding with its variants, extrusion and joining technologies. This includes the basics of the construction of the machines, the concepts for toolings and the processing technology. After an introduction to the terminology, the concepts of typical machines and the basics of the processing are discussed. The melt flow characteristics and the thermodynamics of cooling are used as a basis to understand the developing of morphology in the production process.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Die Terminologie der Kunststoffverarbeitung sicher anzuwenden.
2. Geeignete Kunststoff-Verarbeitungsverfahren für gegebene Bauteilgeometrien auszuwählen und die Vor- und Nachteile verschiedener alternativer Verfahren aufzuzeigen.
3. Die erlernten Zusammenhänge auf komplexere Prozessketten zu übertragen.
4. Den Einfluss der Verarbeitung auf die Morphologie der Formteile und auf die Endeigenschaften der Bauteile darzustellen und zu vergleichen.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Apply the right terminologies for polymer processing.
2. Identify appropriate processing technologies for defined geometries of plastic products and explain the advantages and disadvantages of suitable alternatives.
3. Transfer the gained knowledge on processes with higher complexity.
4. Show and compare the influence of the processing on the materials morphology and on the properties of the final product.

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

5 Prüfungsform / Assessment methods

	Klausur/mündliche Prüfung 30 min / Written exam/Oral exam 30 min.
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik) Master Chemie M.MC11
9	**Literatur / Literature**

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Grundlagen der Messtechnik und Datenerfassung mit LabVIEW

Principles of Measurement Technique and Data Acquisition with LabVIEW

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-13-3264	6 CP	180 h	146 h	1 Semester	WS + SS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Dr. S. Wagner

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Grundlagen der Messtechnik und Datenerfassung mit LabVIEW	Vorlesung / Lecture	34 h (3 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Grundlegende Funktionsweisen und Aufbau ausgewählter Sensoren und deren Signalformen; Struktur Grundlagen und Funktionsprinzip eines Datenerfassungssystems; Funktionsweise verschiedener Sensoren; Entwicklung von LabVIEW Programmen; verschiedene Datentypen; Analyse und Verständnis der LabVIEW Programme; wissenschaftliche Aufbereitung und Darstellung der Messdaten; praktische Umsetzung des Gelernten in Gruppenarbeit

Basics and functional principle of data acquisition systems, functional principle of different sensors; Development of LabVIEW programs; different Data Types; Analyzing existing LabVIEW codes; Preparing, documentating, and presenting scientific-technical data; practical work in small group tutorials.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Einfache bis mittlere Messtechnikaufgaben selbständig zu planen und aufzubauen.
2. Sensoren auszuwählen und an ein Messdatenerfassungssystem anzuschließen.
3. Programme zur Messdatenerfassung in LabVIEW zu entwickeln und die Struktur des Codes zu analysieren.
4. Sensoren unter Nutzung labortypischer Datenerfassung-Hardware anzuschließen.
5. Datentypen zu differenzierten.
6. Die wissenschaftlich-technischen Messdaten aufzubereiten, zu dokumentieren und zu präsentieren.
7. Die Grundlagen und Unterschiede verschiedener Messdatenerfassungssysteme im Kontext sowohl verschiedener Software- als auch Hardware-Architekturen zu beschreiben.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Plan and assemble by themselves easy up to moderate complex measurement tasks.
2. Select sensors for specific measurement tasks and connect sensors to a data acquisition system.
3. Develop programs for data acquisition with LabVIEW for analyzing the structure of the software code.
4. Connect sensors to typically used data acquisition hardware.
5. Distinguish and apply different data types.
6. Prepare, document, and present scientific-technical data.
7. Describe basics and modifications of the different data acquisition systems in the context of the diverse software and hardware architectures.

4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** Messtechnik, Sensorik und Statistik (vormals: Messtechnik im Maschinenbau) empfohlen Measurement Techniques, Sensors and Statistics (formally: Measurement Techniques) recommended
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Sonderform (40 % mündliche Prüfung über die Grundlagen der Programmierung mit LabVIEW und die theoretischen Grundlagen der Messtechnik, 40 % praktische Lösungen einer messtechnischen Aufgaben mit LabVIEW, 20 % aus einer Präsenz-Übung im Verlauf der Vorlesung) special form (40 % oral examination, theoretical basics, 40 % practical work with LabView, problem identification and solution finding, 20 % examination during the course)
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature** Die Folien stehen vorlesungsbegleitend auf der Homepage der beteiligten Institute und Forschungsgruppen zur Verfügung / The current lecture notes can be downloaded from the web pages of the involved institutes and research groups IDD - http://www.idd.tu-darmstadt.de/studium_lehre/vorlesungen_2; RSM - http://www.csi.tu-darmstadt.de/institute/rsm/lehre_22) HTPD - http://www.csi.tu-darmstadt.de/institute/high_temperature_process_diagnostics/lehre_htpd/lehre_htpd_1.de.jsp

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Grundlagen der Navigation I

Fundamentals of Navigation I

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-23-5050	4 CP	120 h	86 h	1 Semester	SS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr.-Ing. J. Beyer

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Grundlagen der Navigation I	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)
-ue	Grundlagen der Navigation I	Übung / Recitation	11 h (1 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Navigationsarten, Erdmodelle, Koordinatensyteme, Radionavigation, Grundlagen und Instrumente (ADF, VOR, DME, ILS), Koppelnavigation, Funktionsprinzip und Fehleranalyse, Satellitennavigation, Einführung in GPS, Signalaufbau und Messprinzip, Verminderung der Präzession (Dilution of Precision, DoP), Differential-GPS, Augmentation Systeme (RAIM, GIC, WAAS, LAAS, EGNOS).

Navigation principles, Earth models, Coordinate systems, Radio navigation, Basics and instruments (ADF, VOR, DME, ILS), dead reckoning, functional principles and error analysis, satellite navigation, Introduction into GPS, signal description and measurement principles, Dilution of Precision (DoP), Differential GPS, Augmentation systems (RAIM, GIC, WAAS, LAAS, EGNOS).

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Die Physik der Navigation auf der Erde zu erklären.
2. Die verwendeten Koordinatensysteme und möglichen Kartenprojektionen einzuordnen.
3. Die Verfahren der Radio-, Koppel- und Satellitennavigation hinsichtlich ihrer Performance und Einsatzmöglichkeiten zu beurteilen.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Explain the physics associated with the navigation of the earth.
2. Classify common coordinate systems and map projections.
3. Judge the methods of radio, coupling, and satellite navigation with respect to performance and applications.

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

Empfohlen: Systemtheorie und Regelungstechnik

Recommanded: Control Engineering

5 Prüfungsform / Assessment methods

Mündliche Prüfung (in 3er-Gruppen) 60 min

Oral exam (in a group with 3 students) 60 min

6 Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points

Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.

7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik) Master Mechatronik
9	**Literatur / Literature** Vorlesungsskript verfügbar. Course notes available.
	Geänderte Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 8. November 2016. Changed Module description accepted from academic department on 8 November 2016.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Grundlagen der Navigation II

Fundamentals of Navigation II

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-23-5060	4 CP	120 h	86 h	1 Semester	WS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr.-Ing. J. Beyer

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Grundlagen der Navigation II	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)
-ue	Grundlagen der Navigation II	Übung / Recitation	11 h (1 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Inertialnavigation (Aufbau Strapdown-Algorithmus, Fehlermodell, Schulerschwingung, barometrische Höhenstützung, Ringlaserkreiselmodell und Funktionsweisen). Integrierte Navigation (Signalmittelung, Luenberger-Beobachter, Wiener-Filter, Kalman-Filter, Fehlerdetektion und –isolation, Open- und Closed-Loop-Konzept, Geländedatenbank basierte Verfahren). Navigation im Flugzeug (Aufbau und Struktur der Hybridnavigation, Navigationsdatenbank, Navigationsmodes im Flugzeug, Guidance and Control, 4D-Navigation, Required Time of Arrival). Anwendungen und Beispiele (Map Shifts, Koppelnavigation).

Inertial navigation (Structure of strapdown algorithm, error model, Schuler oscillation, barometric aiding, ring laser gyro model and functionality). Integrated navigation (Signal blending, Luenberger observer, Wiener filter, Kalman filter, failure detection and isolation, open- and closed-loop concept, terrain database-based methods). Aircraft navigation (Structure of hybrid navigation, navigation database, navigation modes, guidance and control, 4D navigation, required time of arrival), applications, and examples (Map shifts, dead reckoning navigation).

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Die Verfahren der Inertialnavigation und der integrierten fehlertoleranten Navigation hinsichtlich ihrer Performance und Einsatzmöglichkeiten zu beurteilen.
2. Die Funktion und Einsatzmöglichkeiten von Flight Management Systemen zu beschreiben.
3. Die aktuelle Verfahren der Flugführung einzuordnen.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Judge the methods of inertial and integrated fault tolerant navigation with respect to performance and applications.
2. Describe functions and applications of flight management systems.
3. Classify current procedures of flight guidance.

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

Grundlagen der Navigation I, Systemtheorie und Regelungstechnik empfohlen

Fundamentals of Navigation I, Control Engineering suggested

5	**Prüfungsform / Assessment methods** Mündliche Prüfung (in 3er-Gruppen) 60 min Oral exam (in a group with 3 students) 60 min
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik) Master Mechatronik
9	**Literatur / Literature** Vorlesungsskript verfügbar. Course notes available.
	Geänderte Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 21. Juni 2016. Changed module description accepted from academic department on 21 June 2016.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Grundlagen der Papiertechnik

Fundamentals of Paper Science

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-16-5020	4 CP	120 h	97 h	1 Semester	WS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr.-Ing. S. Schabel

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Grundlagen der Papiertechnik	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Physikalische Modellierung der Prozesse einer Papiermaschine(Blattbildung, mechanische und thermische Entwässerung), Modellierung wichtiger Papiereigenschaften wie Festigkeit und optische Eigenschaften Modellierung und Optimierung von Verfahren der Stoffaufbereitung,

Physical models of sheet forming on the paper machine, mechanical and thermal dewatering, modelling of relevant paper properties like strength and optical properties, modelling and optimisation of stock preparation processes.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Die Modelle zur Beschreibung von Teilprozesse der Papierherstellung und des Papierrecycling zu erklären und an Beispielen anzuwenden.
2. Die wissenschaftlichen Ansätze zur Beschreibung und Modellierung von Papiereigenschaften zu beschreiben und Zusammenhänge zwischen Produktionsparametern und diesen Papiereigenschaften zu erklären.
3. Modelle für Teilprozesse der Papierherstellung und des Papierrecycling für eine systematische Analyse von Problemen und zur Optimierung dieser Prozesse anzuwenden.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Explain scientific models for subprocesses and unit operations in paper production and paper recycling and apply such models on examples.
2. Describe scientific models for paper properties and effects of production parameters on those properties.
3. Apply scientific models of unit operations for paper production and paper recycling for systematically analysing production problems and system optimisation.

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

keine / none

5 Prüfungsform / Assessment methods

Mündliche Prüfung 30 bis 45 min / Oral exam 30-45 min.

6 Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points

Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.

7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master PST IV (Kernlehrveranstaltungen der Papiertechnik) WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft)
9	**Literatur / Literature** Booke Series: Papermaking Science and Technology, published by Paperi ja Puu Oy, Bd. 7 - 10

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Grundlagen des CAE/CAD

Principles of CAE/CAD

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-07-5060	4 CP	120 h	86 h	1 Semester	WS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr.-Ing. R. Anderl

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Grundlagen des CAE/CAD	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)
-ue	Grundlagen des CAE/CAD	Übung / Recitation	11 h (1 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Einführung in die virtuelle Produktentwicklung, Architektur von CAx-Systemen, geometrisches Modellieren, Methoden des rechnergestütztes Konstruieren, Parametrische 3D-CAD-Systeme, bidirektionale Assoziativität, numerische Berechnung und Simulation, digitale Prozessketten im Produktlebenszyklus, FEM, CFD, DMU, MKS, RPT

Introduction into virtual product development, architecture of CAx-systems, geometrical modeling, methods of computer aided design, parametric 3D-CAD-systems, bidirectional associativity, numeric calculation and simulation, digital process chains, FEA, CFD, DMU, MBS, RPT

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Konzepte und Methoden der virtuellen Produktentwicklung zu erklären.
2. Methoden zur rechnergestützten Produktmodellierung und Simulation zu erklären.
3. Grundlegenden Methoden der Modellierung mit 3D-CAD-Werkzeugen anzuwenden.
4. CAx-Prozessketten zur funktionellen Absicherung von Produkten zu entwickeln.
5. Die Finiten Elemente Methode (Finite Element Analyse, FEA) anwenden.
6. Berechnungs- und Simulationsergebnissen zu evaluieren.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Explain the concepts and methods of virtual product development.
2. Explain the methods of computer-aided product modeling and simulation.
3. Apply fundamental methods of 3D-CAD-modeling.
4. Develop CAx-process chains for functional hedge of products.
5. Apply Finite Element Analysis.
6. Evaluate analysis and simulation results.

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

5 Prüfungsform / Assessment methods

Klausur 90 min / Written exam 90 min.

6 Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points

Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.

7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik) Bachelor Computational Engineering
9	**Literatur / Literature** Gebundenes Skriptum erwerbbar, Skript und Vorlesungsfolien online verfügbar, Online-Tutorial Dual-Mode: "Grundlagen des CAE/CAD" ist eine E-Learning-Vorlesung. Lecture notes can be purchased in the institute's secretarial office. Lecture slides and exercise tutorials are available on the website. This lecture is designated an 'e-learning' module.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Grundphänomene in Mehrphasenströmungen

Basic Phenomena in Multiphase Flows

Modul Nr. / Code	**Credit Points**	**Arbeitsaufwand / Work load**	**Selbststudium / Individual study**	**Moduldauer / Duration**	**Angebotsturnus / Semester**
16-11-3214	4 CP	120 h	97 h	1 Semester	WS

Sprache / Language: Englisch / English **Level (EQF / DQR):** 7	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Apl Prof. I. Roisman

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	**Kursname / Course Title**	**Lehrform / Form of teaching**	**Kontaktzeit / Contact hours**
-vl	Basic Phenomena in Multiphase Flows	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Einführung; Partikelbewegung; Blasentransport; Blasendynamik; Dünne Flüssigkeitsfilme; Instabilitäten; Sprays und Aerosole; Tropfeninteraktion im Spray; Suspensionen und Emulsionen; Strömung in porösen Medien; Granulare Materie, Granulare Strömungen; Strömungen mit Phasenwechsel.

Introduction; Single particle motion; Bubble transport, bubble dynamics; Thin liquid films; Instabilities; Sprays and aerosols; Interaction phenomena in sprays; Suspensions and emulsions; Flows in porous media; Granular media, granular flows; Flows with phase change.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Unterschiedliche Arten und grundlegende Phänomene der Mehrphasenströmungen zu identifizieren.
2. Grundlegende hydrodynamische Probleme in den Mehrphasenströmungen, die auf der Dynamik von Tropfen, Blasen, Strahlen und Filme, Strömungen in poröse Media und in Granulare Materie basieren, zu lösen. Spraydynamik.
3. Wissenschaftliche Literatur im Gebiet der Mehrphasenströmungen einzuordnen, so dass Sie die wichtige Begriffe und Methoden erläutern können, die Ergebnisse kritisch auszuwerten und die wichtigsten Erkenntnisse zusammenzufassen.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Identify different types and basic phenomena of multiphase flows
2. Solve elementary problems related to multiphase flows
3. Evaluate and present modern scientific publications in the field of multiphase flows

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

Technische Strömungslehre empfohlen / Fundamental Fluid Mechanics recommended

5 Prüfungsform / Assessment methods

Mündliche Prüfung 30 min / Oral exam 30 min.

6 Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points

Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.

7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature** Ashgriz (ed.) *Handbook of atomization and sprays.* Springer 2011 Crowe, Clayton T., (ed.) *Multiphase flow handbook.* Vol. 59. CRC press, 2005. Yarin, A.L., Roisman, I. V., Tropea, C, *Collision Phenomena in Liquids and Solids*. Cambridge University Press, 2017.
	Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 18. Juli 2017. Module description accepted from academic department on 18 July 2017.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Hochgenaue Verfahren zur numerischen Strömungssimulation

High-Accuracy methods for Computational Fluid Dynamics

Modul Nr. / Code	Credits	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-64-3264	6 CP	180 h	135 h	1 Semester	SS

Sprache / Language: Primär Deutsch, Englisch auf Anfrage / German, English upon request **Level (EQF/DQR)**: 7	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Dr.-Ing. Florian Kummer

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Hochgenaue Verfahren zur numerischen Strömungssimulation	Vorlesung / Lecture	34 h (3 SWS)
-ue	Hochgenaue Verfahren zur numerischen Strömungssimulation	Übung / Recitation	11 h (1 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Theorie: Motivation für Verfahren höherer Ordnung; stückweise Approximation durch Polynome; konservative Form von PDEs; Fluss-Formulierung, schwache Formulierung und Bilinearformen; numerische Flüsse; interior penalty für Probleme 2. Ordnung; Zeitdiskretisierung; Lösungsalgorithmen
Rechnerübung: Implementierung von Lösern für mehrdimensionale skalare Probleme 1. und 2. Ordnung in einem gegebenen Framework; Experimentelle Untersuchung von Stabilität, Konvergenz, Konditionierung und Performanz

Theory: Motivation for higher order methods; piecewise approximation by polynomials; conservative form of PDEs; flux formulation, weak form and bilinear forms; numerical fluxes; interior penalty for second order problems; time discretization; solution algorithms
Computer lab: Implementation of solvers for multidimensional scalar problems of first and second order in an existing framework; Experimental examination of stability, convergence, conditioning and performance

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Die grundlegenden theoretischen Eigenschaften der Discontinuous Galerkin (DG) Diskretisierung (Stabilität, Konsistenz und Konvergenz) zu erklären
2. Die Anwendbarkeit und zu erwartende Effizienz von Verfahren höherer Ordnung für ein gegebenes Problem zu beurteilen
3. Problemstellungen in Form von partiellen Differentialgleichungen in die diskrete Form zu überführen und einfache Lösungsalgorithmen effizient zu implementieren
4. Numerische Simulationen auf Basis von DG durchzuführen, zu analysieren und zu bewerten
5. Aktuelle Fachartikel über DG Methoden zu analysieren

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Explain fundamental properties (stability, consistency and convergence) of the Discontinuous Galerkin (DG) discretization
2. Assess the applicability and the expectable efficiency of higher order methods for a given problem
3. Derive the discrete form of problem statements and to implement basic solution algorithms efficiently
4. Conduct, analyze and evaluate numerical simulations based on DG
5. Analyze current publications about DG methods

4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** 1) Grundkenntnisse über gewöhnliche und partielle Differentialgleichungen 2) Vorlesung Numerische Berechnungsverfahren empfohlen 3) Elementare Programmierkenntnisse (z.B. MATLAB, C/C++, Java, C#) für Übung empfohlen
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Mündliche Prüfung 30 min / Oral exam 30 min.
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving credits** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik) Master Computational Engineering Master Mechanik
9	**Literatur / Literature** Di Pietro, Ern: Mathematical aspects of discontinuous Galerkin methods. Springer, 2012 Toro: Riemann solvers and numerical methods for fluid dynamics. Springer, 2009 Vorlesungsskript und weiteres Lernmaterial wird auf https://moodle.tu-darmstadt.de bereitgestellt Lecture notes and additional study material will be made available at https://moodle.tu-darmstadt.de
	Geänderte Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 6. Februar 2018 (vorhergehender Modulname: Angewandte Diskontinuierliche Galerkin Methoden). Changed module description accepted from academic department on 6 February 2018 (Precedent module title: Applied Discontinuous Galerkin methods).

Modulbeschreibung / Module Description

Modulname / Module Title

Hochtemperaturwerkstoff- und Bauteilverhalten II

High Temperature Materials Behaviour II

Modul Nr. / Code	**Credit Points**	**Arbeitsaufwand / Work load**	**Selbststudium / Individual study**	**Moduldauer / Duration**	**Angebotsturnus / Semester**
16-08-3284	4 CP	120 h	90 h	1 Semester	SoSe

Sprache / Language: Englisch / English **Level (EQF/DQR)**: 7	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Dr.-Ing. C. Kontermann

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	**Kursname / Course Title**	**Lehrform / Form of teaching**	**Kontaktzeit / Contact hours**
-vl	High Temperature Materials II	Vorlesung / Lecture	24 h (2 SWS)
-ue	High Temperature Materials II	Übung / Recitation	6 h (0,5 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

A: Materialmodellierung: 1: Grundlagen und Hintergründe zur zyklischen, ratenunabhängigen Plastizität: Verfestigung, Bauschinger-Effekt, Masing-Verhalten, Memory-Verhalten (Zyklische Plastizität); 2: Grundlagen zur Beschreibung temperaturinduzierten ratenabhängigen Plastizität bzw. Viskoplastizität (Kriechen); 3: Grundsätzlicher Aufbau und Kategorien von Materialmodellen innerhalb der strukturmechanischen Simulationslösung „Finite Elemente Methode“ (FEM); 4: Implementierung von zyklischer Plastizität und Kriechen innerhalb der FEM: Inkrementelle Theorie vs. Deformationstheorie; 5: Beispielhafte Anwendung innerhalb der FEM-Systeme ANSYS und ABAQUS

B: Schädigung & Lebensdauer: 1: Einführung des Begriffs „Schädigung“ & mikrostrukturelle Aspekte; 2: Grundlagen zum Einfluss von Mittelspannung, Mehrachsigkeit und zusammengesetzter Belastung; 3: Phänomenologische Beschreibung von Kriechermüdungsinteraktion; 4: Konstitutive, vereinheitlichte Material- und Schädigungsmodelle; 5: Beispielhafte Anwendung im Rahmen von Lebensdaueranalysen

C: Numerische Bruchmechanik: 1: Wiederholung bruchmechanischer Grundlagen; 2: Grundlagen zur Kriechbruchmechanik; 3: Grundlagen zum Rissschließverhalten: Formen, analytische und numerische Beschreibungen; 4: Grundlagen zur numerischen Beschreibung von Rissen innerhalb der FEM in 2D und 3D; 5: Beispielhafte Anwendung im Rahmen von Schadensfallbewertungen

A: Material modelling: 1: Cyclic, rate-independent plasticity: hardening, Bauschinger-effect, Masing-behavior, Memory-behaviour (Cyclic Plasticity); 2: Description of temperature induced, rate-dependant plasticity resp. viscoplasticity (Creep); 3: General structure and categories of material models within the structural mechanic simulation approach „Finite Element Method“ (FEM); 4: Implementation of Cyclic Plasticity and Creep within the FEM: Incremental Theory vs. Deformation Theory; 5: Example application within the FEM-Software ANSYS and ABAQUS

B: Damage & Lifetime: 1: Introduction of the term „Damage“ & microstructural aspects; 2: Basics with regard to effects like: Mean stress, multiaxiality and superposed loading; 3: Phenomenological description of creep-fatigue interaction; 4: Constitutive, unified material- and damage models; 5: Example application „Lifetime Analysis of a component“

C: Numerical Fracture Mechanics: 1: Recap of Fracture Mechanic Fundamentals; 2: Creep Fracture Mechanics: Basics; 3: Description and Relevance of Crack Closure: forms, analytical and numerical approaches; 4: Numerical description of cracks within the FEM in 2D and 3D; 5: Example application „Assessment of a real component crack“ with ANSYS and ABAQUS

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Relevante Aspekte des zyklischen Werkstoffverhaltens auszudrücken.

	2. Verschiedene Formen und Modellgleichungen zur Beschreibung von Kriechen zu erläutern. 3. Die Implementierung von zyklischer Plastizität und Kriechen innerhalb der Anwendung der Finiten Elemente Methode durchzuführen und auf Basis der Inkrementellen Theorie der Plastizitätslehre zu erklären und zu bewerten. 4. Aspekte der Werkstoffschädigung im Kontext der Mikrostruktur sowie von praxisrelevanten Beschreibungsansätzen zu erläutern. 5. Einflussfaktoren auf die Lebensdauer von hochtemperaturbeanspruchten Komponenten zu beschreiben und phänomenologische und konstitutive Beschreibungsansätze zu erläutern. 6. Das Verhalten von Rissen im Hochtemperaturbereich zu analysieren. 7. Verschiedene Formen sowie Beschreibungsansätze zum Rissschließverhalten zu erläutern. 8. Numerische Beschreibungsansätze von Rissen unter Verwendung der Finiten Elemente Methode anzuwenden. After following this lecture the student will be able to: 1. Express relevant aspects of a cyclic material behaviour 2. Explain different forms and modelling approaches to describe the creep behaviour 3. Explain and evaluate the implementation of cyclic plasticity and creep within the FEM on the basis of the incremental theory of plasticity 4. Explain aspects of material damage based on the microstructure itself as well as based on component relevant description approaches 5. Explain factors and their phenomenological and constitutive description approaches which have a lifetime impact on high temperature induced components 6. Analyse the behaviour of crack within the high-temperature regime 7. Explain different forms and description approaches of crack closure 8. Apply numerical fracture mechanic approaches of cracks within the FEM
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** Vorlesung High Temperature Materials I empfohlen Recommended: the lecture “High Temperature Materials I”
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Mündliche Prüfung (30 min) oder Klausur (60 min) / Oral (30 min) or written exam (60 min) Wird zu Beginn der Veranstaltung bekanntgegeben / will be announced at the beginning of the term.
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programm** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature** o Oechsner M., Kontermann C.: Umdruck zur Vorlesung (Foliensätze) o Webster G.A., Ainsworth R.A. (1994): High Temperature Component Life Assessment, Chapman & Hall o Maier H.J., Niendorf T., Bürgel R. (2019) Handbuch Hochtemperatur-Werkstofftechnik. Springer Vieweg, Wiesbaden o Rösler J., Harders H., Bäker, M. (2019) Mechanisches Verhalten der Werkstoffe, Springer-Verlag o Lemaitre J., Chaboche J.-L. (2000): Mechanics of solid materials, Cambridge University Press o Gross D., Seelig T. (2007): Bruchmechanik, Springer
	Geänderte Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 16. Februar 2021. Changed module description accepted from academic department on 16 February 2021.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Human Factors in Air Traffic Management

Human Factors in Air Traffic Management

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-21-5170	4 CP	120 h	97 h	1 Semester	WS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr.-Ing. R. Bruder

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Human Factors in Air Traffic Management	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Geschichte der Flugsicherung; Organisation der DFS Deutsche Flugsicherung GmbH; Aufgaben und Tätigkeiten der Fluglotsen; Systemtheoretische Grundlagen; Umgang mit Komplexität; Safety, Human Error und Performance-Variabilität; Systemgestaltung und Automatisierung in der Flugsicherung; Mensch-Maschine-Systemevaluation; Zukunftstrends.

History of Air Traffic Management; Organisational Aspects of the German Air Traffic Control (DFS); Tasks and Duties of Air Traffic Controllers; System Theory Basics; Dealing with Complexity; Safety, Human Error and Performance Variability; System Design and Automation in Air Traffic Control; Evaluation of Human-Machine-Systems; Future Trends.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Die wichtigsten Aufgaben, Ziele und Zielkonflikte zwischen den Akteuren sowie grundlegende historische Entwicklungen, welche zu einer ganzheitlichen Sicht auf die Untersuchung von kritischen Vorfällen bzw. die Sicherheit in der Luftfahrt geführt haben, zu benennen.
2. Kritische Vorfälle unter Berücksichtigung einer systemischen Perspektive sowie unterschiedlicher Einflussfaktoren (organisatorisch, technisch, persönlich) systematisch zu analysieren und ihre Erkenntnisse auch auf andere Themenbereiche übertragen.
3. Den Einfluss der Performance-Variabilität des Menschen sowie interindividueller Unterschiede auf Leistung und Zielerreichung zu diskutieren.
4. Die Parameter resilienter Organisationen und Systeme zu erklären.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Specify the main tasks, aims and trade-offs within the stakeholders as well as basic milestones which changed the view on critical incidents and safety in aviation.
2. Analyse incidents from a systemic perspective and in consideration of various parameters (organisational, technical, individual) and to transfer their findings to other fields.
3. Discuss the influence of performance variability and interindividual differences on performance and effectiveness.
4. Explain the parameters of resilient organisations and systems.

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

5	**Prüfungsform / Assessment methods** Mündliche Prüfung 30 min / Oral exam 30 min.
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature**

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Inkjet-Druck für die digitale Fertigung

Inkjet Printing for Digital Fabrication

Modul Nr. / Code	Credits	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-17-3274	4 CP	120 h	97 h	1 Semester	Start WS 19/20, dann SS

Sprache / Language: Englisch / English **Level (EQF / DQR):** 7	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr.-Ing. E. Dörsam

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Inkjet Printing for Digital Fabrication	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Einführung; Digitale Drucktechnologien; Prinzipien des Inkjet-Drucks; Theorie und Modelle des Inkjetdrucks, Tropfenbildung; Farben, Tropfen-Substrat Interaktionen; Digitale Fertigung; Integration in Maschinen und Applikationen.

Introduction; Digital Printing Techniques; Principles of Inkjet Printing; Theory and Models of Inkjet Printing; Drop Formation; Inks; Drop-Substate Interaction; Digital Fabrication; Maschine Integration and Applications.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Die Begriffe und die Systematik der digitalen Drucktechnologie und des Inkjet-Drucks zu erläutern.
2. Die Anwendungsgebiete für die digitalen Drucktechnologie und des Inkjet-Drucks einzuschätzen.
3. Die verschiedenen Prinzipien des Inkjet-Drucks darzulegen.
4. Die Theorien des Inkjet-Drucks und der Tropfen-Substrat-Interaktionen darzustellen.
5. Einfache Modelle für den Inkjet-Druck und die Tropfenbildung herzuleiten.
6. Die verschiedenen Ausprägungen und Trends der Digitalen Fertigung einzuordnen.
7. Exemplarische Applikationen des Inkjet-Drucks in der Digitalen Fertigung zu beschreiben.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Explain the concepts and systematics of digital printing technology and inkjet printing.
2. Assess the applications of digital printing technology and inkjet printing.
3. Explain the different principles of inkjet printing.
4. Present the theories of inkjet printing and drop-substrate interactions.
5. Derive simple models for inkjet printing and drop formation.
6. Reflect the different variations and trends of digital manufacturing.
7. Describe exemplary applications of inkjet printing in digital manufacturing.

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

5 Prüfungsform / Assessment methods

Mündliche Prüfung 30 min / Oral exam 30 min.

6	**Voraussetzung für die Vergabe von Kreditpunkten / Requirement for receiving credits** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Ziffernote / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature** Skriptum wird vorlesungsbegleitend in moodle angeboten. Auf weitere aktuelle Literatur im Internet wird verwiesen. The current lecture notes can be downloaded from moodle. Reference is made to other relevant literature on the Internet.
	Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 2. Juli 2019. Module description accepted from academic department on 2 July 2019.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Kavitation

Cavitation

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-10-5040	4 CP	120 h	97 h	1 Semester	WS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Dr.-Ing. G. Ludwig

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Kavitation	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Einführung; Entstehungsursachen und Formen der Kavitation; Kavitationskeime; Dynamik von Kavitationsblasen; Untersuchungen zum Kavitationsbeginn; Fortgeschrittene Kavitation, Stationäre und instationäre Kavitationsvorgänge; Akustische Effekte; Rückwirkungen der Kavitation auf Strömungsvorgänge; Kavitations-Erosion; Dimensionsanalyse; Kavitation bei Pumpen.

Introduction; Causes and types of cavitation; Theory of cavitation nuclei; Cavitation bubble dynamics; Investigations in respect to cavitation inception; Developed cavitation, Steady and unsteady cavitation phenomena; Acoustic effects of cavitation; Hydrodynamic interactions in cavitating flows; Cavitation erosion.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Das Phänomen Kavitation in technischen Systemen (Gleitlager, Strömungsmaschine, Fluidssyteme) zu beschreiben.
2. Die physikalischen Zusammenhänge zwischen Kavitation und Kavitationserrosion darzustellen.
3. Das dynamische Blasenwachstum durch Modellbildung zu beschreiben.
4. Dimensionsanalytische Methoden bei Kavitationsphänomenen anzuwenden.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Describe the phenomenon of cavitation in technical systems (slide bearings, hydraulic machines and fluid systems).
2. Present the physical background of cavitation and cavitation erosion.
3. Describe the dynamic bubble growth by means of modelling.
4. Apply methods based on dimensional analysis to describe cavitation phenomena.

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

Technische Strömungslehre empfohlen

fundamental fluid mechanics recommended

5 Prüfungsform / Assessment methods

Mündliche Prüfung 30 min / Oral exam 30 min

6 Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points

Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination

7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master PST III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft)
9	**Literatur / Literature** Lernmaterial auf www.fst.tu-darmstadt.de Empfohlene Bücher: Brennen, Christopher E. : Cavitation and Bubble Dynamics, Oxford University Press. Study material available at www.fst.tu-darmstadt.de Recommended books: Brennen, Christopher E. : Cavitation and Bubble Dynamics, Oxford University Press.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Konstruieren und Auslegen von Kunststoffbauteilen

Design and Dimensioning of Plastic Parts

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-12-5070	4 CP	120 h	97 h	1 Semester	SS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Dr.-Ing. R. Jakobi

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Konstruieren und Auslegen von Kunststoffbauteilen	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Kunststoffe als Konstruktionswerkstoffe; Werkstoffmechanik; Verbindungselemente; Gestalten von Formteilen; fertigungsgerechte Konstruktion; Auslegen unter komplexen Beanspruchungen

Materials technology of plastics; their impact on the design; mechanical behaviour of plastics; typical functional elements in plastic; joining techniques; influence of the manufacturing process on the design; analysis of selected applications.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Die mechanischen Grundlagen und die wichtigsten Konstruktionsregeln für Kunststoffe zu anzuwenden.
2. Kunststoffbauteile unter Berücksichtigung der spezifischen Möglichkeiten des Werkstoffs zu konstruieren und zu dimensionieren.
3. Dem jeweiligen Bauteil das passende Fertigungsverfahren zuzuordnen.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Apply the mechanical basics and the most important rules to design plastic parts.
2. Design and dimension components made of plastic with regard to the specific possibilities of the material.
3. Associate a manufacturing process to a particular component.

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

Vorlesung "Konstruieren mit Faser-Kunststoff-Verbunden I" empfohlen

Participation in the lecture "Design with Advanced Composites I" recommended

5 Prüfungsform / Assessment methods

Mündliche Prüfung 20 min / Oral exam 20 min.

6 Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points

Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.

7 Benotung / Grading system

Standard (Ziffernote) / Number grades

8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature** Es wird ein Vorlesungsskript herausgegeben (Sekretariat "Konstruktiver Leichtbau und Bauweisen"). A special textbook is handed over (secretary's office "Konstruktiver Leichtbau und Bauweisen").

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Konstruktion im Motorenbau I

Structural Design of Internal Combustion Engine I

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-03-5050	4 CP	120 h	97 h	1 Semester	SS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr. C. Beidl

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Konstruktion im Motorenbau I	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Kurbelwelle: Aufgaben, Aufbau, Beanspruchung, Gestaltung und Konstruktion, Schäden.
Pleuel: Aufgaben, Aufbau, Beanspruchungen, Gestaltung und Konstruktion, Schäden.
Lagerschalen: Gestaltung und Konstruktion, Schäden, Überprüfung.
Kolben: Aufbau, Beanspruchung, Kolbenbodenformen, Bauarten, Schäden.
Kolbenringe: Aufbau, Variationen, Lauffläche.
Kolbenbolzen: Funktion und Beanspruchung, konstruktive Grundlagen, Werkstoffe, Schäden.
Kurbelgehäuse: Aufbau und Funktion, Werkstoffe, Bauformen.
Zylinderkopf: Funktion, Beanspruchung, Aufbau, Werkstoffe.
Zylinderkopfdichtung: Aufgaben, Anforderungen, Aufbau, Werkstoffe.
Ventilsteuerung: Aufgaben, Nockenwellenantriebe, Nockenwellenposition, Ventile, Steuerzeiten, ausgeführte Beispiele.

Crankshaft: Requirements, constitution, strains, design and construction, damage.
Conrod: Requirements, constitution, strains, design and construction, damage.
Bearing bush: Requirements, constitution, strains, design and construction, damage.
Piston: Constitution, strains, design and construction of the piston head, different variants, damage.
Piston rings: Constitution, different variants, contact surface.
Piston pin: Function and strains, basics of construction, materials, damage.
Crankcase: Constitution and function, materials, design.
Cylinder head: Function, strains, constitution, materials.
Cylinder head gasket: Requirements, constitution, materials.
Valve timing: Requirements, camshaft drive, position of the camshaft, valves, timing, examples.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Die Grundkomponenten eines Verbrennungsmotors hinsichtlich der Funktionsweise, der Aufgaben und den Anforderungen zu beschreiben.
2. Die konstruktive Auslegung der Bauteile zu beschreiben.
3. Unterschiedliche Konstruktionen zu vergleichen und zu bewerten.
4. Die mögliche Schadensbilder der Basiskomponenten (wie z.B. Kurbelwelle, Pleuel, Kolben, Nockenwelle, Zylinderkopf und Motorblock) zu identifizieren und zu klassifizieren.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Describe the fundamental components of an internal combustion engine concerning the mode of operation, tasks, and requirements.
2. Describe the constructive design of components.

	3. Compare and evaluate different constructions. 4. Identify and classify possible damage symptoms (crank shaft, connection rod, pistons, cam shaft, cylinder head and cylinder block).
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** VKM I und II werden empfohlen / VKM I and II is recommended
5	**Prüfungsform / Assessment methods** schriftlich oder mündlich (wahlweise) schriftlich: 1 h 30 min mündlich: 1 h 30 min (pro 4er-Gruppe) / oral / written (optional) schriftlich: 1 h 30 min mündlich: 1 h 30 min (pro 4er-Gruppe)
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft)
9	**Literatur / Literature** Konstruktionen I - Skriptum, erhältlich im Sekretariat Structual Design I - script, available at the secretariat

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Konstruktion im Motorenbau II

Structural Design of Internal Combustion Engine II

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-03-5060	4 CP	120 h	97 h	1 Semester	WS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr. C. Beidl

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Konstruktion im Motorenbau II	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Motorschmierung: Aufgaben, Schmiersysteme, Ölpumpen, Ölfilter und Ölkreislauf, Schäden.
Luftfilter und Ansaugsysteme: Aufgaben, Luftfilter, Ansaugsysteme.
Motorkühlung: Kühlungsarten, Bauteile.
Abgasanlagen: Aufgaben, Schalldämpfer, Abgasnachbehandlung, Beanspruchung.
Regler: Aufgaben, Funktionsweise, Fliehkraftregler, Vollastanschlag.
Reiheneinspritzpumpe: Aufgaben, Förderpumpe, Funktion der Pumpenelemente, Unterschiede zur Verteilereinspritzpumpe.
Verteilereinspritzpumpe: Aufgaben, Funktionen.
Radialkolbenverteilereinspritzpumpe: Aufgaben, Funktionen.
Pumpe-Düse-System: Aufgaben, Pumpe-Düse, Pumpe-Leitung-Düse.
Common Rail: Aufgaben, Funktionen.
Aufladung: Aufgaben, unterschiedliche Systeme, Funktion der Systeme, Vor- und Nachteile.

Engine lubrication: Requirements, different systems, oil pumps, oil filter and oil system, damage.
Air cleaner and intake pipe: Requirements, air cleaner, intake pipes.
Cooling system: Different systems, components.
Exhaust system: Requirements, silencers, aftertreatment, strains.
Governor: Requirements, function, centrifugal governor, full-load stops.
In-line type injection pump: Requirements, feed pump, function of the plunger elements, differences to the distribution pump.
Distribution pump: Requirements, functions.
Radial plunger distribution pump: Requirements, functions.
Pump-injector-system: Requirements, pump-injector-system, pump-liner-injector-system.
Common rail: Requirements, functions.
Charging: Requirements, different systems, function of the systems, advantages and disadvantages.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Die Systeme (Kühlsystem, Schmierungssysteme, Aufladesysteme etc.) eines Verbrennungsmotors hinsichtlich der Funktionsweise, der Aufgaben und den Anforderungen zu beschreiben.
2. Die konstruktive Auslegung von Systemen zu beschreiben.
3. Unterschiedliche Konstruktionen zu vergleichen und zu bewerten.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Describe the engine subsystems of an internal combustion engine (cooling system, lubrication system, charging systems etc.) concerning the mode of operation, tasks, and requirements.

	2. Describe the constructive design of components. 3. Compare and evaluate different constructions.
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** VKM I und II werden empfohlen / VKM I and II is recommended
5	**Prüfungsform / Assessment methods** schriftlich oder mündlich (wahlweise) schriftlich: 1 h 30 min mündlich: 1 h 30 min (pro 4er-Gruppe) / oral / written (optional) written exam: 1 h 30 min; oral exam: 1 h 30 min (per group of 4)
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) Master Mechatronik
9	**Literatur / Literature** Konstruktionen II - Skriptum, erhältlich im Sekretariat Structual Design II - script, available at the secretariat

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Konstruktionsprinzipien im Druckmaschinenbau

Design Principles in Printing Press Construction

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-17-5010	4 CP	120 h	97 h	1 Semester	WS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF/DQR):** 7	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr.-Ing. E. Dörsam

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Konstruktionsprinzipien im Druckmaschinenbau	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Einführung (Druckprodukte, Markt); Verfahrenssystematik: Druckmedium (Zuführen, Dosieren, Verteilen, Auftragen); Farbspaltung (Oberflächenspannung, Filmspaltung und -bildung, Walzenfarbwerk); Konstruktionssystematik - Randbedingungen (Langlebigkeit, globale Kunden, technische Verfügbarkeit); Konstruktionssystematik für ausgewählte Baugruppen von Bogen- und Rollenmaschinen: Konstruktive Gestaltung von Druckwerken (Tief-, Offset-, Flexo-, Digitaldruck), Konstruktive Gestaltung von Farbwerken, Bebilderungskonzepte, Trocknungstechnologien, Bedruckstofftransport (Bogen, Rolle), Antriebskonzepte.

Introduction (print products, market); process systematics: print medium (feeding, dosing, distribution, application); ink splitting (surface tension, film splitting and formation, roller inking unit); design system - boundary conditions (longevity, global customers, technical availability); design system for selected assemblies of sheetfed and web presses: design of printing units (gravure, offset, flexo, digital printing), design of inking units, imaging concepts, drying technologies, substrate transport (sheets, rolls), drive concepts.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Die Unterschiede zwischen Verfahrensystematik und Konstruktionssystematik zu erläutern.
2. Die wesentlichen Bezeichnungen, Teilfunktionen und den konstruktiven Aufbau von Bogen- und Rollenmaschinen zu erläutern.
3. Die verschiedenen Arbeitsprinzipien (Verfahrenssystematik) für Druckmedien zu nennen und auf Konstruktionsprinzipien von Tief-, Offset- und Flexodruckmaschinen zu transferieren.
4. Die wesentlichen Randbedingungen für den Bau von Druckmaschinen für einen internationalen Markt zu erklären.
5. Die Bedeutung von Konstuktionsprinzipen zu nennen, zu analysieren und zu bewerten.
6. Ausgewählte Konstuktionsprinzipen (Druckwerke, Farbwerke, Antriebskonzepte, Lagerungen) zu skizzieren und die Auslegungskriterien zu erläutern.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Explain the differences between process systematics and construction systematics.
2. Explain the main technical terms, sub-functions and the design of sheetfed and web presses.
3. Mention the different working principles (process systematics) for printing media and to transfer them to construction principles of gravure, offset and flexo printing machines.
4. Explain the essential boundary conditions for the construction of printing machines for an international market.
5. Name, analyse and evaluate the importance of construction principles.
6. Sketch selected design principles (printing units, inking units, drive concepts, bearings) and

	explain the design criteria.
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** Maschinenelemente und Mechatronik I und II empfohlen Mechanical components and Mechatronics I and II recommended
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Mündliche Prüfung 30 min / Oral exam 30 min.
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature** Das Skriptum und weitere Literatur wird vorlesungsbegleitend in moodle angeboten. The script and other literature will be offered in moodle.
	Geänderte Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 3. Juli 2018 (vorher: WP Bachelor MPE). Changed module description accepted from academic department on 3 July 2018 (previously: Electives Bachelor MPE).

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Konvektive Wärmeübertragung

Convective Heat Transfer

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-14-5100	4 CP	120 h	97 h	1 Semester	WS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** PD Dr.-Ing. T. Gambaryan-Roisman

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Konvektive Wärmeübertragung	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Grundlegende Gleichungen; erzwungene Konvektion: Wärmeübertragung in Grenzschichtströmungen (Keilströmungen, Freistrahl, Wandstrahl), Beeinflussung der Grenzschicht, Wärmeübertragung in Rohrströmungen/Kanalströmungen, Graetz-Nusselt-Problem, Wärmeübertragung in Mikrokanälen; freie Konvektion: Wärmeübertragung an vertikalen Platte, Stabilitätstheorie, Bénard-Konvektion, Wärmetransport in Auftriebsstrahlen; Marangoni-Konvektion.

Governing equations; forced convection: heat transfer in boundary layers (flow past a wedge, free jet, wall jet), boundary layer control, heat transfer in tubes and channels, Graetz-Nusselt-problem, heat transfer in microchannels; free convection: flow on a vertical plate, flow stability, Benard convection, heat transport in plumes; Marangoni convection.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Die maßgeblichen physikalischen Mechanismen des konvektiven Wärmetransports in einem bestimmten Fall zu identifizieren und zu beschreiben.
2. Methoden zur Gewinnung der exakten und annähernden Lösungen für Geschwindigkeits- und Temperaturfelder und der daraus resultierenden Wärmeübergangskoeffizienten, einschließlich der Dimensionsanalyse, der Integralverfahren und Ähnlichkeitslösungen, zu erklären.
3. Diese Methoden für verschiedene Klassen von Strömungen in Technik und Natur anzuwenden.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Identify and describe the physical mechanisms which are relevant for convective heat transport in a given application.
2. Explain the methods for obtaining the accurate and approximate solutions for the velocity and temperature fields and the resulting heat transfer coefficients, including the dimensional analysis, integral methods, and the similarity solutions.
3. Apply these methods to different classes of industrial and natural flows

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

Grundkentnisse in Strömungsmechanik und Wärmeübertragung

basic knowledge of fluid mechanics and heat transfer

5 Prüfungsform / Assessment methods

Mündliche Prüfung 30 min / Oral exam 30 min.

6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature** Kurze Zusammenfassung der Vorlesungen; R.B. Bird, W.E. Stewart, E.N. Lightfoot, Transport Phenomena, Wiley, New York, 1960; H. Schlichting, K. Gersten, Grenzschicht – Theorie, 9. Auflage, Springer, Berlin, 1997; W. Kays, M. Crawford, B. Weigand, Convective Heat and Mass Transfer, 4th Edition, McGraw Hill, Boston, 2005; A. Bejan, Convection Heat Transfer, 3rd Edition, Wiley, Hoboken, 2004. Short summary of the lectures; R.B. Bird, W.E. Stewart, E.N. Lightfoot, Transport Phenomena, Wiley, New York, 1960; H. Schlichting, K. Gersten, Grenzschicht – Theorie, 9. Auflage, Springer, Berlin, 1997; W. Kays, M. Crawford, B. Weigand, Convective Heat

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Leichtbauwerkstoffe

Lightweight Construction Materials

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-08-5131	4 CP	120 h	97 h	1 Semester	SS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Dr.-Ing. J. Ellermeier

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
16-08-5130-vl	Leichtbauwerkstoffe	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Die Studierenden lernen den effizienten Einsatz moderner Leichtbauwerkstoffe wie die Leichtmetalle Aluminium, Magnesium und Titan sowie insbesondere auch die in vielen Fällen zur Leistungssteigerung eingesetzten höchstfesten Stähle kennen. Sie sind damit in der Lage, eine Auswahl von Werkstoffen im Falle vielfältiger funktioneller Anforderungen und ähnlicher Eigenschaftsprofile zu treffen. Ferner können sie aufgrund relevanter technischer Rahmenbedingungen geeignete Verbindungstechniken und Korrosionsschutzmaßnahmen auswählen bzw. in entsprechenden Anwendungen erfolgreich einsetzen.

The students are enabled to understand the principals of application of modern lightweight structural materials, such as light metals and high strength and ultra high strength steels. On basis of examples of use, the essential challenge of material selection in case of competing materials is introduced. Further important factors limiting the field of application of lightweight structural materials, such as in the case of the automotive area or other applications, adjusted surface technology and corrosion protection as well as techniques for joining parts of these materials are learned.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Die Herstellung der verschiedenen Leichtbauwerkstoffe und Legierungen zu beschreiben und die aus der Herstellung verursachten spezifischen Eigenschaften in ihrer Auswirkung zu differenzieren und auf die Anwendbarkeit zu beurteilen.
2. Die mechanischen, physikalischen und elektrochemischen Eigenschaften der unterschiedlichen Werkstoffe miteinander zu vergleichen.
3. Den Einfluss der Metallurgie zu erläutern, d.h. welche Legierungselemente welche Eigenschaften beeinflussen können.
4. Die Auswirkung verschiedener Methoden zur Wärmebehandlung zu beschreiben und das Potenzial von Wärmebehandlungsmaßnahmen auf Anwendungsbeanspruchungen einzuschätzen.
5. Die möglichen Fügetechniken zu beurteilen, auszuwählen und deren Einfluss auf die mechanischen Eigenschaften zu erläutern.
6. Korrosionsschutzmaßnahmen für die Leichtbauwerkstoffe zu empfehlen.
7. Das Potenzial der Leichtbauwerkstoffe zu beschreiben und den optimalen Leichtbauwerkstoff unter der Berücksichtigung technologischer und wirtschaftlicher Gesichtspunkte für eine gegebene Anwendung auszuwählen.

After following this lecture the student will be able to

1. Describe the manufacturing of different lightweight structural materials and distinguish and

	evaluate the influences of the production caused properties with regard to the applications. 2. Compare the mechanical, physical and electro-physical properties of different lightweight structural materials. 3. Explain the influence of the chemical metallurgy and the influence of alloy elements to the properties. 4. Describe the effect of different methods of annealing and estimate the potential of annealing methods concerning application loads. 5. Evaluate possible joining technologies with their influence on the mechanical properties. 6. Learn methods for corrosion protection of lightweight structural materials for special applications. 7. Describe the potential of lightweight structural materials and select an appropriate material with respect to technological and economical aspects for a given application.
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation**
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Klausur 60 min / Written exam 60 min
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master PST II (Kernlehrveranstaltungen der Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature** J. Ellermeier: Umdruck zur Vorlesung (Foliensätze). I. Polmear, Light Alloys, From Traditional Alloys to Nanocrystals, Fourth Edition, Butterworth-Heinemann F. Osterman, Anwendungstechnologie Aluminium, 2. Auflage, Springer Verlag H.-J. Bargel, G. Schulze, Werkstoffkunde, 9. Auflage, Springer Verlag B. Klein, Leichtbau-Konstruktion, Berechnungsgrundlagen und Gestaltung, 7. Auflage, Vieweg Verlag E. Friedrich; L. Mordike: Magnesium Technology, Springer Verlag U. Dilthey, Schweißtechnische Fertigungsverfahren 1: Schweiß- und Schneidtechnologien (VDI-Verlag) U. Dilthey, Schweißtechnische Fertigungsverfahren 2: Verhalten der Werkstoffe beim Schweißen (VDI-Verlag) E. Wendler-Kalsch, Korrosionsschadenkunde (VDI-Verlag)

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Machine Learning Anwendungen

Machine Learning Applications

Modul Nr. / Code	Credits	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-23-3174	6 CP	180 h	142 h	1 Semester	WS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF/DQR)**: 7	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr.-Ing. U. Klingauf

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Machine Learning Anwendungen	Vorlesung / Lecture	34 h (3 SWS)
-pr	Machine Learning Anwendungen Praktischer Teil	Gruppenarbeit / Group Work	4 h (0,3 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Theorie: Anwendungsorientierte Grundlagen des Machine Learning und verknüpfter Bereiche der Statistik (deskriptiv, explorativ, induktiv), Advanced Analytics, Data Mining, Data Science und Big Data; Grundlagen von Machine Learning Verfahren, Funktionsweisen und Algorithmen; Entwicklungsprozesse; Grundlegende Data Science Prinzipien und Techniken: Erörterung von betriebswirtschaftlichen Szenarien; Sammlung, Sichtung und Qualitätsbewertung von Daten; Datenvorbereitung, Feature Engineering; Anwendung von Verfahren und Entwicklungsumgebungen anhand Beispiele in Matlab und Python; Aufzeigen und Bewerten von Lösungsmöglichkeiten; Modellauswahl, Optimierung, Performanzbewertung; wesentliche Ideen zur Modellintegration in Entscheidungsprozesse, Handlungsempfehlungen, System of Systems; Beispiele aus der aktuellen Forschung, bspw. Predictive Maintenance in der Luftfahrt und in der Produktion;
Praktische Gruppenarbeit: Anwendung von Grundzügen einer Softwareentwicklungsmethodik (bspw. Scrum); Umsetzung der Theoriekenntnisse in einer kooperativen Entwicklungsaufgabe; praxisnahe Lösungsentwicklung einer Herausforderung der Industrie durch Programmierung und Datenauswertung (Implementierung); Dokumentation und Präsentation der Ergebnisse;

Theory: Application-oriented basics of machine learning and related areas statistics (descriptive, explorative, inductive), advanced analytics, data mining, data science and big data; basics of machine learning methods, functions and algorithms; development processes; basics of data science principles and techniques: discussion of business scenarios; collection, review and quality evaluation of data; data preparation, feature engineering; application of methods and use of program systems on the basis of examples; identification and evaluation of possible solutions; model selection, optimization, performance-assessment; essential ideas of model integration in decision-making processes, recommendations for actions, system of systems; examples from current research, e.g. predictive maintenance in aviation and production;
Practical group work: Application of basic features of a software development methodology (e.g. scrum); application of theoretical knowledge on a cooperative development task; practical solution development of an industrial challenge through programming and data evaluation (implementation); documentation and presentation of the results;

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem Studierende die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Grundlegende Entwicklungen und Einsatzmöglichkeiten künstlicher Intelligenz (Machine Learning) auf ingenieurstechnische Anwendungen (bspw. Maschinenbau) zu beurteilen
2. Wesentliche Konzepte und (mathematische) Methoden im Machine Learning zu differenzieren und zu erklären

	3. Ausgewählte Algorithmen und Modelle (z. B. aus dem Bereich Diagnose/Prognose) hinsichtlich Ihrer Performanz, Robustheit und Qualität ingenieurswissenschaftlich zu evaluieren 4. Erlernte Fertigkeiten in den Bereichen Datenakquisition und -verarbeitung, datenbasierte Modellbildung (Diagnosen und Prognosen) sowie Präskription anzuwenden 5. Einfache und mittlere Analyseaufgaben mithilfe von Prozessmodellen (CRISP/OSA-CBM) selbstständig zu strukturieren, anhand von Daten umzusetzen und wirtschaftlich abzuschätzen On successful completion of this module, students should be able to: 1. Assess and evaluate basic developments and possible uses of artificial intelligence (machine learning) in engineering applications (e. g. mechanical engineering) 2. Differentiate and explain key concepts and (mathematical) methods of machine learning 3. Evaluate selected algorithms and models (e.g. from the diagnostic/prognostic domain) with regard to their performance, robustness and quality from an engineering point of view 4. Apply learned competencies in the areas of data acquisition and processing, data-based modelling (diagnosis and prognosis) and prescription 5. Structure simple and medium analytical tasks independently by means of standardized processes (CRISP/OSA-CBM), realize them with given data and estimate their economic impact (business value)
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** Programmierkenntnisse in Matlab und/oder Python werden vorausgesetzt Programming knowledge in Matlab and/or Python is required
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Sonderform: 50 % Klausur (60 min) und 50 % praktische Gruppenarbeit (semesterbegleitend) einer kooperativen Entwicklungsaufgabe ("Hackathon") inkl. Implementierung, Dokumentation und Präsentation (Extratermin) Special form: 50 % written exam (60 min.) and 50 % practical group work (during semester) of a cooperative development task ("hackathon") incl. implementation, documentation and presentation (extra date)
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving credits** Bestehen beider Prüfungsleistungen (Klausur & Gruppenarbeit) / Passing both examinations (written exam & group work)
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature** Vorlesungsmatetrialien werden semesterbegleitend auf Moodle zur Verfügung gestellt. Ertel: Grundkurs künstliche Intelligenz, Springer Mitchell: Machine Learning, McGraw Hill Hastie: The Elements of Statistical Learning, Springer Witten: Data Mining, Elsevier
	Die Lehrveranstaltung findet unter Beteiligungen von Prof. Dr.-Ing. J. Metternich, Prof. Dr.-Ing. M. Weigold und Prof. Dr. K. Kersting (FB Informatik) statt. Geänderte Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 14. Juli 2019. The Lecture takes place with participation from Prof. Dr.-Ing. J. Metternich, Prof. Dr.-Ing. M. Weigold and Prof. Dr. K. Kersting (Department of Computer Science). Chancegd Module description accepted from academic department on 14 July 2020.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Management von Entwicklungsprozessen

Management of Engineering Design Processes

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-05-XXXX	4 CP	120 h	97 h	1 Semester	WS

Sprache / Language: Englisch / English **Level (EQF/DQR):** 7	**Modulverantwortliche/r / Module Coordinator** Dr.-Ing. K. Helten

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Managemenet of Engineering Design Processes	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Einführung; Technische Systeme (z.B. Cyber-physikalische Produkte, Komplexitätsmanagement, Technologieethik); Produktentwicklungsprozesse und -methoden (Vorgehensmodelle, z.B. VDI 2206, und Entwicklungsmethoden); Lean Engineering (Lean-Prinzipien und -methoden, z.B. Wertstromanalyse, PDCA, Kanban); Agile Engineering (Rollen, Kadenz, Toolset); Benutzerzentrierte Gestaltung und Design Thinking; Änderungsmanagement und Transformation; Risikomanagement (Identifikation, Bewertung und Minderung); Design for X (Kosten, Herstellung/Montage, Six Sigma, Umwelt); Produktlebenszyklus nach der Entwicklung (Industrialisierung, Lieferkette, Gewährleistungsrückgabe, Recycling); Zukunft der Produktentwicklung (Anforderungen, z.B. Klimawandel, Technologien, z.B. Digitalisierung, Umwelt, z.B. nach der COVID-19-Pandemie)

Introduction; Engineering Systems (e.g. Cyber-physical products, complexity management, Ethics of Technology); Product Development Processes and Methods (Procedural models, e.g. VDI 2206, and development methods); Lean Engineering (Lean principles and methods, e.g. Value Stream Mapping, PDCA, Kanban); Agile Engineering (Roles, cadence and toolset); User-Centered Design and Design Thinking; Change Management and Transformation; Risk Management (Identification, assessment and mitigation); Design for X (Costs, Manufacturing/Assembly, Six Sigma, Environment); Product Lifecycle beyond development (Industrialization, Supply Chain, Warranty Return, Recycling); Future of Product Development (Requirements e.g. climate change, technologies e.g. digitization, environment e.g. after COVID-19 pandemic)

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nach dem Abschluss der Lerneinheit sollten die Studierenden in der Lage sein:

1. Die Notwendigkeit einer systemischen und strukturierten Herangehensweise zur Erfüllung komplexer Entwicklungstätigkeiten zu erläutern.
2. Wichtige Charakteristika von Technologiesystemen zu erklären und beschreibende Ansätze wie die der cyber-physischen Systeme, des Systems Thinkings, des Komplexitätsmanagements sowie der Technikethik zu differenzieren.
3. Relevante Vorgehensmodelle (z.B. VDI 2206/2221), Methoden (z.B. Anforderungsmanagement, Funktionsmodellierung und Konzept-/Detaildesign) sowie Ansätze des Qualitätsmanagements in der Produktentwicklung zu erklären und in angemessener Weise anzuwenden..
4. Die Notwendigkeit von Prozessverbesserung zu erläutern, Prinzipien der Lean-Philosophie zu erklären und wichtige Methoden anzuwenden, wie z.B. Value Stream Mapping, PDCA, Kanban.
5. Die Grundlagen einer agilen und scrum basierten Entwicklung sowie wichtige Elemente wie Rollen (Product Owner, Scum Master), Meetingstrukturen und Werkzeuge zu erläutern.
6. Die Notwendigkeit der nutzerorientierten Produktentwicklung darzulegen und Werkzeuge des Design Thinkings anzuwenden.
7. Die Ursachen, die Notwendigkeit und die Herausforderungen von Veränderungsmanagement und Transformation sowie wichtige Aspekte wie Kultur und Kommunikation unter Anwendung von Beispielen zu erklären.

	8. Das Konzept des Risikomanagements zu erläutern und Methoden zur Risikoidentifikation, -bewertung und -behandlung anzuwenden. 9. Zwischen verschiedenen Perspektiven der Produktoptimierung zu differenzieren (d.h. Design for Costs, Manufacturing/Assembly, Six Sigma und Environment) und die Ansätze zu erklären. 10. Wichtige Prozessschritte, die parallel oder nach der Produktentwicklungsphase erfolgen, zu erklären und die Perspektiven sowie Abhängigkeiten mit der Entwicklung aufzuzeigen. 11. Neue Herausforderungen mit Blick auf Anforderungen (z.B. Nachhaltigkeit), neue Technologien (z.B. Digitalisierung) und Arbeitsbedingungen (z.B. global Teams) zu analysieren. On successful completion of this module, students should be able to: 1. Explain the need for a systematic and structured process in performing complex engineering design tasks. 2. Explain main characteristics of engineering systems and differentiate describing approaches such as cyber-physical systems, systems thinking, complexity management and ethical aspects. 3. Explain relevant procedural models (e.g. VDI 2206/2221), methods (e.g. requirements engineering, functional modeling, and concept/detailed design) and approaches of quality management in engineering design and use the same in an appropriate manner. 4. Explain the need for process improvement, explain Lean principles and use main methods such as Value Stream Mapping, PDCA and Kanban. 5. Explain the basics of agile and scrum-based development as well as the main elements such as roles (Product Owner, Scum Master), meeting cadence and toolset. 6. Present the need of user-centered design and apply the toolset of Design Thinking. 7. Explain the root causes, needs and challenges of Change Management and transformation as well as main aspects such as culture and communication with respect to selected examples. 8. Explain the framework of Risk Management and apply methods of risk identification, assessment and mitigation. 9. Differentiate between different optimization perspectives on product development (i.e. Design for Costs, Manufacturing/Assembly, Six Sigma and Environment) and explain the approaches. 10. Explain main processes which come along or follow the product development phase and point out different perspectives as well as interdependencies with the product design. 11. Analyse the new challenges ahead in terms of requirements (e.g. sustainabiliy), new technologies (e.g. digitisation) and working environment (e.g. global teams).
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation**
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Mündliche Prüfung 30 min oder Klausur (90 min). Prüfungssprache Deutsch oder Englisch. Oral exam 30 min. or written exam (90 min.). Exam language German or English.
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature** U. Lindemann. Methodische Entwicklung technischer Produkte: Methoden flexibel und situationsgerecht anwenden. VDI-Buch. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2009. G. Pahl;W. Beitz; J. Feldhusen; K.H. Grote. Konstruktionslehre – Grundlagen erfolgreicher Produktentwicklung, Methoden und Anwendungen. Springer Verlag, Berlin, 2006. E. Kirchner. Werkzeuge und Methoden der Produktentwicklung, Springer Verlag, 2020
	Geänderte Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 16. Februar 2021. Changed module description accepted from academic department on 16 February 2021.

Modulname / Module Title

Mathematische Methoden in der Strömungsmechanik: Exakte und Symmetrie-Methoden

Mathematical Methods in Fluid Mechanics: Exact and Symmetry Methods

Modul Nr. / Code	**Credit Points**	**Arbeitsaufwand / Work load**	**Selbststudium / Individual study**	**Moduldauer / Duration**	**Angebotsturnus / Semester**
16-64-5230	6 CP	180 h	135 h	Semester	SS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr.-Ing. M. Oberlack

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	**Kursname / Course Title**	**Lehrform / Form of teaching**	**Kontaktzeit / Contact hours**
-vl	Mathematische Methoden in der Strömungs-mechanik: Exakte und Symmetrie-Methoden	Vorlesung / Lecture	34 h (3 SWS)
-ue	Mathematische Methoden in der Strömungs-mechanik: Exakte und Symmetrie-Methoden	Übung / Recitation	11 h (1 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Grundgleichungen der inkompressiblen Strömungsmechanik; Beispiele exakter Lösungen der Navier-Stokes Gleichungen; Einführung in den mathematischen Symmetriebegriff; Theorie der Lie-Gruppen; Lies 1. und 2. Hauptsatz; Dimensionsanalyse; Invarianz von Differentialgleichungen; Lie-Algorithmus zur Bestimmung von Symmetrien; invariante Lösungen nicht linearer partieller Differentialgleichungen; Direkte Konstruktionsmethode von Erhaltungssätzen in Divergenzform.

Basic equations of incompressible fluid flow; examples of exact solutions of the Navier-Stokes equations; introduction into the mathematical concept of symmetry; the theory of Lie Groups; Lies 1. and 2. fundamental theorem; dimensional analysis; invariance of differential equations; the Lie algorithm for determining symmetries; invariant solutions of non-linear partial differential equations; direct construction method of conservation laws in divergence form.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Die Komplexität der Navier-Stokes Gleichungen für verschiedene einfache Strömungsprobleme zu vereinfachen und exakte Lösungen zu erzielen.
2. Die analytische Theorie, basierend auf Lie Symmetrien, zur Lösung gewöhnlicher und partieller Differentialgleichungen, speziell für Strömungsprobleme, zu beschreiben und anzuwenden.
3. Symmetrie und Invarianz gegebener Differentialgleichungen anhand der Theorie der Lie-Gruppen zu analysieren.
4. Potentielle lokale Erhaltungssätze von Differentialgleichungen mit Hilfe der Direkten Konstruktionsmethode zu entwickeln.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Simplify the complexity of the Navier-Stokes equations for various simple flow problems and reach their exact solutions.
2. Apply the analytic theory, based on Lie symmetries, for solving ordinary and partial differential equations, especially for flow problems.
3. Analyse the symmetries and invariances of given differential equations by means of the theory of Lie groups.
4. Develope potential local conservation laws of differential equations with the aid of the direct

	construction method.
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** Grundkenntnisse der Mathematik; Grundkenntnisse der Strömungslehre. Basic knowledge of mathematics; basic knowledge of fluid mechanics.
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Mündliche Prüfung 30 min. / Oral exam 30 min.
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik) Angewandte Mechanik
9	**Literatur / Literature** Vorlesungsskript / lecture notes; Bluman, Kumei: Symmetries and Differential equations, Springer Verlag, 1996; Stephani: Differentialgleichungen, Symmetrien und Lösungsmethoden, Spektrum Akademischer Verlag, 1994; Cantwell: Introduction to Symmetrie Analysis, Cambridge University Press, 2002; Bluman, G.W., Cheviakov, A.F., and Anco, S.C.: Applications of Symmetry Methods to Partial Differential Equations. Applied Mathematical Sciences Vol. 168. Springer 2010.
	Geänderte Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 5. Februar 2019 (Mit-Modulverantwortlicher 2019: Prof. Dr.-Ing. Y. Wang). Changed module description accepted from academic department on 5 February 2019 (Module Co-ordinator 2019: also Prof. Dr.-Ing. Y. Wang).

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Mathematische Methoden in der Strömungsmechanik: Störungsrechnung

Mathematical Methods in Fluid Mechanics: Regular and Singular Perturbations

Modul Nr. / Code	**Credit Points**	**Arbeitsaufwand / Work load**	**Selbststudium / Individual study**	**Moduldauer / Duration**	**Angebotsturnus / Semester**
16-64-3254	6 CP	180 h	135 h	Semester	WS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Apl. Prof. Dr.-Ing. Y. Wang

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	**Kursname / Course Title**	**Lehrform / Form of teaching**	**Kontaktzeit / Contact hours**
-vl	Mathematische Methoden in der Strömungsmechanik: Reguläre und Singuläre Störungsrechnung	Vorlesung / Lecture	34 h (3 SWS)
-ue	Mathematische Methoden in der Strömungsmechanik: Reguläre und Singuläre Störungsrechnung	Übung / Recitation	11 h (1 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Asymptotische Reihen und Entwicklungen; Anwendungen der regulären Störungsrechnung für gewählten Strömungsprobleme; Versagen der Poincare-Entwicklung; Methode der verzerrten Koordinaten; Renormalisierung; Methode der angepassten Koordinaten; Umströmung einer Kugel bzw. eines Zylinders bei kleinen Reynoldszahlen; Methode der Mehrfachskalierung; Umkehrpunkt-Probleme.

Asymptotic series and expansions; applications of the regular perturbation method in some flow problems; failure of the Poincare expansions; method of strained coordinates; renormalization technique; method of matched asymptotic expansions; flows around a sphere or a cylinder with small Reynolds numbers; method of multiple scales; turning point problems.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Die reguläre Störungsrechnung zur Lösung von Differentialgleichungen mit Parameter-Störung oder Koordinaten-Störung, insbesondere für Strömungsprobleme, zu erklären und anzuwenden.
2. Die Grenzen der regulären Störungsrechnung zu erkennen.
3. Bei Versagen der regulären Störungsrechnung für gegebene Differentialgleichungen alternative anpassende singuläre Störungsrechnungen auszuwählen und anzuwenden.
4. Zusammenhänge und Unterschiede verschiedener singulärer Störungsrechnungen, wie z.B. Methoden der verzerrten Koordinaten, der Renomalisierung, der Mehrfachskalierung zu erkennen.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Explain and apply the regular perturbation method for solving differential equations, especially flow problems, by means of parameter or coordinate perturbation.
2. Recognize the limitations of the regular perturbation method.
3. Choose and apply alternative suitable singular perturbation methods if the regular perturbation method fails for given differential equations.
4. Recognize relations and distinctions of different singular perturbation methods, e.g. methods of strained coordinates, renormalization, multiple scales.

4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** Grundkenntnisse gewöhnlicher und partieller Differentialgleichungen und der entsprechenden Lösungsmethoden; Grundkenntnisse der Strömungslehre. Kenntnisse des Teils I dieser Lehrveranstaltung (Mathematische Methoden in der Strömungsmechanik: Exakte und Symmetrie-Methoden) sind nicht vorausgesetzt. Basic knowledge of ordinary and partial differential equations and the corresponding solution methods; basic knowledge of fluid mechanics. Knowledge of Part I of this lecture is not required.
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Mündliche Prüfung 30 min. / Oral exam 30 min.
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik) Angewandte Mechanik
9	**Literatur / Literature** Vorlesungsskript / lecture notes; Nayfeh, A.H.: Perturbation Methods, John Wiley & Sons, 1975; Van Dyke, M.: Pertubation Methods in Fluid Mechanics, Parabolic Press, 1975.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Mehrphasenströmungen

Multiphase Flows

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-64-5220	6 CP	180 h	135 h	1 Semester	WS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Apl. Prof. Dr.-Ing. Y. Wang

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Mehrphasenströmungen	Vorlesung / Lecture	34 h (3 SWS)
-ue	Mehrphasenströmungen	Übung / Recitation	11 h (1 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Kinematik; Kontinuumsmechanische Modellierung der Bilanzaussagen für unvermischbare Mehrphasenströmungen mit Phasengrenzflächen; Sprungbedingungen und Transportgleichungen auf den Phasengrenzflächen; Partikelbeladene Strömungen mit der Euler-Langrange Beschreibung; Bilanzgleichungen für vermischbare Mehrkomponentenmischungen; Diffusionsprozesse, einfache Anwendungsbeispiele.

Kinematics; continuum mechanical modeling of the balance laws for immiscible multiphase flows with phase interfaces; jump conditions at phase interfaces and interfacial transport equations; particle-laden flows with the Euler-Langrange description; balance equations for miscible multicomponent mixtures; diffusion processes; some simple examples.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Die fundamentalen Bilanzgleichungen zur kontinuumsmechanischen Beschreibung von unvermischbaren Mehrphasenströmungen mit Phasengrenzflächen, partikelbeladenen Strömungen und vermischbaren Mehrkomponentenmischungen zu erklären und die damit verbundene Strömungsphysik zu erfassen und zu erläutern.
2. Die mathematische Beschreibung und Modellbildung von Mehrphasen- und Mehrkomponentenströmungen auf einfache Problemstellungen aus diesen Bereichen anzuwenden.
3. Das Verhalten der unvermischbaren Mehrphasenströmungen und der Mischungen für einfache Anwendungen anhand von Bilanzgleichungen zu erklären.
4. Die Grenzen der verschiedenen Modellierungsmethoden zu erkennen.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Explain the fundamental balance equations for the continuum-mechanical description of immiscible multiphase flows with phase interfaces, particle-laden flows and miscible multicomponent mixtures and to comprehend and to describe the associated flow physics.
2. Apply the approach of mathematical description and modeling to simple flow problems from various fields of multiphase and multicomponent flows.
3. Explain the behaviour of immiscible multiphase flows and mixtures for simple applications by means of balance relations.
4. Distinguish restrictions of various modelling methods

4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** 1) Technische Strömungslehre oder Grundkenntnisse der Strömungslehre empfohlen 2) Gewöhnliche und partielle Differentialgleichungen 3) Kontinuumsmechanik (vorteilhaft, aber nicht zwingend vorausgesetzt) 1) Fluid Mechanics or Technical Mechanics IV recommended; 2) Ordinary and partial differential equations; 3) Continuum Mechanics, advantageous but not required
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Mündliche Prüfung 30 min / Oral exam 30 min.
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature** Vorlesungsskript / Lecture Notes
	Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 15. Mai 2018 (Modulname vorher: Kontinuumsmechanische Modellierung von Mehrphasenströmungen und Mischungstheorie). Module description accepted from academic department on 15 May 2018 (Module Title previously: Continuum Mechanical Modeling of Multiphase Flows and Mixture Theory).

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Mensch-Mechatronik Systeme

Human-mechatronics systems

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-24-3134	4 CP	120 h	97 h	1 Semester	WiSe

Sprache / Language: Englisch / English **Level (EQF / DQR):** 7	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Jun.Prof. Dr.-Ing. P. Beckerle

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Human-mechatronics systems	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Die Veranstaltung soll sowohl technische als auch mensch-orientierte Aspekte von mechatronischen Systemen vermitteln, die nah am Menschen arbeiten. Im technik-orientierten Teil der Vorlesung stehen die Modellierung, Auslegung und Regelung von elastischen und tragbaren Mechatronik- und Robotiksystemen im Mittelpunkt. Hierbei fließen forschungsnahe Themen wie der Entwurf energieeffizienter Aktoren und Regler, nutzernaher Messtechnik sowie fehlertolerante Mensch-Maschine/Roboter-Interaktion ein. Der Schwerpunkt des mensch-orientierten Teils liegt auf der Betrachtung von Anforderungen der menschlichen Nutzerinnen und Nutzer sowie der Berücksichtigung dieser Faktoren in der Komponenten- und Systementwicklung.
Zur Vertiefung der Inhalte werden Flip-the-Classroom-Einheiten durchgeführt, in denen einschlägige Forschungsergebnisse von den Studierenden vorgestellt und diskutiert werden.
Mensch-Mechatronik-Systeme; Tragebare Robotiksysteme; Mensch-orientierte Entwicklungsmethoden; Biomechanik; Biomechanische Modelle; Elastische Roboter; Elastische Antriebe; Regelung elastischer Roboter; Mensch-Roboter-Interaktion; Systemintegration; Fehlerbehandlung; Empirische Forschungsmethoden.

This course intends to convey both technical and human-oriented aspects of mechatronic systems that work close to humans. The technology-oriented part of the lecture focuses on the modeling, design, and control of elastic and wearable mechatronic and robotic systems. Research-related topics such as the design of energy-efficient actuators and controllers, body-attached measurement technology, and fault-tolerant human-machine/robot interaction will be included. The focus of the human-oriented part is on the analysis of users' demands and the consideration of such human factors in component and system development.
To deepen the contents, flip-the-classroom sessions will be conducted in which relevant research results will be presented and discussed by the students.
Human-mechatronics systems; wearable robotic systems; human-oriented design methods; biomechanics; biomechanical models; elastic robots; elastic drives; elastic robot control; human-robot interaction; system integration; fault handling; empirical research methods.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Herausforderungen in der Entwicklung von Mensch-Mechatronik-Systemen interdisziplinär anzugehen.
2. Ingenieursmethoden zur Modellierung, Auslegung und Regelung in der Entwicklung von Mensch-Mechatronik-Systemen einzusetzen.
3. Methoden aus Psychologie (Wahrnehmung, Erfahrung), Biomechanik (Bewegungs- und

	Menschmodelle) und Ingenieurwesen (Entwicklungsmethoden) anzuwenden und die Ergebnisse zu interpretieren. 4. Mechatronik- und Robotersysteme zu entwickeln, die nicht nur effizient und zuverlässig sind, sondern auch nutzer-orientierte Interaktionseigenschaften aufweisen. On successful completion of this module, students should be able to: 1. Tackle challenges in human-mechatronic systems design interdisciplinary 2. Use engineering methods for modeling, design, and control in human-mechatronic systems development. 3. Apply methods from psychology (perception, experience), biomechanics (motion and human models), and engineering (design methodology) and interpret their results. 4. Develop mechatronic and robotic systems that are provide user-oriented interaction characteristics in addition to efficient and reliable operation.
4	**Voraussetzung für die Teilnahme -/ Prerequisites for participation** Keine / None
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Mündliche (30 min) oder schriftliche Prüfung (60 min) / Oral (30 min) or written exam (60 min).
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik) Master Mechatronik Master Computational Engineering Master Mechanik
9	**Literatur / Literature** - Ott, C. (2008). *Cartesian impedance control of redundant and flexible-joint robots*. Springer. - Whittle, M. W. (2014). *Gait analysis: an introduction*. Butterworth-Heinemann. - Burdet, E., Franklin, D. W., & Milner, T. E. (2013). *Human robotics: neuromechanics and motor control*. MIT press. - Gravetter, F. J., & Forzano, L. A. B. (2018). *Research methods for the behavioral sciences*. Cengage Learning. Ausgewählte Veröffentlichungen.
	Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 4. Juni 2019. Module description accepted from academic department 4 June 2019.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Messtechniken in der Strömungsmechanik

Measurement Techniques in Fluid Mechanics

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-11-5160	4 CP	120 h	97 h	1 Semester	WS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr.-Ing. J. Hussong

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Messtechniken in der Strömungsmechanik	Vorlesung	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Die Bedeutung des Experiments für die Strömungsmechanik; Verknüpfungen von Experiment mit Theorie und Numerik; Modelübertragung und die Auslegung von Experimenten; statistische Beschreibung turbulenter Strömungseigenschaften und deren messtechnische Erfassung; Signal- und Datenverarbeitung; Auswertung von Messergebnissen inkl. Fehlerbetrachtung; behandelte Messtechniken: Druckmesstechnik, Strömungsvisualisierung, thermische Geschwindigkeitsmessung, Laser-Doppler-Messtechnik, Phasen-Doppler-Messtechnik, Particle Image Velocimetry

The role of experiments in fluid mechanics, interplay among experiment, theory, and simulations, model scaling and design of experiments, statistical description of turbulence flows and their measurement, signal and data processing, analysis of measurement data, including uncertainty analysis. Various measurement techniques: pressure measurements, visualization, thermal anemometry, laser Doppler technique, phase Doppler, particle image velocimetry

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Die Prinzipien der geläufigsten Messtechniken der Strömungsmechanik zu beschreiben.
2. Die für eine strömungsmechanische Fragestellung passende Messtechnik auszuwählen.
3. Herausforderungen bei Messungen in turbulenten Strömungen und in Wandnähe zu beschreiben.
4. Messdaten zu analysieren und verschiedene Auswertverfahren auszuwählen und anzuwenden.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Describe the measurement principles of the most common measurement techniques in fluid mechanics.
2. Select the most appropriate measurement technique for a given measurement task.
3. Describe challenges of performing measurements in turbulent flows and in wall proximity.
4. Analyse test data and select and apply various techniques of data analysis.

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

5 Prüfungsform / Assessment methods

Mündliche Prüfung 30 min / Oral exam 30 min.

6 Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points

Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.

7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature** Vorlesungsfolien und ergänzende Materialien auf Moodle-Plattform Slides and further material are available via the Moodle system

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Methode der Finiten Elemente in der Wärmeübertragung

Finite Element Method in Heat Transfer

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-14-5050	4 CP	120 h	86 h	1 Semester	WS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Dr.-Ing. F. Dammel

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Methode der Finiten Elemente in der Wärmeübertragung	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)
-ue	Methode der Finiten Elemente in der Wärmeübertragung	Übung / Recitation	11 h (1 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Einführung in die Methoden der Finiten Elemente, isoparametrische Elemente, Lagrange-Interpolationsfunktionen, Koordinatentransformation, numerische Integration, Zeitdiskretisierung, Wärmeleitung, erzwungene Konvektion, natürliche Konvektion, Strahlung, Berechnungen mit einem Finite-Elemente-Programm.

Introduction to the Finite Element Method, isoparametric elements, Lagrange interpolation functions, coordinate tranformation, numerical integration, time discretisation, heat conduction, forced convection, natural convection, radiation, computations with a finite-element-code.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Die wesentlichen Schritte der Galerkin-Finite-Elemente-Methode (GFEM) zu erläutern
2. Die Galerkin-Finite-Elemente-Methode auf Kontinuitäts-, Navier-Stokes- und Energiegleichungen anzuwenden
3. Die isoparametrische Interpolation der Variablen mit verschiedenen Lagrange-Elementen abzuleiten
4. Selbstständig einfache Berechnungen mit dem in der Übung eingesetzten FEM-Programm durchzuführen
5. Die Ergebnisse von FEM-Berechnungen (aus dem Bereich Wärmeübertragung) zu interpretieren und kritisch zu beurteilen.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Explain the main steps of the Galerkin finite element method (GFEM).
2. Apply the GFEM to continuity, Navier-Stokes, and energy equation.
3. Derive the isoparametric interpolation of variables for different Lagrange elements.
4. Carry out simple computations with the FEM code used in the exercises.
5. Interpret and critically assess the results of heat transfer FEM computations.

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

Grundkenntnisse in Wärmeübertragung und Mathematik

basic knowledge in heat transfer and mathematics

5	**Prüfungsform / Assessment methods** Mündliche Prüfung 30 min / Oral exam 30 min.
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik) CMPE
9	**Literatur / Literature** Skript zur Vorlesung (über Moodle abrufbar) / Script (available via Moodle). Reddy, J. N.; Gartling, D. K.: The finite element method in heat transfer and fluid dynamics, CRC Press, 3rd edition, 2010. Schäfer, M.: Numerik im Maschinenbau, Springer Verlag, 1999. Baehr, H. D.; Stephan, K.: Wärme- und Stoffübertragung, Springer Verlag, 13. Auflage, 2006. Spurk, J. H.; Aksel, N.: Strömungslehre, Springer Verlag, 7. Auflage, 2007. COMSOL Multiphysics: User's Guide.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Methoden der analytischen und experimentellen Strukturdynamik

Analytical and experimental methods of structural dynamics

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-25-3194	6 CP	180 h	135 h	1 Semester	WS

Sprache / Language: Deutsch / German
Level (EQF / DQR): 7

Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator
Dr.-Ing. B. Siegl

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Methoden der analytischen und experimentellen Strukturdynamik	Vorlesung / Lecture	34 h (3 SWS)
-ue	Methoden der analytischen und experimentellen Strukturdynamik	Übung / Recitation	11 h (1 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Aufbau einer geeigneten Messkette zur Messung von Schwingungen; Funktionsweise von Zwischengliedern, z. B. (Mess-)Verstärkern, analogen Filtern (und deren digitale Umsetzung im Rechner), Integrierer, Differenzierer; Signalanalyse im Zeit-, Frequenz- und Amplitudenbereich; Systemidentifikation: Verschiedene Schätzerfunktionen für Übertragungsfunktionen, Indikatorfunktionen für Modendetektion, Experimentelle Modalanalyse; Experimentelle Strukturmodifikation von bereits identifizierten Strukturen; Substrukturtechniken, wie z. B. modale Reduktion.

Building up a feasible measuring chain to detect vibrations; Functionality of devices e.g. (measuring) amplifiers, analog filters (and their digital usage in computers), integrators, differentiators; Signal analysis in time, frequency and amplitude domain; System Identification: different estimator functions for transfer functions, indicator functions for mode detection, experimental modal analysis; Structural Modification of already identified structures; Substructure Techniques e.g. modal reduction.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Geeignete Sensorik für die dynamische Messung von mechanischen Größen auszuwählen, um eine sinnvolle Messkette mit den gewählten Sensoren aufzubauen,
2. Die aufgenommenen Signale dem Messziel entsprechend zu analysieren und zu interpretieren sowie die dabei entstandenen Messfehler zu quantifizieren,
3. Die Signale nach der Messung (ggf. unter Zuhilfenahme von MATLAB) so zu verändern, dass die Qualität bzgl. des Messzieles möglichst steigt (postprocessing),
4. Das schwingungsfähige System eindeutig hinsichtlich ihrer modalen Eigenschaften zu identifizieren indem eine experimentelle Modalanalyse durchgeführt wird und
5. Nachträgliche Veränderungen am bereits identifizierten Schwingungssystem in Relation zu dem unveränderten System zu quantifizieren.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Choose suitable sensors for dynamic measuring of mechanical quantities to construct a reasonable measuring chain with the chosen sensors
2. Analyze and interpret the measured signals accordingly to the measuring goal and quantify the occurring measurement errors

	3. Manipulate the measured signals (where appropriate using MATLAB) in a manner that the quality regarding the measuring goal is increased (postprocessing) 4. Identify the modal parameters of the dynamic system unambiguously by performing an experimental modal analysis 5. Quantify subsequent changes on the–already identified–vibration system relating to the unmodified dynamic system
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** Höhere Maschinendynamik/Strukturdynamik empfohlen. Advanced Machine Dynamics/Structural Dynamics recommended.
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Schriftliche Prüfung (60 min) oder mündliche Prüfung (30 min.) Written (60 min) or oral exam (30 min.)
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik) (WI/MB, Mechatronik, ETIT)
9	**Literatur / Literature** Markert, R.: Schwingungsmesstechnik. Skript zur Vorlesung. Die Übungsaufgaben und Lösungen sind im Vorlesungsskript enthalten oder werden in der Übung bereitgestellt.
	Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 7. Juli 2019. Module description accepted from academic department on 7 July 2019.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Modellbildung in der Maschinenakustik

Modeling techniques in machine acoustics

Modul Nr. / Code	Credits	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-26-3194	4 CP	120 h	97 h	1 Semester	SS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF/DQR)**: 7	**Modulverantwortlicher / Module Co-ordinator** Dr.-Ing. C. Adams

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Modellbildung in der Maschinenakustik	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Überblick über numerische und experimentelle Verfahren der maschinenakustischen Modellbildung; Modellierung von dynamischen Anregungskräften, die Körper- und Luftschall verursachen: grundlegende Analyse impulsförmiger Kräfte im Zeit- und Frequenzbereich, dynamische Kräfte infolge von Stößen, Druckwechselvorgängen und diskontinuierlicher Kraftübertragung, z. B. bei Verzahnungen, und Maßnahmen zur Reduzierung von Anregungskräften; Modellierung der Körperschallübertragung in dünnwandigen Platten- und Schalenstrukturen, Regeln zur Modellierung und Validierung numerischer Modelle, Dämpfung von Körperschall, Strukturintensität; Modellierung der Schallabstrahlung mit Kugelstrahlern, akustischer Kurzschluss; Unsicherheit bei der maschinenakustischen Modellierung; Grundzüge der statistischen Energieanalyse (SEA)

Overview on numerical and experimental techniques in machine acoustics; modelling dynamic excitation forces that cause structure-borne and airborne noise: fundamental analysis of impulse forces in time and frequency domain, dynamic forces due to impacts, processes governed by dynamic pressures, and discontinuous transmissions of forces such as gear transmissions, and reduction of dynamic excitation forces; modelling structure-borne noise of thin-walled plates and shells, rules for modelling and validating numerical models, damping of structure-borne sound, structural intensity; modelling sound radiation by means of simple sound sources such as monopoles, acoustic shortcut; uncertainty in machine acoustic modelling; fundamentals of statistical energy analysis (SEA)

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Die für die Maschinenakustik relevanten Modelle für dynamische Anregungskräfte zu erläutern und Maßnahmen zur Reduzierung dynamischer Anregungskräfte zu bewerten.
2. Den Körperschall von dünnen Platten- und Schalenstrukturen mit analytischen Modellen und Finite-Elemente-Modellen qualitativ und quantitativ zu analysieren und zu bewerten.
3. Dämpfungsmodelle herzuleiten, zu erklären und den Verlustfaktor von Strukturen mit verschiedenen Verfahren experimentell zu bestimmen.
4. Modellierungsansätze für die Abstrahlung von Körperschall zu erläutern und den Abstrahlgrad für Rechteckplatten überschlägig zu berechnen.
5. Maschinenakustische Modelle in Abhängigkeit von der zu lösenden Modellierungsaufgabe und ihren Randbedingungen auszuwählen und Modellierungsansätze kritisch zu bewerten.
6. Die Möglichkeiten zur Quantifizierung von Unsicherheit bei der Modellbildung zu erklären.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Explain models for dynamic excitation forces in machine acoustics and evaluate measures to

	reduce dynamic excitation forces. 2. Analyze the structure-borne sound of thin-walled plates and shells by means of analytical and finite element models, and evaluate the results. 3. Derive models for damping, explain them, and determine the material loss factor by means of different experimental methods. 4. Explain model approaches to calculate the radiation of structure-borne sound and estimate the radiation efficiency of rectangular plates. 5. Chose models for a certain machine acoustic modelling task considering its boundary conditions and discuss modelling approaches. 6. Explain how to quantify uncertainty of machine acoustic models.
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** Kenntnisse und Fertigkeiten aus „Grundlagen der Maschinenakustik“ Knowledge and skills of „Fundamentals of machine acoustics“
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Fakultativ; i.d.R. schriftliche Klausur 120 min; bei sehr wenigen Teilnehmern mündliche Prüfung 30 min. Optionally: usually written exam 120 min; in case of few examinees oral exam 30 min.
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving credits** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote)/ Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master PST III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft)
9	**Literatur / Literature** Vorlesungsmaterial / copies of transperancies Weiterführende Literatur / literature for further reading Kollmann, F.G., Schösser, T.F., Angert, R.: „Praktische Maschinenakustik“, Springer-Verlag, 2006 Möser, M., Kropp, W.: „Körperschall – Physikalische Grundlagen und technische Anwendungen”, Springer-Verlag, 2010 Hambric, S.A., Sung, S.H., Nefske, D.J.: “Engineering Vibroacoustic Analysis: Methods and Applications”, John Wiley & Sons, 2016 Marburg S., Nolte, B.: “Computational Acoustics of Noise Propagation in Fluids – Finite and Boundary Element Methods”, Springer-Verlag, 2008
	Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 29. Oktober 2019. Module description accepted from academic department on 29 October 2019.

Modulbeschreibung / Module Description

Modulname / Module Title

Motorräder

Motor Cycles

Modul Nr. / Code	Kreditpunkte / Credits	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Private study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Frequency
16-27-5070	4 CP	120 h	97 h	1 Semester	SS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF/DQR)**: 7	**Modulverantwortlicher / Module Co-ordinator** Dr.-Ing. P. Seiniger

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr.	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Motorräder	Vorlesung/Lecture	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Grunddaten; Fahrwerk; stationäre Fahrt; Stabilisierung und Stabilisierungsstörungen; instationäre Fahrt; Motorradspezifische Besonderheiten von Antrieb und Kraftübertragung; Aktive und passive Sicherheit; Mensch/Maschine-System; Perspektiven des Motorrads.

Basics; chassis; steady state driving behaviour; stability and stability disturbance; transient driving behaviour; motorcycle-specific characteristics of engines and power transmissions; active and passive safety; human/machine interface; environment; perspectives for motorcycles.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Die Einflussfaktoren auf die Fahrstabilität von motorisierten Einspurfahrzeugen (auch Motorräder oder Krafträder genannt) zu erklären sowie konstruktive Maßnahmen zur Verbesserung der Fahrstabilität abzuleiten.
2. Die Querdynamik einspuriger Kraftfahrzeuge (erreichbare Querbeschleunigung) als auch die Längsdynamik (erreichbare Beschleunigung, Geschwindigkeit) zu berechnen.
3. Die dynamische Vorderradüberbremsung und die Stabilisierungsstörungen Pendeln, Flattern und Lenkerschlagen qualitativ zu erklären und soweit möglich zu berechnen.
4. Die Grundanforderungen, Funktionsprinzipien und der Grundaufbau der einspurspezifischen Baugruppen Reifen, Bremsen, Radführungen und Lenkung anschaulich zu erklären und Unterschiede zu Zweispurfahren zu begründen.
5. Die besonderen Anforderungen und daraus resultierende Besonderheiten von Motorradmotoren zu beschreiben.
6. Die besonderen Gefahren des Motorrades zu erklären und seine Auswirkungen auf das Unfallgeschehen abzuleiten sowie adäquate Verbesserungsmöglichkeiten der Fahrsicherheit durch Fahrdynamikregel- und Fahrerassistenzsysteme zu entwickeln.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Explain the influencing factors on powered two-wheeler's riding stability and to derive measures to increase the riding stability.
2. Calculate the lateral dynamics (achievable lateral acceleration) as well as longitudinal dynamics (achievable acceleration, velocity) from driving and frictional conditions.
3. Explain and to a limited extend calculate the dynamic front wheel overbraking and the instabilities wobble, shimmy and kick-back.
4. Explain and the main requirements, function principles and the basic constitution of the two-wheeler specific components like tyres, brakes and steering and evaluate the differences with regard to two-track vehicles.

	5. Describe the special requirements for powered two-wheeler engines and the resulting motorcycle-specific solutions. 6. Explain the special hazards of powered two-wheelers and derive the consequences on real world accidents and elaborate how dynamic control systems and advanced rider assistance systems can positively influence the riding safety.
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** Kraftfahrzeugtechnisches Grundlagenwissen Fundamentals of automotive engineering
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Fachprüfung: schriftlich 90 min oder mündlich 30 min / written 90 min or oral 30 min
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Kreditpunkten / Requirement for receiving credits** Bestehen der Prüfungsleistung /Passing the examination
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Assoziated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik) MSc Mechatronik (Wahlfächer im Wahlbereich Inf Ing Nat), MSc. Informatik (Anwendungsfach Fahrzeugtechnik, Spezialisierung), MSc Traffic&Transport, (Vertiefungsmodul FB16, ggf. Auflage)
9	**Literatur / Literature** Skriptum zur Vorlesung, e-Learning Angebot bei Moodle manuscript, e-Learning Materials via Moodle
	Geänderte Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 3. Juli 2018. Changed module description accepted from academic department on 3 July 2018.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Nichtlineare Dynamik

Nonlinear Dynamics

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-25-5160	6 CP	180 h	135 h	1 Semester	SS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr.-Ing. B. Schweizer

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Nichtlineare Dynamik	Vorlesung / Lecture	34 h (3 SWS)
-ue	Nichtlineare Dynamik	Übung / Recitation	11 h (1 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Einführung in die nichtlineare Dynamik;
Stabilitätstheorie dynamischer Systeme;
Bifurkationen stationärer Lösungen;
Chaos;

Introduction into Nonlinear Dynamics;
Stability Theory of Dynamical Systems;
Bifurcations of Stationary Solutions;
Chaos;

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Nichtlineare Phänomene dynamischer Systeme zu klassifizieren und zu beschreiben.
2. Stabilität von Gleichgewichtslösungen und von periodischen Lösungen zu berechnen.
3. Unterschiedliche Arten von Bifurkationen wiederzugeben.
4. Chaos zu identifizieren und die Wege ins Chaos zu beschreiben.
5. Nichtlineare dynamische Systeme mittels Stabilitäts- und Bifurkationstheorie zu untersuchen.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Classify and describe nonlinear phenomena of dynamical systems.
2. Calculate the stability of equilibrium and periodic solutions.
3. Represent the different types of bifurcations.
4. Identify chaos and describe the routes into chaos.
5. Investigate nonlinear dynamical systems by means of stability and bifurcation theory.

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

keine

none

5 Prüfungsform / Assessment methods

Schriftliche Prüfung (120 min) oder mündliche Prüfung (30 min): Festlegung zu Vorlesungsbeginn /

Written exam (120 min) or oral exam (30 min): Agreement at the beginning of the lecture

6 Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points

	Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik) Sonstige Studiengänge: WI/MB, Mechatronik, ETIT
9	**Literatur / Literature** [1] Hagedorn, P.: „Nichtlineare Schwingungen“, Akademische Verlagsgesellschaft, Wiesbaden, 1978. [2] Nayfeh, A.H.; Mook D.T.: „Nonlinear Oscillations”, Wiley-Interscience, Reprint Edition, 1995. [3] Argyris, J.; Faust, G.; Haase, M.: „An Exploration of Chaos“, North Holland, 1994. [4] Magnus, K.; Popp, K.; Sextro, W.: „Schwingungen: Physikalische Grundlagen und mathematische Behandlung von Schwingungen”, Springer Vieweg, Wiesbaden, 2013. [5] Greiner, W.: „Klassische Mechanik II”, Verlag Harri Deutsch, Frankfurt, 2008. [6] Schuster, H. G.: „Deterministisches Chaos: eine Einführung”, VCH, Weinheim, 1994.
	Geänderte Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 21. Juni 2016. Changed module description accepted from academic department on 21 June 2016.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Nichtlineare Finite-Elemente-Analyse im Leichtbau

Nonlinear Finite Element Analysis in Lightweight Design

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-12-3154	4 CP	120 h	86 h	1 Semester	SS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Dr.-Ing. P. Schneider

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Nichtlineare Finite-Elemente-Analyse im Leichtbau	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)
-ue	Nichtlineare Finite-Elemente-Analyse im Leichtbau	Übung / Recitation	11 h (1 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Einführung in nichtlineare Phänomene in der Strukturmechanik des Leichtbaus: Durchschlagen, Beulen und Bifurkation; Tensoralgebra für beliebige (krummlinige und schiefwinklige) Koordinatensysteme; Grundlagen nichtlinearer Kontinuumsmechanik mit Beschränkung auf ein Setting zur Untersuchung des nichtlinearen, elastischen Nachbeulverhaltens (geometrische Nichtlinearität, kleine Verzerrungen, linear elastisches, anisotropes Materialverhalten / anisotropes St. Venant Material); Schwache Formulierung des Gleichgewichtes; Isoparametrische Diskretisierung; Linearisierungsmethodik; Diskrete, nichtlineare Gleichungssystem-Lösungsverfahren: Expliziter Euler, Newton-Raphson, Bogenlängenverfahren (Riks, Ramm, Crisfield); Implementation der Verfahren am Beispiel eines nichtlinearen Riks-Lösers zur Stabilitätsuntersuchung dreidimensionaler Stabwerke im subkritischen Bereich in der Programmiersprache Python™

Introduction to the nonlinear phenomena in the Structural Mechanics of Lightweight Engineering: snap-through, buckling and bifurcation; Tensor algebra for arbitrary (oblique, curvilinear) coordinate systems; Basics of nonlinear Continuum Mechanics with restriction to a setting for nonlinear, elastic stability investigations (geometric nonlinearity, small strain, linear elastic, anisotropic material / anisotropic St. Venant material); Weak equilibrium; Isoparametric discretization; Linearization; Discrete, nonlinear solvers: explicit Euler, Newton-Raphson, arc-length solvers (Riks, Ramm, Crisfield); Showcase implementation of a nonlinear Riks-solver for the investigation of the subcritical behavior of three-dimensional truss constructions using Python™

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Stabilitätsphänomene im Leichtbau zu erkennen und die Notwendigkeit einer nichtlinearen Stabilitätsanalyse einschätzen
2. Partielle Differentialgleichungen in symbolischer Tensor-Notation und Indexschreibweise zu erläutern
3. Partielle Differentialgleichungen in kartesischen Koordinaten in Tensor-Notation sowie anschließend in beliebige Koordinatensysteme zu überführen
4. Das dreidimensionale, geometrisch nichtlineare Problem der Elastostatik in klassischer und schwacher Form zu formulieren

	5. Die generelle Funktionsweise nichtlinearer (kommerzieller) Finite-Elemente-Programme als Zusammenspiel von Diskretisierung, Linearisierung und iterativen Lösungsverfahren darzustellen 6. Eigene, nichtlinearer Lösungsverfahren für einfache Finite-Elemente zur Nachbeulanalyse zu implementieren, um die subkritische Resttragfähigkeit in Leichtbauanwendungen ausnutzen zu können On successful completion of this module, students should be able to: 1. Recognize nonlinear phenomena in Lightweight Engineering and to judge about the necessity of nonlinear stability investigations 2. Explain partial differential equations in symbolic tensor and index notation 3. Transform partial differential equations in Cartesian coordinates to tensor notation and arbitrary coordinate systems 4. Formulate the three-dimensional nonlinear problem of elasticity in classical and weak form 5. Present the general functionality of nonlinear (commercial) finite element codes as an interplay of discretization, linearization and fix-point iteration solvers 6. Implement own, nonlinear solvers for stability investigations with simple finite elements in order to utilize the remaining subcritical lifting capacity in lightweight construction applications
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** -
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Mündliche Prüfung 30 min / Oral exam 30 min.
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik) Angewandte Mechanik Mechatronik
9	**Literatur / Literature** 1. Skript zur Vorlesung (Englisch) von P. Schneider, 2017. 2. Nichtlineare Finite-Element-Methoden von P. Wriggers, Springer-Verlag, 2001. 3. Non-Linear Finite Element Analysis of Solids and Structures, zweite Edition von R. de Borst, M.A. Crisfield, J.J.C. Remmers und C.V. Verhoosel, John Wiley & Sons, 2012. 4. Non-linear Finite Element Analysis of Solids and Structures, Volume 1 & 2 von M.A. Crisfield, John Wiley & Sons, 1991 & 1997.
	Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 28. November 2017. Module description accepted from academic department on 28 November 2017.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Nichtlineare und chaotische Schwingungen

Nonlinear and Chaotic Vibrations

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-62-5050	6 CP	180 h	135 h	1 Semester	WS

Sprache / Language: Deutsch / German
Level (EQF/DQR): 7

Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator
Prof. Dr. P. Hagedorn

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Nichtlineare und chaotische Schwingungen	Vorlesung / Lecture	34 h (3 SWS)
-ue	Nichtlineare und chaotische Schwingungen	Übung / Recitation	11 h (1 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Phasenportrait, einfache Störungsrechnung, Störungsrechnung nach Lindstedt und Poincare, Methode der mehrfachen Zeitskalierung, langsam veränderliche Amplitude und Phase, harmonische Balance, Stabilität der Lösungen, Stabilitätsdefinition nach Ljapunov, Methode der ersten Näherung, Floquet Theorie, selbsterregte Schwingungen, sub- und superharmonische Schwingungen, Poincare Abbildung, Pitchfork- und Hopf-Bifurkation, Ljapunovexponenten.

Phase portrait, perturbation theory, method of Lindstedt and Poincare, multiple time scales, slowly varying amplitude and phase, harmonic balance, stability of motion, definition of stability according to Ljapunov, methode of small perturbations, Floquet theory, self excited vibration, sub- and superharmonic vibration, Poincare maps, pitchfork and Hopf bifurcation, Ljapunov exponents.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Nichtlineare mechanische Systeme zu erkennen und die korrekte Methodik zu ihrer Behandlung zu wählen.
2. Die fundamentalen Unterschiede der nicht-linearen und linearen Schwingungstheorie zu beschreiben.
3. Die unterschiedlichen Gruppen mechanischer Probleme voneinander abzugrenzen.
4. Die Sinnhaftigkeit der Wahl von numerischen Verfahren im Bewusstsein der Möglichkeiten und Grenzen der analytischen Arbeitsweise einzuschätzen.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Recognize nonlinear mechanical systems and to choose the proper methodology to examine them.
2. Describe fundamental differences between linear and nonlinear vibration theory.
3. Distinguish different classes of nonlinear problems.
4. Is aware of the potential and the limits of analytical solutions and assess the point from where a numerical approach is more suitable

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

Keine / None

5 Prüfungsform / Assessment methods

Hausübung (30%), Zwischenklausur (20%), Endklausur (50%) - alles schriftlich Hausübung: mehrere Tage. Zwischenklausur: 30 min. Endklausur: 1 h 30 min

Take home (30%), Midterm (20%), Final (50%) - all written Hausübung: mehrere Tage,

	Zwischenklausur: 30 min, Endklausur: 1 h 30 min
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving credits** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature** Hagedorn: Non-Linear Oscillations, Second Edition, Clarendon Press, Oxford, 1988 Nayfeh, A.H.; Mook, D.T.: Nonlinear Oscillations, Calendron Press, 1979. Verhulst, F.: Nonlinear Differential Equations and Dynamical Systems, Springer, 2000.
	Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 16. Dezember 2014. Module description accepted from academic department on 16 December 2014.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Numerische Methoden der Aerodynamik

Computational Aerodynamics

Modul Nr. / Code	Credits	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-11-5091	6 CP	180 h	146 h	1 Semester	SS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF/DQR)**: 7	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Apl. Prof. Dr.-Ing. S. Jakirlic

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Numerische Methoden der Aerodynamik	Vorlesung / Lecture	34 h (3 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Übersicht numerischer Berechnungsverfahren (Panelmethoden, Grenzschichtverfahren, Eulerverfahren, Navier-Stokes'sches Verfahren); Diskretisierungsmethoden (u. a. für komplexe und irreguläre Geometrien); Behandlung der Kompressibilität (künstliche Kompressibilität, Druck-Geschwindigkeit-Dichtekopplung); Behandlung von Verdichtungsstößen (Total Variation Diminishing – Differenzverfahren); Randbedingungen (u. a. Druckrandbedingung, totale Zustandsbedingungen, supersonic outflow); Transitionsbehandlung; Turbulenzerfassung (u. a. statistische Turbulenzmodelle); Behandlung der wandnahen Gebiete bzw. Grenzschichten (Modellierung sowie exakte Behandlung)

Overview of computational approaches for fluid mechanics (panel method, boundary-layer methods, Euler codes, Navier-Stokes codes), discretisation methods (for complex and irregular geometries), treatment of compressible flows (artificial compressibility, pressure-velocity-density coupling); treatment of shocks (total variation diminishing - difference techniques); boundary conditions (pressure, total state, supersonic outflow); transition, turbulence modelling (statistical models); wall treatment (modelling and exact treatement)

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Strömungsmechanische Transportgleichungen mittels numerischer Methoden zu diskretisieren.
2. Modelle der kompressiblen, turbulenten Umströmung für die in der Flugzeugaerodynamik relevanten Konfigurationen auszuwählen.
3. Die von den ausgewählten Modellen abhängigen Ergebnisse zu interpretieren, d.h. ihre Brauchbarkeit zu bestimmen.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Explain and apply the methods for numerical discretization of transport equations of fluid mechanics (and heat transfer).
2. Explain and systematically apply the mathematical models aiming at capturing of the physics of compressible, turbulent flows with relevance to aircraft aerodynamics.
3. Analyse and interpret the results of the practical computations of a large number of the flow configurations subjected to different extra strain rates.

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

Technische Strömungslehre und Numerische Berechnungsverfahren im Maschinenbau empfohlen.

Fluid Mechanics and Numerical Methods in Mechanical Engineering recommended.

5	**Prüfungsform / Assessment methods** Mündliche Prüfung 45 min / Oral exam 45 min.
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving credits** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote)/ Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature** Vorlesungsfolien werden als PDF in der Vorlesung angeboten. ANDERSON, J. (1988): Aerodynamics, McGraw-Hill, NY. HIRSCH, Ch. (1988): Numerical Computation of Internal and External Flows I and II, John Wiley and Sons. CEBECI, T. (1999): An Engineering Approach to the Calculation of Aerodynamic Flow, Springer Verlag. FERZIGER, J.H., PERIC, M.P. (1999): Computational Methods for Fluid Dynamics, Springer Verlag Lecture notes can be obtained as PDF. ANDERSON, J. (1988): Aerodynamics, McGraw-Hill, NY. HIRSCH, Ch. (1988): Numerical Computation of Internal and External Flows I and II, John Wiley and Sons. CEBECI, T. (1999): An Engineering Approach to the Calculati. FERZIGER, J.H., PERIC, M.P. (1999): Computational Methods for Fluid Dynamics, Springer Verlag
	Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 14. Juli 2015. Module description accepted from academic department on 14 July 2015.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Numerische Modellierung von Transportprozessen in Fluiden

Computational modelling of transport processes in fluids

Modul Nr. / Code	Credits	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-11-5141	6 CP	180 h	146 h	1 Semester	WS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF/DQR)**: 7	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Apl. Prof. Dr.-Ing. S. Jakirlic

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Numerische Modellierung von Transportprozessen in Fluiden	Vorlesung / Lecture	34 h (3 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Reynolds-Spannungsmodelle (Herleitung und Modellierungspraxis); lineare und nichtlineare Wirbelviskositätsmodelle und algebraische Reynolds-Spannungsmodelle; Multi-Skalen Modellierung; Low-Re Modellierung und Wandeffekte; fortgeschrittene Konzepte der Wandfunktionen und Wandbehandlung; turbulente Vermischung unter Bedingungen variabler Stoffeigenschaften, Mehrphasenströmungen, direkte numerische Simulation (DNS) und Grobstruktursimulation (LES), hybride Turbulenzmodelle; Anwendungsbeispiele

Reynolds stress models (derivation and modelling), linear and non-linear eddy viscosity models, algebraic Reynolds stress models, multi-scale models, low Re modelling and wall effects, advanced wall treatment, turbulent mixing under the conditions of variable flow properties, multiphase flows, direct numerical simulation (DNS) and large eddy simulation (LES), hybrid turbulence models, application examples

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Physikalische Modellgleichungen für turbulente Strömungen und assoziierte Transportprozessen (Stoff- und Wärmeübertragung in ein- und zweiphasigen Strömungen) herzuleiten.
2. Turbulente Strömungen und Transportprozesse numerisch zu beschreiben (bezogen auf komplementäre Simulation) und die Grenzen der analytischen Betrachtung zu kennen und zu begründen.
3. Numerische Strömungsmodellierungen bei der Auslegung von thermo-fluidmechanischen Apparaten anzuwenden.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Derive the physical/mathematical models for numerical description and analysis of turbulent flows and associated transport processes like heat and mass transfer for single and multi-phase flows for the purpose of numerical simulation.
2. Describe the turbulent flows and associated transport processes computationally (with respect to a complementary simulation) and to become familiar with the possibilities about their analytical treatment.
3. Apply the methods of computational modelling by the design of thermo-fluid apparatus.

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

Technische Strömungslehre und Numerische Berechnungsverfahren im Maschinenbau empfohlen.

Fluid Mechanics and Numerical Methods in Mechanical Engineering recommended.

5	**Prüfungsform / Assessment methods** Mündliche Prüfung 45 min / Oral exam 45 min.
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving credits** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote)/ Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature** Vorlesungsfolien werden als PDF in der Vorlesung angeboten, POPE, S. (2000): Turbulent Flows, Cambridge University Press; HANJALIC, K. (2004): Closure Models for incompressible turbulent flows. VKI lecture notes; HANJALIC, K. and JAKIRLIC, S. (2002): Second-Moment Turbulence Closure Modelling. In Closure Strategies for Turbulent and Transitional Flows, B.E. Launder and N.H. Sand-ham (Eds.), Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp. 47-101 Lecture notes can be obtained as PDF; POPE, S. (2000): Turbulent Flows, Cambridge University Press; HANJALIC, K. (2004): Closure Models for incompressible turbulent flows. VKI lecture notes; HANJALIC, K. and JAKIRLIC, S. (2002): Second-Moment Turbulence
	Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 14. Juli 2015. Module description accepted from academic department on 14 July 2015.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Oberflächentechnik II

Surface Technologies II

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-08-5070	6 CP	180 h	146 h	1 Semester	SS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr.-Ing. M. Oechsner

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Oberflächentechnik II	Vorlesung / Lecture	34 h (3 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Der Studierende erlernt den Einsatz von Verfahren der funktionellen Oberflächentechnik mit dem Ziel einer effizienten Funktionalisierung und Verbesserung der Leistungsfähigkeit von hochbeanspruchten Oberflächen. Dem Studierenden werden dabei anhand von praktischen Beispielen Kenntnisse zur methodischen Auswahl von Beschichtungsverfahren vermittelt, insbesondere für das Abwägen der Auswahl im Fall vielfältiger funktioneller Anforderungen und Eigenschaftsprofile. Dies setzt die Kenntnis der Variation von verfahrenstypischen Prozessparametern auf das Beschichtungsergebnis voraus. Behandelt werden diverse Beschichtungsverfahren mit Beispielprozessen: Elektrolytische Beschichtung, Schmelztauchverfahren, mech. Beschichtung, Konversionsschichten, Lackiertechnik, Anodisation PVD- und CVD-Dünnschichttechnologie, Sol-Gel Beschichtungen und thermisches Spritzen. Vermittelt werden auch weitere relevante technische Rahmenbedingungen zum erfolgreichen Einsatz von Beschichtungen, z.B. auch die Berücksichtigung von überzugsspezifischen Gestaltungsrichtlinien.

The student will learn about the application of surface technologies to improve highly loaded component surfaces regarding their functionality in an efficient way. By means of various examples, the student will learn to select the most suitable coating application technique, in particular within the context to address a multitude of functional requirements and specific properties. In order to do so, the impact of variations of the deposition process parameter on the coating properties needs to be understood. The lecture will discuss various coating deposition processes with application examples: galvanic deposition, dip coating processes, mechanical deposition processes, conversion layers, painting technologies, anodisation, PVD- and CVD thin film technologies, sol-gel coatings, and thermal spray coatings. In addition, the relevant technical boundaries for a successful application of coatings, e.g. coating process relevant component design guidelines.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Die primären und sekundären Funktionen von Oberflächen zu evaluieren und zu klassifizieren.
2. Die Wirkmechanismen der Haftung einer Oberflächenschicht auf einem Substrat zu erklären.
3. Die relevanten Vor- und Nachbehandlungen einer Beschichtung in ihrer Wirkungsweise zu erklären und einer Beschichtungstechnologie zuzuordnen.
4. Die möglicherweise auftretenden Wechselwirkungen zwischen einer Oberflächenschicht und einem Substrat zu benennen und zu beschreiben.
5. Methoden zur Bestimmung der Haftfestigkeit zu erklären und für gegebene Beschichtungs- und Belastungssituationen zu empfehlen.
6. Kenngrößen zur Beschreibung der Beschichtbarkeit zu erklären.
7. Prinzipien der Oberflächengestalt eines Bauteils im Hinblick auf die Beschichtbarkeit abzuleiten.

	8. Die in den Lehrinhalten genannten Verfahren zur Modifikation bzw. Beschichtung einer Oberfläche im Hinblick auf ihre Wirkungsweise, die Anlagentechnik, den Schichtaufbau, die Einsatzgrenzen und die relevanten Prozessparameter zu beschreiben. 9. Empfehlungen für ein Beschichtungsverfahren für ein gegebenes Bauteil unter einer gegebenen Beanspruchungssituation auszusprechen. After following this lecture the student will be able to 1. Evaluate and categorize primary and secondary functions of component surfaces. 2. Explain principles of coating – substrate adhesion. 3. Explain relevant pre- and post deposition processes regarding their working principle and associate them to specific deposition techniques. 4. Explain and describe potential coating – substrate interactions. 5. Explain experimental techniques on how to quantify and assess adhesion properties of coatings and recommend suitable measures for a given coating- and loading scenario. 6. Explain characteristics to describe the coat-ability of surfaces. 7. Derive principles on the requirements of the component surface topology and geometry regarding the suitability of various coating deposition techniques. 8. Describe the surface modification and coating processes working principles, the equipment, the coating architecture, the operational boundary conditions, and the relevant process parameters. 9. Recommend a coating process for a given component under a given load scenario.
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation**
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Mündliche (30 min) oder schriftliche Prüfung (45 min) / Oral exam 30 min or written exam 45 min.
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature** M. Oechsner: Umdruck zur Vorlesung (Foliensätze). K. Bobzin, Oberflächentechnik für den Maschinenbau (Wiley-VCH) H. Hofmann und J. Spindler, Verfahren in der Beschichtungs- und Oberflächentechnik (Hanser)

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Papierprüfung

Paper Testing

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-16-5190	4 CP	120 h	97 h	1 Semester	WS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr.-Ing. S. Schabel

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Papierprüfung	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Qualitative und quantitative Bestimmung der Faserstoffzusammensetzung von Papieren (Fasermikroskopie), Grundeigenschaften von Fasersuspensionen, Festigkeitsprüfung (trocken und feucht), Auswirkungen von Feuchtigkeit auf Papier, Kraft-Verformungs-Verhalten, Oberflächeneigenschaften, Optische Eigenschaften, Verhalten gegen Flüssigkeiten, Prüfung durch Laborsimulationen.

Qualitative and quantitative analyses of the fibre composition of paper, fundamental properties of paper, fundamental properties of fibre suspensions, strength testing (dry and wet), influence of humidity/moisture on paper, stress-strain-behaviour, optical properties, surface properties, absorption properties, testing by laboratory simulation.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Die wichtigen Messverfahren zur Prüfung von Papier zu erklären.
2. Die wichtigsten physikalischen Modelle zur Beschreibung der Eigenschaften von Papier zu kennen und anzuwenden.
3. Die Möglichkeiten und Grenzen der entsprechenden Messmethoden zu bewerten.
4. Messmethoden gemäß spezifischen Anforderungen selbst zu entwickeln.
5. Messergebnisse zu analysieren und Lösungen für schwierige Mess- und Prüfsituationen zu entwickeln.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Explain the most important measuring methods for the testing of paper.
2. Know the most relevant physical models for describing the properties of paper and apply those models.
3. Assess the possibilities and limits of the relevant measuring methods.
4. Develope measuring methods in accordance with specific demands.
5. Analyse and evaluate the results of measurement and develp solutions for difficult analytical problems.

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

5 Prüfungsform / Assessment methods

Mündliche Prüfung 30 bis 45 min / Oral exam 30 – 45 min.

6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** Master PST Pflicht WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft)
9	**Literatur / Literature** Hinweise während der Vorlesung / References during lecture,

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Papierverarbeitung

Paper Converting

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-16-5070	4 CP	120 h	97 h	1 Semester	WS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Dr.-Ing. H.-J. Schaffrath

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Papierverarbeitung	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Einführung in die Struktur der Papierverarbeitungstechnik, ihre grundlegenden Prozesse und Verfahrenstechniken, Übersicht über die papierverarbeitende Industrie, Materialkunde Papier und Kunststoff, Verfahren zur Herstellung von Kunststofffolien, Theorien und Anwendungstechniken der verbindenden Verfahren (insbesondere Kleben), trennenden Verfahren (Schneiden und Stanzen) und umformenden Verfahren (Rillen, Riffeln und Prägen).

Introduction into paper converting technology: structure, basic processes and process engineering. Overview of the paper converting industry, material science of paper and synthetic materials, manufacturing processes of plastic films, theory and application technology of: joining techniques (in particular gluing), separation techniques (cutting and die cutting), forming techniques (creasing, corrugating, embossing), techniques for combining different materials (impregnating, laminating, coating). Overview of transportation techniques in machines, techniques for the transfer of information (especially printing).

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Die zur Verarbeitung von Papier und Kunststoffen relevanten Materialeigenschaften, Prozesse und Verfahren zu benennen.
2. Die physikalischen und chemischen Effekte der verbindenden Verfahren (insbesondere Kleben), der trennenden Verfahren (Schneiden und Stanzen) und der umformenden Verfahren (Rillen, Riffeln und Prägen) zu modellieren.
3. Die grundlegende Konzeption der Papierverarbeitungsprozesse zu beschreiben.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. List the material properties to be used in the converting of paper and synthetic materials, processes, and methods.
2. Model physical and chemical effects of the combining processes (especially gluing), separation processes (cutting and punching), and the converting processes (grooving, corrugating, embossing).
3. Describe basic knowledge of the corresponding processes of paper converting.

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

5 Prüfungsform / Assessment methods

	Mündliche Prüfung 30 min / Oral exam 30 min.
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master PST IV (Kernlehrveranstaltungen der Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature** Hinweise während der Vorlesung references during lecture

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Planung, Bau, Inbetriebnahme und Betrieb von Großanlagen

Design, Building, Commissioning, and Operation of large-scale Plants

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-20-5120	4 CP	120 h	97 h	1 Semester	SS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Dr.-Ing. R. Elsen

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Planung, Bau, Inbetriebnahme und Betrieb von Großanlagen	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Energiewirtschaft, Energie- und Umweltpolitik (Markt-, Umfeldbedingungen)
Recht (Genehmigungsrecht, Vertragsrecht)
Projektmanagement (Projektabwicklung und -organisation, Terminplanung und -steuerung, Kosten- und Qualitätskontrolle)
Betriebswirtschaft (u. a. Investitionsrechnung, Betriebsführung)

Energy economics, energy, and environment policy (market and surrounding conditions)
Law (permission law, contract law)
Project management (project handling and organization, time scheduling and control, cost, and quality control)
Business economics (capital budgeting, operation management)

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Die notwendigen Schritten von der Idee eines Kraftwerkneubauprojekts bis zum Betrieb des Kraftwerks zu beschreiben.
2. Die anspruchsvollen Fragestellungen aus den Bereichen Energiewirtschaft, Energie- und Umweltpolitik, Recht, Projektmanagement und Betriebswirtschaft - die die Planung und den Bau neuer Kraftwerke zu einer äußerst komplexen Aufgabe machen - darzustellen und die Eigenheiten dieser Bereiche zu erklären.
3. Die Verfahren der Investitionsrechnung zu erklären und eine Investitionsrechnung für ein Kraftwerksneubauprojekt anzustellen.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Describe the different stages of a power plant project.
2. Present the challenging questions of the fields' energy economics, energy and environmental policy, law, project management, and business administration and explain the peculiarity of these fields.
3. Explain dynamic investment calculations for the economic analyses of a project and develop a capital budgeting for power plant construction projects.

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

Energiesysteme I empfohlen

Energy Systems I recommended

5	**Prüfungsform / Assessment methods** Klausur (90 min) / Written exam (90 min)
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature** Vorlesungsfolien Lecture slides
	Geänderte Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 20. Mai 2014. Gültig mit dem Sommersemester 2015. Changed module description (valid from summer semester 2015) accepted from academic department on 20 May 2014.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Printed Electronics

Printed Electronics

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-17-5110	4 CP	120 h	97 h	1 Semester	SS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr.-Ing. E. Dörsam

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Printed Electronics	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Drucktechnologien für funktionales Drucken (Druckverfahren und Drucksysteme); Design und Materialien für gedruckte Elektronik (Antennen, OFET, RFID); Maßnahmen zur Qualitätssicherung; Anwendungsbeispiele (Antennen, RFID, OFET, Fotovoltaik, Batterien, Lab on a Chip).

Printing technologies for functional printing (printing methods and systems); Design and materials for printed electronics (aerial, OFET, RFID); Activities for quality assurance; Examples of application (aerial, RFID, OFET, photovoltaic, batteries, lab on a chip).

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Die geeigneten Drucktechnologien für "Printed Electronics" zu beschreiben.
2. Drucktechnisch geeignete Materialien zu benennen und deren Auswirkungen am Beispiel von Antennen und OFET's auf das Design zu beschreiben.
3. Die verschiedenen Maßnahmen zur Qualitätssicherung einzuordnen und zu bewerten.
4. Die grundlegenden Funktionen, den Aufbau, die Materialien und die spezifischen Eigenschaften von gedruckten Antennen, RFID's, Fotovoltaik und Batterien zu erklären.
5. Das Drucken von Elektronik als eine interdisziplinäre Aufgabe der Fachdisziplinen Elektrotechnik, Materialwissenschaften und Maschinenbau zu verstehen und zu kombinieren.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Describe the printing technologies that are applicable for “Printed Electronics”.
2. Name materials that are appropriate to printing processes and to describe the impact of the materials on the design e.g. of antennas and OFETs.
3. Classify and rate different activites for quality assurance.
4. Explain basic functions, configurations, materials, and specific properties of printed antennas, RFIDs, photovoltaics and batteries.
5. Describe “Printed Electronics” as a multidisciplinary task that consists of electrical engineering, material science, and mechanical engineering.

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

Maschinenelemente und Mechatronik I und II empfohlen

Mechanical components and Mechatronics I and II recommended

5 Prüfungsform / Assessment methods

	Mündliche Prüfung 30 min / Oral exam 30 min.
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik) Master ETiT IMNT; Master Mechatronik
9	**Literatur / Literature** Skriptum wird vorlesungsbegleitend im Internet angeboten The current lecture notes can be downloaded from the web pages of the institute while the semester is in session.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Printing Technology for Electronics

Printing Technology for Electronics

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-17-5210	4 CP	120 h	74 h	1	SS

Sprache / Language: Englisch / English **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Dr. M. Sauer

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Printing Technology for Electronics	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)
-ue	Printing Technology for Electronics	Übung / Recitation	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Drucktechnologien für das funktionale Drucken; Substrate und funktionale Druckfluide und deren Charakterisierung; Druckprozess im Detail mit Fluidübertrag und Nassfilmdynamik; Trocknung und Weiterverarbeitung der Schichten; Drucken von Einzel- und Mehrschichtsystemen.

Printing techniques for functional printing; substrates and functional printing fluids and their characterization; printing process in detail with fluid transfer and wet film dynamics; drying and further processing of the layers; printing single- and multi-layers.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Die Vielfalt und Komplexität der funktionalen Druckprozesse für die organische Elektronik zu beschreiben.
2. Die verschiedenen Druckverfahren mit den Subprozessen zu unterscheiden und ihre Vor- und Nachteile und ihre technologischen Limitierungen zu analysieren.
3. Die Modellbildung zur Beschreibung der Vorgänge im Druckspalt mit Hilfe der Navier-Stokes-Gleichung und Hale-Shaw-Zellen nachzuvollziehen und zu beschreiben.
4. Die wichtigen qualitätsbeeinflussenden Parameter für die gedruckte Schicht zu erklären und zu vergleichen.
5. Die physikalischen Größen und Methoden zur Charakterisierung von Fluid und Substrat zu beschreiben.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Describe the variety and complexity of functional printing processes for organic devices.
2. Distinguish the different printing techniques including their sub-processes and analyse their advantages and disadvantages as well as their technological limitations.
3. Reconstruct and describe the modelling of the interactions in the printing nip by means of the Navier-Stokes-equation and the Hale-Shaw-cells.
4. Explain and compare the parameters that influence the quality of the printed layer.
5. Describe the physical values and methods that are needed for the characterization of fluids and substrates.

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

Sehr gute physikalische Grundlagen

	Very good basics in Physics
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Mündliche Prüfung 40 min / Oral exam 40 min.
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature** Skriptum wird vorlesungsbegleitend auf der Homepage des Instituts angeboten. The current lecture notes can be downloaded from the web pages of the institute while the semester is in session.
	Geänderte Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 14. Juli 2015. Changed module description accepted from academic department on 14 July 2015.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Produktentstehung und -auslegung in der Automobilindustrie

Product Conception and Product Design in Automotive Industry

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-27-5110	4 CP	120 h	97 h	1 Semester	SS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Dr. U. Ernstberger

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Produktentstehung und -auslegung in der Automobilindustrie	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

1. Entwicklungsumfeld: Regulative Umfelder (Zertifizierung und Rating), Projektmanagement, Wirtschaftlichkeit und Entwicklungsabläufe
2. Antriebskonzepte: Konventionelle und Alternative Antriebe, Konzepte für Zweirad- und Allradantriebe
3. Fahrzeugkonzept und Funktion: Fahrzeugkonzeptfestlegung, Aktive und Passive Sicherheit, NVH, Aerodynamik (Funktionen)
4. Rohbau - Werkstoffe und Bauweisen: Neue hoch- und höchstfeste Stähle, Aluminiumbauweisen, Werkstofftrends im Rohbau (CFK, Magnesium, etc.)
5. Rohbau – Fertigungstechnologien: Neue Trends in Umformtechnologien und Werkstoffmix, neue Fügetechnologien und -prozesse
6. Modularchitektur und Systemlieferanten: Kernaufbaukomponenten im Fahrzeugbau, Modularchitektur und Systemlieferanten

1. Development environment: Regulations (Certification and Rating), project management, profitability and development processes
2. Drive systems: Conventional and alternative drive systems, two-wheel drive and four-wheel drive concepts
3. Vehicle concept and functionality: Definition of a vehicle concept, active and passive safety, NVH, aerodynamics (functionalities)
4. Body shell - material and design: New high-strength and highly-strength steel, aluminium design, material trends regarding the body shell (carbon fiber, magnesium, etc.)
5. Body shell – Production technology: New trends regarding forming and moulding technology and mix of materials, new assembly technologies and processes
6. Module architecture and system suppliers: Main body components for vehicle manufacturing, module architecture and system suppliers

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Die Einflussfaktoren des Entwicklungsumfelds von PKWs zu beschreiben und deren Auswirkungen auf die Fahrzeugauslegung zu erklären.
2. Technische Grundlagenkenntnisse auf anwendungsorientierte Problemstellungen in der PKW-Entwicklung zu übertragen und anhand der gegebenen Beispiele die Ursachen und Lösungsmöglichkeiten von Zielkonflikten zu benennen.
3. Die technischen als auch die betriebswirtschaftlichen Auswirkungen aktueller Entwicklungstrends (z.B. Alternative Antriebe, Leichtbau, Individualisierung, etc.) auf die Konzeptionierung moderner

	PKW qualifiziert zu diskutieren. 4. Die Zielkonflikte in der Entwicklung von Fahrzeugen mit alternativen Antrieben und erhöhten Komfortanforderungen bei gleichzeitig verschärftem Leichtbau- und Kostendruck zu erklären und diese an praxisnahen Beispielen zu erläutern. On successful completion of this module, students should be able to: 1. List and explain the factors of influence in the development of passenger cars and the effects on the construction of vehicles 2. Apply technical basic knowledge on application-oriented problems and name causes and possible solutions for conflicts of objectives based on given examples. 3. Discuss the technical and economic impact of modern development trends (e.g. alternative drive systems, lightweight design, individualisation, etc.) on the design of modern passenger-cars. 4. Explain the present conflicts of objectives during the development of vehicles with alternative drive systems and increasing comfort requirements in combination with increasing pressure regarding lightweight design and cost.
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** Empfohlen: Grundlagen der Fahrzeugtechnik, Grundlagen der technischen Mechanik und Werkstofftechnik, Grundkenntnisse der Fertigungstechnik Recommended: Basics in automotive engineering, basics in engineering mechanics and material engineering, basics in production technology
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Klausur 60 min / Written exam 60 min.
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature** Skriptum zur Vorlesung in elektronischer Form (pdf). Lecture notes will be provided electronically (pdf)

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Prozessketten in der Automobilindustrie I

Process Chains in the Automotive Industry I

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-22-5070	2 CP	30 h	19 h	1 Semester	WS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Dr.-Ing. H. Steindorf

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Prozessketten in der Automobilindustrie I	Vorlesung / Lecture	11 h (1 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Die Nutzfahrzeugwelt, Quality-Gate-Philosophie, Rahmenheft - Lastenheft - Pflichtenheft, Designfestlegung - Point of no Return, Pilot- und Vorserienfertigung, Start of Production (SOP), Markteinführung - Produktionshochlauf

World of commercial vehicles, quality gate philosophy, outline specification - framework specification – final specification, design predefinition - point of no return, prototype- and pilot-series production assembly- start production, start of production (SOP), market launch – production start-up program.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Die Prozessketten in der Automobilindustrie am Beispiel von Nutzfahrzeugen zu erklären.
2. Rahmen-, Lasten- und Pflichtenheft zu unterscheiden und den Prozess der Erstellung dieser zu verstehen und zu erklären.
3. Verstehen und Erläutern der Quality Gate Philosophy.
4. Den Produktionsentwicklungsprozess von der Designfestlegung bis zum Produktionshochlauf begreifen und anwenden.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Explain process chains in the automotive industry.
2. Distinguish between outline specification, framework specification, final specification and undestand and explain the process of creating these specifications.
3. Understand and exemplify the philosophy of Quality Gates.
4. Comprehend and adopt the product development process from determing the design to the production start up program.

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

5 Prüfungsform / Assessment methods

Mündliche Prüfung 30 min / Oral exam 30 min.

6 Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points

Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.

7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature** Vorlesungsskript ist während der Vorlesung erhältlich. Lecture notes are available during the course.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Prozessketten in der Automobilindustrie II

Process Chains in the Automotive Industry II

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-22-5080	2 CP	30 h	19 h	1 Semester	SS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Dr.-Ing. H. Steindorf

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Prozessketten in der Automobilindustrie II	Vorlesung / Lecture	11 h (1 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Fabriksteuerung, Lieferantenmanagement, Gestaltungsprinzipien für Logistikketten, IT- Unterstützung entlang der Auftragsbearbeitung, Arbeitsorganisation, KVP/ Arbeitsplatzgestaltung, Qualitätsmanagement/ Qualitätsregelkreise entlang der Fertigungsketten, Einsatzfelder für Ingenieure

Production plan generation, production control, principles for the design of the chains of production, supplier management, principles for the design of logistics chains, work organisation, continuous process improvement (CPI)/ workplace design, quality management/quality control cycles along the chains of production, applications for engineers.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Den Aufbau, die Phasen und die Steuerung eines Produktionsplanungsprozesses zu erklären.
2. Die Grundzüge des Qualitätsmanagements, Lieferantenmanagements, der Arbeitsorganisation und des Aufbaus der Logistikkettenzu zu erläutern und zu diskutieren.
3. Die notwendigen Abläufe bis hin zum Anlauf der Serienproduktion darzustellen.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Explain the structure, the stages, and the control of the production plan generation.
2. Exemplify and discuss the main features of quality management, supplier management, work organisation, and the set-up of logistics supply chains.
3. Present the processes up to the start of mass production.

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

5 Prüfungsform / Assessment methods

Mündliche Prüfung 30 min / Oral exam 30 min.

6 Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points

Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.

7 Benotung / Grading system

Standard (Ziffernote) / Number grades

8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature** Vorlesungsskript ist während der Vorlesung erhältlich. Lecture notes are available during the course.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Raumfahrtantriebe und Raumfahrttransportsysteme

Space Propulsion and Space Transportation Systems

Modul Nr. / Code	Credits	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-04-3114	4 CP	120 h	97 h	1 Semester	SS

Sprache / Language: Englisch / English **Level (EQF/DQR)**: 7	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Dr.-Ing. C. Manfletti

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Space Propulsion and Space Transportation Systems	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Orbitale und interplanetare Raumfahrttransportaktivitäten. Technische Anforderungen. Berechnungsverfahren zur Bestimmung von Bahnparametern und delta-v Anforderungen. Gleichungen für die Dimensionierung von Raumtransportsystemen. Funktionsprinzipien, Komponenten und Berechnung der unterschiedlichen Raumfahrtantriebe. Antriebszyklen von chemische Flüssigtreibstoff-Raketen. Aktuelle Entwicklungen und Zielkonflikte in der Entwicklung von zukünftigen Raumtransportsystemen und Raumfahrtantrieben.

Space transportation activities in the segments earth-to-orbit, in-orbit and interplanetary. Main technical requirements. Computational methods to determine the main orbital parameters and delta-v requirements. Main equations to size space transportation systems; functional principle, components and equations of space propulsion systems; chemical liquid propellant rocket engine cycles; technical impacts of modern developments and possible conflicts arising during the decision making process and during the development of space propulsion and transportation systems.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Die verschiedenen Segmente des Raumtransports zu unterscheiden und die dazu gehörigen Anforderungen zu erläutern.
2. Bahnparametern und notwendigen delta-v zu berechnen.
3. Die weltweit genutzten technischen sowie die historischen und aktuellen Umsetzungen zu benennen.
4. Die Berechnungsmethoden für die Dimensionierung von Raumtransportsystemen anzuwenden.
5. Die unterschiedlichen Raumfahrtantriebsarten zu benennen, ihre Funktionsprinzipien zu beschreiben und ihre Hauptleistungsparameter zu berechnen.
6. Die unterschiedlichen Triebwerkszyklen zu benennen und zu skizzieren.
7. Die vorteilhaftesten Zyklen zu einer vorgegebenen Anwendung auszuwählen.
8. Triebwerkskomponenten zu benennen, deren Funktionsprinzipien zu beschreiben und deren Eckdaten für eine Auslegung zu berechnen.
9. Die technischen Auswirkungen aktueller Entwicklungen bei Raumfahrtantrieben und Raumfahrttransportsystemen zu diskutieren.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Distinguish the various the segments for space transportation activities and the main technical requirements associated with each segment.
2. Perform computations of the main orbital parameters and required delta-v.

	3. Name implemented past and present technical solutions worldwide. 4. Apply the computational methods required to size space transportation systems. 5. Name the various space propulsion systems and describe their main functioning principles and compute their main performance parameters. 6. Distinguish and outline the main chemical propulsion engine cycles. 7. Select the most advantageous cycle depending on the specific application. 8. Name rocket engine components, describe their functioning principles and to determine their key parameters for design. 9. Discuss technical impacts of modern developments of space propulsion and transportation systems.
4	**Voraussetzung für die Teilnahme -/ Prerequisites for participation** Grundlagen der Strömungslehre und Thermodynamik Basics in fluid dynamics and thermodynamics
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Mündliche (30 min) oder schriftliche Prüfung (45 min) / Oral (30 min) or written exam (45 min).
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Kreditpunkten / Requirement for receiving credits** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Ziffernote / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft)
9	**Literatur / Literature** Vorlesungsunterlagen werden elektronisch (pdf) zur Verfügung gestellt. Lecture notes will be provided electronically (pdf)
	Geänderte Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 14. July 2020. Changed Module description accepted from academic department on 14 July 2020.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Raumfahrtmechanik

Space Flight Mechanics

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-25-5130	6 CP	180 h	135 h	1 Semester	WS

Sprache / Language: Englisch /English **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Dr. rer. nat. M. Landgraf

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Space Flight Mechanics	Vorlesung / Lecture	34 h (3 SWS)
-ue	Space Flight Mechanics	Übung / Recitation	11 h (1 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Zentralbewegung, Zwei-Körper-Problem; Satellitenbahnen, Bahnelemente und ihre Störungen; Bemerkungen zum Drei-Körper-Problem; Drehbewegung der Satelliten; aktive und passive Stabilisierung, Nutationsdämpfer, Bahnwechselmanöver, interplanetare Missionen; das europäische Raumfahrtprogramm.

Kepler's laws, two-body problem; satellite orbits and orbital elements, perturbation of the orbital elements; three-body problem; satellite attitude control and stabilization, nutation damping; orbital transfer manoeuvres, interplanetary trajectories, and missions of the European space program.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Die Flugbahn ungefesselter Raumflugkörper mittels geometrischer Analyse, Randwertproblem-definition, Parametrisierung, algebraischer und/oder numerischer Analyse zu bestimmen.
2. Die grundlegenden himmelsmechanischen Gesetze zu erläutern, wie die Anwendbarkeit und Beschränkungen der Keplerschen Gesetze und die Methoden der Störungsrechung.
3. Die verschiedenen Möglichkeiten der Störung der idealen Bewegung und deren Einfluss auf den Raumflugkörper zu erklären und für das Missions-Design zu nutzen.
4. Die Probleme und die Möglichkeiten des erdnahen und interplanetaren Raumflugs zu beschreiben.
5. Die besondere Terminologie und Einheitensystematik der Raumfahrtmechanik zu benennen und zu verwenden.
6. Die aktuelle Projekte und Schwierigkeiten der Himmelsmechanik, insbesondere bei der Arbeit der europäischen Raumfahrtagentur, zu benennen.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Determine the orbit of unbounded spacecraft by means of geometric analysis, optimisation, respective boundary problem definition, parameterisation, algebraic, and eventually numeric analysis.
2. Explain the basic laws of celestial mechanics such as the applicability and constraints of Keplerian elements and the methods to calculate perputation.
3. Explain the various possibilities of perturbation of the ideal motion of spacecraft and its influence to the path of the spacecraft and exploit the perturbations for mission design.
4. Describe the challenges and capabilities of planetary and inter-planetary space flight.
5. Name and apply the special nomenclature and system of units that appear in celestial mechanics.
6. Name recent and older project and missions of space flight, especially with respect to the European space program.

4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation**
5	**Prüfungsform / Assessment methods** schriftliche Hausübung (30 %); schriftliche Endklausur (60 %) mit mündlicher Komponente (10%) mehrere Tage (Hausübung); 1 h 20 min (Endklausur) / 10min mündliche Komponente written homework (30 %); written final exam (60 %) with oral component (10%) several days (homework); 1 h 20 min (final exam) with 10min. oral component
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik) Mechatronik
9	**Literatur / Literature** Skriptum, erhältlich in der ersten Vorlesungsstunde Course reader, available in the first lecture

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Raumfahrtrückstände – Risiken, Überwachung und Vermeidung

Space Debris – Risks, Surveillance and Mitigation

Modul Nr. / Code	**Credits**	**Arbeitsaufwand / Work load**	**Selbststudium / Individual study**	**Moduldauer / Duration**	**Angebotsturnus / Semester**
16-23-3164	4 CP	120 h	97 h	1 Semester	SS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF/DQR)**: 7	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Dr.-Ing. H. Krag

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	**Kursname / Course Title**	**Lehrform / Form of teaching**	**Kontaktzeit / Contact hours**
-vl	Raumfahrtrückstände – Risiken, Überwachung und Vermeidung	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Die Vorlesung vermittelt die wissenschaftlich-technischen und betrieblichen Aspekte zu den Ursachen, Überwachung und Vermeidung von Raumfahrtrückständen.
Sie umfasst die Berechnung von Risiken: Quell- und Senk-Therme, Partikelfluss-Modelle, Wiedereintritts-Aerodynamik/Aerothermik und entsprechende Risiko-Modelle;
die Grundlagen der Weltraumüberwachung: Terrestrische Radar- und Teleskop-Anlagen, Bahnbestimmungsmethoden (Batch Least Square, Levenberg-Marquardt, Kalman Filter), Residuen, Kovarianzen, Kollisionsvermeidung im Betrieb;
sowie auch die Vermeidung von Raumfahrtrückständen: Langzeit Modellprognosen, Internationale Richtlinien, Passivierungsmassnahmen, Schutz durch Abschirmung, Technologie zur Entsorgung und Verifizierung der Maßnahmen;

This lecture will provide the scientific, technical and operational background in relation to the sources, surveillance and mitigation of space debris.
This covers risk assessment aspects: source and sink terms, particle flux models, aerodynamics and aerothermal aspects during atmospheric re-entry and related on-ground risk assessments;
all major aspects of space surveillance: ground-based radar and telescope systems, orbit determination methods (batch least square, Levenberg-Marquardt, Kalmanfilter), residuals, covariances, operational collision avoidance;
As well as space debris mitigation aspects: long-term environment projection models, international guidelines, passivation methods, shielding concepts, methods for post mission disposal and verification of measures;

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Die Ursachen für Raumfahrtrückstände zu beschreiben und die Partikelumgebung sowie die Auswirkungen von Partikeleinschlägen zu bewerten
2. Das Risiko für eine Raumfahrtmission durch die natürliche und vom Menschen erzeugte Partikelumgebung zu analysieren, zu quantifizieren und durch geeignete Maßnahmen zu begrenzen
3. Das Risiko am Boden durch den atmosphärischen Wiedereintritt eines Raumfahrtobjektes zu berechnen
4. Eine Raumfahrtmission nach den gültigen Richtlinien zur Vermeidung von Raumfahrtrückständen selbständig technisch auszulegen und nach internationalen Standards und Methoden zu verifizieren
5. Die mittels der Flugdynamik im Betrieb zu meisternden Aufgaben (Bahnbestimmung und

	Manöverplanung) nachzuvollziehen, und die betrieblichen Abläufe der Kollisionsvermeidung zu erklären. 6. Die Grundlagen der Weltraumüberwachung darzustellen, entsprechende Sensor-Systeme auszulegen und die bezogenen rechnerischen Methoden anzuwenden; On successful completion of this module, students should be able to: 1. name the sources of space debris and describe the human-made particle environment and the consequences of particle impacts; 2. analyse and determine the risks to a space mission due the natural and human-made particle environment and limit this this risk by suitable technical measures; 3. determine the on-ground risk caused by the atmospheric re-entry of a space object; 4. lay-out a space mission according to applicable space debris mitigation guidelines and verify the resulting setup along with international standards; 5. perform the main tasks of flight dynamics in operations (orbit determination and manoeuvre-planning) and explain the operational processes in the context of collision avoidance; 6. Present the main technical aspects of space surveillance, lay-out the required sensor systems and apply the related computational methods;
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** Kenntnisse aus "Raumfahrtmechanik" (Modul Nr. 16-25-5130) sind vorteilhaft, aber keine Voraussetzung / knowledge of the content of „Space Flight Mechanics" (module no. 16-25-5130) is an asset but not a pre-requisite.
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Mündliche Prüfung 20 min / Oral exam 20 min.
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving credits** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote)/ Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature** Klinkrad: Space Debris – Models and Risk Analysis, Springer Springer Praxis Books Astronautical Engineering, 2006, ISBN 978-3-540-37674-3
	Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 27. November 2018. Module description in accepted from academic department on 27 November 2018.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Rheologie (Strömungsmechanik nicht-newtonscher Fluide)

Rheology (Mechanics of Non-Newtonian Fluids)

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-13-5120	4 CP	120 h	97 h	1 Semester	SS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Apl. Prof. Dr. rer. nat. A. Sadiki

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Rheologie (Strömungsmechanik nicht-newtonscher Fluide)/Rheology	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Grundlagen der Kontinuumsmechanik, Materialverhalten (Rheologische Grundkörper, Unterschiedliche Modellschaltungen), Rheologische Grundgleichungen, Rheologie disperser Systeme (Klassifikation, Strömungsgrößen, Lösungsansätze, Polymere, Suspensionen, etc.), viskometrische und komplexe Strömungen, Lineare und nicht lineare Viskoelastizität, Erweiterte Thermodynamik und thermorheologisches Verhalten, Prozessrheologie und numerische Simulationen, Einführung in die Rheometrie.

Basic concepts of continuum mechanics, material behavior (rheological basic elements and various model combinations), governing equations of rheology, rheology of dispersed systems (classification, flow variables, modelling approaches, polymers, suspensions, etc.), viscometric flows and complex flows, linear and non linear viscoelasticity, Extended Thermodynamics and thermorheological behavior, process rheology and numerical simulations, introduction to rheometry.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Viskoelstische Fluide und Ihre Verhalten phänomenologisch zu beschreiben und im Rahmen der linearen und nicht-linearen Thermo-Viskoelastizität zu charakterisieren.
2. Das typische Verhalten bzw. die Strömungsvorgänge von thermo-viskoelastischen Flüssigkeiten bzw. nicht-Newtonschen Fluiden theoretisch und mathematisch zu erklären und in Form von Materialgesetzen und Feldgleichungen zu beschreiben.
3. Die Grenzen der Anwendbarkeit von Materialgesetzten und Feldgleichungen einzuschätzen.
4. Die experimentellen Grundlagen zur Erfassung rheologischer und strukturellen Parametern von thermo-viskoelastischen Flüssigkeiten bzw. nicht-Newtonschen Fluiden zu erklären.
5. Unterschiedliche numerische Methoden zur Beschreibung dieser komplexen Strömungsvorgänge zu beschreiben und anzuwenden.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Describe and characterize viscoelastic fluids and their fluid behavior in the frame of linear and non-linear thermo-elasticity.
2. Explain theoretically and mathematically typical flow behaviors of thermo-viscoelastic fluids and formulate constitutive equations and field equations.
3. Assess the domain of validity of constitutive equations and field equations.
4. Explain the basic methods for measuring rheological and structural parameters.
5. Describe/apply different numerical techniques for simulations of thermo-viscoelastic fluids.

4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation**
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Mündliche Prüfung 30 min / Oral exam 30 min.
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master PST III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft)
9	**Literatur / Literature** Skript wird in der Vorlesung verteilt, kann aber auch von der Institut-Homepage heruntergeladen werden. Script will be distributed before each lesson. It can also be downloaded from the institute's homepage.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Schadenskunde

Failure Analysis

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-08-5050	4 CP	120 h	97 h	1 Semester	WS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Dr.-Ing. H. Hoche

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Schadenskunde	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Aus Schadensfällen lernen: Die Studierenden lernen in der Schadensbeurteilung analytisch vorzugehen, Vielfältigkeit, Komplexität und Komplexbeanspruchung auf ihre Schadensrelevanz hin zu beurteilen und Vorschläge für eine Schadensvermeidung zu erarbeiten. Sie lernen wichtige Zusammenhänge über die Wechselwirkungen der Beanspruchungen und der Beanspruchbarkeit von Bauteilen.

- Grundlegende Vorgehensweise bei einer Schadensanalyse
- Werkzeuge der Schadensanalyse (z.B. Bruchmechanik, Rasterelektronenmikroskopie, Metallographie, chem. Analytik usw.)
- Schäden infolge mechanischer, thermischer, tribologischer und korrosiver Beanspruchung sowie wasserstoffinduzierte Schäden
- Schadensmechanismen
- Schäden aus den Bereichen Kunststoff und Medizintechnik sowie Schweißtechnik
- Ausgewählte Bauteilbeispiele (Federn und Schrauben)

Learning of failures: The students learn analytical proceeding of failure analysis, to judge variety, complexity, and complex load at their damage relevance and compile suggestions for damage avoidance. They learn important coherences about the interaction of the demands and the strength of components.

- Basic approach in a damage analysis
- Tools of the damage analysis (e.g., fracture mechanics, scanning electron microscopy, metallography, chem. analytics etc.)
- Damages as a result of mechanical, thermal, tribologic and corrosive demand as well as hydrogen-induced damages
- Damage mechanisms
- Damages from the areas of plastic and medicine technology as well as welding technology
- Select component examples (springs and bolts)

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Die grundlegende Vorgehensweise einer Schadensanalyse nach VDI 3822 zu erläutern
2. Eine Schadenshypothese zu entwickeln und die (analytischen) Werkzeuge zur Durchführung der Schadensanalyse auszuwählen, anzuwenden und in ihrer Gesamtheit zu kombinieren.
3. Brucharten makroskopisch und mikrofraktographisch zu identifizieren und zu differenzieren.
4. Schäden zu analysieren und zu bewerten, ursächliche und begünstigende Einflüsse zu differenzieren.

	5. Schadensursachen abzuleiten und Abhilfemaßnahmen zu entwickeln. After following this lecture the student will be able to: 1. Explain the basic procedure of failure analysis in accordance with VDI 3822, 2. Develop a failure hypothesis and select the (analytical) tools for performing the failure analysis, apply, and combine the results. 3. Identify and differentiate types of fractures on a macroscopic and microscopic level. 4. Analyse and evaluate failure root causes, differentiate primary and secondary influences favoring damage. 5. Derive failure root causes and develop corrective actions.
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation**
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Mündliche Prüfung 45 min / Oral exam 45 min.
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature** Vorlesungsfolien zum Download als PDF / slides can be downloaded as PDF VDI Richtlinie 3822, Teile 1 und 2 G. Lange (Hrsg): Systematische Beurteilung technischer Schadensfälle (5. Auflage), Wiley-VCH, Weinheim 2001. Schmitt-Thomas: Integrierte Schadensanalyse (VDI), Springer Verlag, 2005. Andreas Neidel: Handbuch Metallschäden (2. Auflage), Carl Hanser Verlag 2011

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Schalentheorie

Theory of shells

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-12-3194	4 CP	120 h	97 h	1 Semester	SS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr.-Ing. habil. C. Mittelstedt

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Schalentheorie / Theory of shells	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Gekrümmte Balken als einführender Exkurs (Schnittgrößenermittlung; Ermittlung der Stützlinie; Verformungsberechnung); Schalenarten; Belastungen; Annahmen der technischen Schalentheorie; Feldgrößen; Membrantheorie: Voraussetzungen, Grundgleichungen, Rotationsschalen, ausgewählte Lösungen, Kinematik und Verschiebungen; Biegetheorie der Rotationsschalen: Grundgleichungen, Spezialfälle, Behältertheorie; Das Kraftgrößenverfahren: Randstörungsprobleme, statisch unbestimmte Schalen; Energiemethoden; Finite Elemente für Schalen: Rotationsschalen, beliebige Schalen; Geschichtete Schalen; Spezielle Schalentheorien; Einführung in das Schalenbeulen; Ausgesteifte Schalen

Curved beams as introductory motivation (determination of stress resultants; pressure line determination; deformations); types of shells; shell loads; assumptions of technical shell theory; state variables; membrane theory: assumptions, basic equations, shells of revolutions, selected solutions, kinematics and deformations; bending theory of shells of revolution: basic equations, special cases, vessel theory; the force method: boundary layer phenomena, statically indeterminate shells; energy methods; finite elements for shells: shells of revolution, arbitrary shells; layered shells; higher-order shell theories; introduction to shell buckling; stiffened shells

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Berechnungen an elementaren Schalenstrukturen selbstständig durchzuführen.
2. Die spezielle Tragwirkung von Schalenstrukturen zu erklären und für eine Dimensionierung zu nutzen.
3. Das Stabilitätsverhalten von Schalen zu erklären und eine entsprechende Nachweisführung durchzuführen.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Perform analyses for elementary shell structures autonomously.
2. Explain the special load bearing characteristics of shells and to use those for the dimensioning of shell structures.
3. Explain the stability behaviour of shells and to perform according buckling analyses.

4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** -
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Mündliche Prüfung 20 min / Oral exam (20 min.)
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik) Angewandte Mechanik Mechatronik
9	**Literatur / Literature** FLÜGGE, W., 1962. Statik und Dynamik der Schalen. 3. Auflage. Berlin et al.: Springer. WIEDEMANN, J., 1996. Leichtbau 1: Elemente. 2. Auflage. Berlin et al.: Springer Verlag. BRUSH, D.O. / ALMROTH, B.O., 1975. Buckling of bars, plates and shells. New York et al.: McGraw-Hill.
	Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 4. Juni 2019. Module description accepted from academic department on 4 June 2019.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Schwingungen kontinuierlicher mechanischer Systeme

Vibrations of Continuous Mechanical Systems

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-62-5040	6 CP	180 h	135 h	1 Semester	SS

Sprache / Language: Englisch / English **Level (EQF/DQR)**: 7	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr. P. Hagedorn

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Vibrations of Continuous Mechanical Systems	Vorlesung / Lecture	34 h (3 SWS)
-ue	Vibrations of Continuous Mechanical Systems	Übung / Recitation	11 h (1 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Lineare Systeme mit unendlich vielen Freiheitsgraden: Saite, Balken, Membran, Platte; freie und erzwungene Schwingungen; D'Alembertsche Lösung der Wellengleichung, Wellenausbreitung; Biegewellen und der Timoshenko-Balken; Hamiltonsches Prinzip und Variationsrechnung; Eigenwerttheorie selbstadjungierter Operatoren, Entwicklungssatz; Greensche Funktion; Näherungsverfahren: Rayleigh-Quotient, Kollokationsverfahren, Galerkin- und Ritz-Verfahren, Methode der finiten Elemente; Einführung in die Akustik. Einsatz moderner, kommerzieller Rechenprogramme zur Lösung von Schwingungsproblemen.

Linear continuous systems: string, beam, membrane, plate, free and forced vibrations, d'Alembert's solution of the wave equation, wave propagation; bending waves and the Timoshenko beam; Hamilton's principle and calculus of variation, eigenvalue theory, expansion theorem; Green's functions; Approximations: Rayleigh's quotient, collocation method, Galerkin's and Ritz method, Finite Element Method; introduction to acoustics.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Die Möglichkeiten und Problemfelder der linearen kontinuierlichen Betrachtung von schwingungsmechanischen Problemen zu beschreiben.
2. Die Unterschiede der Betrachtung von kontinuierlichen und diskreten Systemen darzustellen.
3. Die Bewegungsgleichungen für einfache Systeme herzuleiten.
4. Linearisierungs- und Diskretisierungsmethoden anzuwenden und Eigenwertprobleme zu lösen.
5. Das Konzept der Wellenausbreitung zu beschreiben und grundlegende mechanische Ersatzmodelle z.B. aus der Balkentheorie einzusetzen.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Describe capabilities and difficulties of linear, continuous vibration problems.
2. Distinguish the character of continuous vibration problems from discrete problems.
3. Derive the equations of motion for simple systems.
4. Apply linearization and discretization techniques and solve eigenvalue problems.
5. Describe the concept of wave propagation and knows basic mechanical models, for instance beam theory.

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

Keine / none.

5 Prüfungsform / Assessment methods

Hausübung (30%), Zwischenklausur (20%), Endklausur (50%) - alles schriftlich Hausübung: mehrere

	Tage. Zwischenklausur: 30 min. Endklausur: 1 h 30 min Take home (30%), Midterm (20%), Final (50%) - all written Hausübung: mehrere Tage. Zwischenklausur: 30 min. Endklausur: 1 h 30 min
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving credits** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik)
9	**Literatur / References** Hagedorn, Kelkel: Technische Schwingungslehre II - Lineare Schwingungen kontinuierlicher mechanischer Systeme, Springer 1989 (Kopien erhältlich am Fachgebiet) Meirovitch: Elements of Vibration Analysis, McGraw Hill, 1986 Hagedorn, DasGupta: Vibrations and Waves in Continuous Mechanical Systems, Wiley, 2007
	Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 16. Dezember 2014. Module description accepted from academic department on 16 December 2014.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Stabilitätstheorie im Leichtbau

Theory of stability in lightweight engineering

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-12-3144	4 CP	120 h	86 h	1 Semester	WS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr.-Ing. habil. C. Mittelstedt

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Stabilitätstheorie im Leichtbau	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)
-ue	Stabilitätstheorie im Leichtbau	Übung / Recitation	11 h (1 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Typische Stabilitätsprobleme der Elastostatik; Knicken von Stäben; Biegedrillknicken und Kippen; Platten- und Schalenbeulen.

Typical stability problems in elastostatics; Buckling of beams; Flexural torsional buckling and lateral buckling; Buckling of plates and shells.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Die grundlegenden, für Leichtbaustrukturen relevanten Stabilitätsprobleme zu unterscheiden und die entsprechenden Lösungsverfahren zu erklären und anzuwenden.
2. Stabilitätsprobleme von Stäben und Stabwerken exakt und näherungsweise zu lösen.
3. Stabilitätsprobleme von ebenen und gekrümmten Flächentragwerken exakt und näherungsweise zu lösen.
4. Erlernte Methoden für gegebene spezifische praktische Probleme selbsttätig auszuwählen und zielgerichtet anzuwenden.
5. Praxisrelevante Näherungslösungen für Stabilitätsprobleme zu entwickeln.
6. Bauteile des Leichtbaus hinsichtlich ihres Stabilitätsverhaltens sicher auszulegen.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Differentiate and explain typical stability problems and use the according solution methods for application cases as they are relevant in lightweight engineering.
2. Solve stability problems of beam structures in an exact and approximate way.
3. Solve stability problems of plates and shells in an exact and approximate way.
4. Choose and apply solution methods for given specific practical problems independently.
5. Develop approximate solutions for practically relevant stability problems.
6. Design lightweight structures concerning their stability behavior reliably.

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

-

5 Prüfungsform / Assessment methods

Mündliche Prüfung 30 min / Oral exam 30 min.

6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) [Im WiSe 2016/17: WPB Master MPE II (Kernlehrveranstaltungen aus dem Maschinenbau)] WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik) Angewandte Mechanik Mechatronik
9	**Literatur / Literature** ALFUTOV, N.A., 1999. Stability of elastic structures. Berlin et al.: Springer Verlag. CHEN, W.F. und LUI, E.M., 1987. Structural stability. New York et al.: Elsevier. PETERSEN, C., 1982. Statik und Stabilität der Baukonstruktionen. 2. Auflage. Braunschweig / Wiesbaden: Vieweg Verlag. PFLÜGER, A., 1975. Stabilitätsprobleme der Elastostatik. Berlin et al.: Springer Verlag. WIEDEMANN, J., 1996. Leichtbau 1: Elemente. 2. Auflage. Berlin et al.: Springer Verlag.
	Geänderte Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 13. Dezember 2016. Changed Module description accepted from academic department on 13 December 2016.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Streichen von Papier

Coating of Paper

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-16-5210	4 CP	120 h	97 h	1 Semester	SS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr.-Ing. S. Schabel

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Streichen von Papier	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Technologie und Technik der Oberflächenbehandlung von Papier- und Karton, Technologische und wirtschaftliche Hintergründe des Streichens, Wiederholung Drucktechnik (aus Sicht gestrichene Papiere), Anforderungen an Streichrohpapiere, Rheologische Eigenschaften von Streichfarben, Wasserrückhaltevermögen, Konsolidierung der Strichschicht, Strichstruktur, Einführung in die wichtigsten Rohstoffe in der Streicherei, Streichfarbenaufbereitung

Technology of coating for paper and board, technical and economical background for coating, coated papers for printing, requirements for base papers, rheological properties of coating colors, water retention, consolidation and structures of coating layers, raw materials for coating, coatin color preparation

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Die wirtschaftlich-technologischen Hintergründe des Streichens zu erklären.
2. Papier-Streichfarben unter Berücksichtigung der Anforderungen des Streichprozesses selbständig zusammenzustellen
3. Die Zusammenhänge zwischen Papiereigenschaften, Rohstoffen und Streichtechnologie darzustellen und zu erklären
4. Technologische Fragestellungen im Zusammenhang mit der Streichtechnologie zu analysieren
5. Die umweltrelevanten und sicherheitstechnischen Aspekte der Streichtechnologie zu erklären und bei der Anwendung beachten

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Explain the economical and technical background of coating.
2. Design coating colors considering requirements of coating processes.
3. Explain of effects and relations between paper, raw materials and coating technology.
4. Analyse technological problems of coating technology.
5. Explain the environmental and safety aspects of coating technology and take those into account during application.

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

Prozesse der Papier- und Fasertechnik empfohlen

Unit operations of paper and fiber material production recommended

5 Prüfungsform / Assessment methods

	Mündliche Prüfung 30 min / Oral exam 30 min.
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master PST IV (Kernlehrveranstaltungen der Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature** Wird in der Veranstaltung bekannt gegeben. Will be announced in the lecture.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Strukturintegrität und Bruchmechanik

Structural Integrity and Fracture Mechanics

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-61-5050	6 CP	180 h	135 h	1 Semester	WS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr.-Ing. W. Becker

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Strukturintegrität und Bruchmechanik	Vorlesung / Lecture	34 h (3 SWS)
-ue	Strukturintegrität und Bruchmechanik	Übung / Recitation	11 h (1 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Klassische Versagenskriterien, Versagenskriterien für moderne Verbundwerkstoffe, Spannungskonzentrationen an Löchern, Kerben und Rissen; Lochgrößeneffekt, Linear-elastische Riss-Bruchmechanik, Elastisch-plastische Bruchmechanik, Hybride Versagenskriterien, Einblick in die Kontinuum-Schädigungsmechanik

Classical failure criteria, failure criteria for modern composite materials, stress concentrations at holes, notches and cracks; hole size effect, linear-elastic crack fracture mechanics, elastic-plastic fracture mechanics, hybrid failure criteria, introduction to continuum damage mechanics.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Die Belastungsgrenze isotroper Werkstoffe mit den gängigen klassischen Festigkeitskriterien zu bestimmen.
2. Ds Versagen der Struktur für UD-Composite-Werkstoffe mithilfe moderner Versagenskriterien zu bestimmen.
3. Spannungskonzentrationen und Spannungssingularitäten zu analysieren.
4. Brrchmechanische Analysen und Bewertungen durchzuführen.
5. Hybride Versagensbewertungen und Festigkeitsvorhersagen durchzuführen.
6. Schädigungsmechanische Modelle anzuwenden.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Determine the load limit for isotropic materials with the common classical strength criteria.
2. Determine the failure of the structure for UD-composite materials with modern failure criteria
3. Analyse stress concentrations and stress singularities.
4. Perform fracture mechanical analyses and assessments.
5. Perform a hybrid failure assessment and strength prediction.
6. Apply models of damage mechanics.

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

Grundlagen der Elastomechanik bzw. Kontinuumsmechanik

Basic course in Elasticity or/and Continuum Mechanics

5 Prüfungsform / Assessment methods

Mündliche Prüfung (mit schriftlichem Bestandteil) 30 min / Oral exam including written parts 30 min.

6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature** Gross/Seelig: Bruchmechanik, Springer Verlag 2002

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Systemische Betrachtung des Luftverkehrs

Systemic evaluation of air traffic

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-23-3144	4 CP	120 h	97 h	1 Semester	SS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Dr.-Ing. Dipl.-Inform. J. Schiefele

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Systemische Betrachtung des Luftverkehrs	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Die Vorlesung hat das Ziel, Master Level Studenten ein vollständiges Verständnis über das heutige globale Luftverkehrssystem zu vermitteln. Dazu werden die gesetzlichen Rahmenbedingungen und dessen relevanten Teilnehmer (Flughafen, Airline, Flugsicherung, Passagiere) herausgearbeitet sowie Interaktionen zwischen den Teilnehmern und Interessensüberschneidungen dargelegt. Im Fokus stehen die technische Ausstattung, die operationellen/betrieblichen Abläufe und damit einhergehenden Herausforderungen wie Kapazitätsengpässe, Lärmemissionen oder die wirtschaftliche Lage. Der aktuelle Stand der Forschung (NextGen, SESAR) wird vorgestellt. Eine Vertiefung der Inhalte der Vorlesung findet mit Hilfe von Simulationen und industrierelevanten Beispielen statt.

The objective of the lecture is to convey a full understanding of the contemporary global air transportation system. The legal framework and relevant stakeholders (airports, airlines, air traffic management and passengers) are analyzed and interactions as well as areas of overlaping interests are underlined. The focus is on the equipment, the operational processes and the corresponding challenges like capacity bottlenecks, noise emission and the economic situation. The current state of research (NextGen, SESAR) is presented. Simulations and case studies are used to consolidate the content of the lectures.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Die Systemteilnehmer, deren Aufgaben und deren Prozesse zu beschreiben.
2. Das Gesamtsystem und die Schnittstellen zwischen den Teilnehmern herzuleiten.
3. Die systemischen Abhängigkeiten der Systemteilnehmer untereinander einzuordnen.
4. Die heutigen Herausforderungen einzuordnen, Stärken und Schwächen des Systems zu beurteilen und Ansätze zu dessen Weiterentwicklung aufzuzeigen.
5. Die Handlungsoptionen aus dem Stand der Forschung auf zukünftige Probleme zu übertragen.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Describe the systems' stakeholder and their tasks and processes.
2. Derive the overall system and its' interfaces.
3. Classify the systemic dependencies of the stakeholders among each other.
4. Classifiy the contemporary challenges, assess strengths and weaknesses of the system and illustrate approaches to its feature development.
5. Transfer the course of action of current reserach to future challenges.

4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** Keine / None
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Mündliche Prüfung 20 min pro Person im Rahmen einer Gruppenprüfung Oral exam 20 min per participiant.
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik) Master Mechatronik Master of Traffic and Transport
9	**Literatur / Literature** Vorlesungspräsentationen verfügbar. Course notes available. Literatur / Textbooks: Schmitt, Gollnick: Air Transport System, Springer 2015; Hirst: The Air Transport System, Woodhead Publishing 2008; Mensen: Handbuch der Luftfahrt, Springer 2013; Scheiderer: Angewandte Flugleistung, Springer 2008
	Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 9. Februar 2016. Module description accepted from academic department on 9 February 2016.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Technologie und Management im Werkzeug- und Formenbau

Technology and Management in Tool and Mold Making Industry

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-09-5130	4 CP	120 h	97 h	1 Semester	WS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Dr.-Ing. A. Daniel

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Technologie und Management im Werkzeug- und Formenbau	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Konstruktion, Herstellung, Technologie und Ökonomie von Werkzeugen des allgemeinen Werkzeug- und Formenbaus sowie Spezialisierung auf den Bereich der Spritzgießwerkzeuge unter technologischen, wissenschaftlichen, praktischen und auch unternehmerischen Aspekten.

Design, manufacturing, technology and economics of tools and molds in the tool and moldmaking industry in general as well as specialisation in the field of injection molds under technological, scientifical, practical and entrepreneurial aspects.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Den prinzipiellen Aufbau Werkzeugbauformen zu erklären und diese zu klassifizieren.
2. Die Wirkungsweise von Werkzeugbauformen und deren Komponenten zu beschreiben.
3. Den Einsatz von Werkzeugbauformen in der Praxis und deren erzeugte Produkte zu beschreiben.
4. Die Wirtschaftlichkeit von Werkzeugbauformen mittels Kalkulationen zu beurteilen.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Explain the basic structure and the classification of tool making molds.
2. Describe the effectiveness of tool molds and their components.
3. Describe the usage of tool molds in practice and the products which are produced by them.
4. Evaluate the efficiency of tool molds.

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

5 Prüfungsform / Assessment methods

Mündliche Prüfung 40 min / Oral exam 40 min.

6 Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points

Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.

7 Benotung / Grading system

Standard (Ziffernote) / Number grades

8 Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme

WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft)

	WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature**

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Thermische Verfahrenstechnik

Thermal process engineering

Modul Nr. / Code	Credits	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-16-3264	4 CP	120 h	97 h	1 Semester	SoSe

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF/DQR)**: 7	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Dr.-Ing. K. Wekenborg

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Thermische Verfahrenstechnik	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Grundlagen:
Beschreibung von Phasengleichgewichten für Ein- und Mehrstoffsysteme. Ermittlung relevanter physikalischer Stoffeigenschaften (softwarebasierte Vorhersagen und experimentelle Methoden). Methoden zur Bilanzierung und Auslegung der entsprechenden thermischen Grundoperationen (Theorie der theoretischen Trennstufe). Beschreibung grundlegender Transportprozesse für Energie und Stoffströme.

Physikalische Grundlagen für folgende Trennprozesse:
Destillation & Rektifikation, Absorption, Extraktion und Kristallisation.

Apparative Ausgestaltung
Grundprinzip und apparative Ausgestaltung der unterschiedlichen Grundoperationen. Ein- und mehrstufige Systeme; Gleich- und Gegenstromfahrweise; intensivierte Konzepte und Apparate.

Design und Analyse von Gesamtprozessen
Grundlegende Aspekte und Vorgehensweisen zur konzeptionellen Gestaltung von thermischen Gesamtprozessen.

Fundamentals:
Description of phase equilibria of pure and multi-component systems.
Determination of relevant physical properties (software-based prediction and experimental methods).
Balancing and lay-out of fluid separation unit operations (theory of the theoretical separation stage).
Fundamentals of mass and energy transport phenomena.

Physical fundamentals of the following unit operations:
Distillation, absorption, extraction and crystallization.

Equipment design:
Main operating and design principles of the different unit operations. Single and multistep systems, co- and counter current operation, intensified concepts and equipment.

Design and analysis of complete production processes:
Fundamentals and procedures for conceptional design of fluid separation processes.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Grundlagen zu Phasengleichgewichts- und Transportmechanismen fluider Systeme auf verfahrenstechnische Fragestellungen anzuwenden.

	2. Aufgaben zur Trennung von komplexen Stoffgemische zu analysieren und in Anlagen- und Prozesskonzepte umzusetzen. 3. Thermische Trennprozesse bei gegebener Fragestellung zu konzipieren, auszulegen und bestehende Prozesse hinsichtlich ihrer Funktionalität zu beurteilen. On successful completion of this module, students should be able to: 1. Apply fundamentals of phase equilibria and transport phenomena of fluid systems on chemical process engineering tasks. 2. Analyse task for the separation of complex mixtures and develop appropriate equipment and process concepts. 3. Design and layout of fluid separation process for given separation tasks and analysis of existing plants according to their capabilities.
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** Keine
5	**Prüfungsform / Assessment methods** mündliche Prüfung (20-40 min) / oral exam (20-40 min)
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving credits** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Ziffernote / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master PST IV (Kernlehrveranstaltungen der Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature** Vorlesungsunterlagen und Material per Download Lecture notes are available during the course
	Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 4. Februar 2020. Module description accepted from academic department on 4 February 2020.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Trends in Automotive Engineering

Trends in Automotive Engineering

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-27-5030	4 CP	120 h	102 h	1 Semester	SS

Sprache / Language: Englisch / English **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr. rer. nat. H. Winner

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Trends in Automotive Engineering	Vorlesung / Lecture	18 h (1,6 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Globale Mobilität; Entwicklungstendenzen; Aktuelle Forschungsthemen des Fachgebiets: System und Funktionsentwicklung in der Fahrerassistenz; Fahrdynamikregelung; Motorradforschung, Testanforderungen und Funktionale Sicherheit; Bremsenforschung; Fahrsimulatoren

Global mobility; development trends; current research activities: system and function development on advanced driver assistance systems, vehicle dynamics control, motorcycles research, testing requirements and functional safety, brake system development, driving simulators.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Aktuelle Forschungsprojekte und zukunftsweisende Technologien in den Bereichen Fahrwerk und Fahrwerkskomponenten, Fahrerassistenzsysteme, Motorräder, Funktionale Sicherheit, Bremsenforschung sowie Fahrsimulatoren fachlich qualifiziert zu diskutieren.
2. Die aktuellen Entwicklungen in diesen Bereichen zu benennen.
3. Die Grenzen und Möglichkeiten verschiedener Ansätze einzuschätzen.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Competently report and discuss about present and forward-looking technologies in the fields of chassis systems and components, driver assistance systems, motorcycles, functional safety, brake system development as well as driving simulators.
2. State current developments.
3. Evaluate possibilities and limitations of distinct approaches.

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

Erweitertes kraftfahrzeugtechnisches Grundlagenwissen, erworben durch die Teilnahme an "Fahrdynamik und Fahrkomfort" oder "Mechatronik und Assistenzsysteme im Automobil"

Advanced knowledge of automotive engineering as e.g. provided in "Ride and Handling" or "Automotive Mechatronics and Assistance Systems"

5 Prüfungsform / Assessment methods

Schriftliche Prüfung (90 min) oder mündliche Prüfung 30 min / Written exam 90 min or oral exam 30 min.

6 Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points

Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.

7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik) Master Mechatronik, MSc. Informatik (Anwendungsfach Fahrzeugtechnik, Spezialisierung), MSc Traffic&Transport, (Vertiefungsmodul FB16, ggf. Auflage)
9	**Literatur / Literature** Skriptum zur Vorlesung, e-Learning Angebot bei Moodle manuscript, e-Learning Materials via Moodle
	Geänderte Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 4. Februar 2020. Titel vorher: Trends der Kraftfahrzeugentwicklung. Changed module description accepted from academic department on 4 February 2020. Previous title: Automotive Development Trends.

MModulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Verbindungstechnik

Joining Technology

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-08-5080	4 CP	120 h	97 h	1 Semester	SS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Dr.-Ing. S. Beyer

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Verbindungstechnik	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Die Studierenden lernen den effizienten Einsatz moderner Verbindungstechnik mit den Schwerpunkten Schrauben- und Schweißverbindungen. Sie sind damit in der Lage, verschiedene Verbindungstechniken zu beschreiben, zu beurteilen und gegeneinander abzugrenzen und dadurch die optimale Verbindungstechnik für eine Fügeaufgabe auszuwählen. Dabei lernen sie auch, wie die Verbindungstechnik die Beanspruchbarkeit eines Bauteils ganz unterschiedlich beeinflussen kann. Sie sind danach in der Lage, Behandlungsmethoden auszuwählen, um die Beanspruchbarkeit von Bauteilen nachträglich zu verbessern.
Gängige, in der industriellen Praxis vorkommende Schweißverfahren werden neben neuartigen, sich in der Entwicklung befindlichen Verfahren im Hinblick auf das Wirkprinzip, die Anlagentechnik, die Einsatzgebiete und – grenzen sowie die relevanten Prozessparameter behandelt.
Auf dem Themengebiet der Schraubverbindung werden Konstruktionsprinzipien von Schraubenverbindung, relevante Werkstoffe, Fertigungsverfahren, Tragfähigkeitsberechnungen unter statischer und zyklischer Belastung, Montageprinzipien und Versagensmechanismen behandelt.

The students learn the efficient use of modern joining technologies with the focus on fasteners and welding. They are able to describe, to estimate, and to distinguish the different joining technologies and to choose the best one for an application. They learn how joining technology can influence the reliability of components. They are able to select treatments to improve the reliability after joining.
Common industrially applied as well as innovative welding procedures and processes are discussed with respect to the working principle, the equipment technology, the application areas, and their limitations as well as the relevant process parameters.
Regarding the fastener technology, the focus of the lecture will be on design principles of fastener, materials, manufacturing processes, load analysis under static and cyclic loading, mounting principles, and damage mechanisms.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Verbindungstechniken zu beschreiben, zu differenzieren und gegeneinander abzugrenzen.
2. Schrauben im Hinblick auf ihre Konstruktionsprinzipien zu analysieren.
3. Werkstoffe für Schrauben für gegebene Belastungssituationen auszuwählen.
4. Fertigungsprozesse für Schrauben zu erklären.
5. Die Berechnungsanalyse einer Schraubenverbindung für statische und zyklische Belastungen durchzuführen.
6. Das Potenzial der verschiedenen Schweißverfahren (physikalisches Prinzip, Equipment, technologische Grenzen, Werkstoffe) zu beschreiben und zu analysieren.
7. Schweißverfahren für bestimmte Anwendungen zu bewerten und auszuwählen.

	8. Die Beeinflussung des Bauteils durch die Schweißung zu bewerten und nachträgliche Behandlungsmethoden (z.B. Wärmebehandlung) zur Verbesserung der Beanspruchbarkeit auszuwählen. After following this lecture the student will be able to: 1. Describe joining technologies and distinguish them. 2. Analyze various fastener concepts regarding their design principle. 3. Select suitable materials for fasteners. 4. Explain manufacturing routes and processes for fasteners. 5. Conduct a load analysis for fasteners under static and cyclic loading regimes. 6. Describe and analyze the different welding methods (physical principle, equipment, technology limits, materials). 7. Evaluate and select welding methods for special applications. 8. Analyze the influence to the reliability of a component through welding and choose improvements (e.g. annealing).
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation**
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Mündliche Prüfung 60 min / Oral exam 60 min
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature** S. Beyer, Umdruck zur Vorlesung (Foliensätze) J. Ellermeier, Umdruck zur Vorlesung (Foliensätze) U. Dilthey, Schweißtechnische Fertigungsverfahren, Band 1+2, VDI-Verlag J. Ruge, Handbuch der Schweißtechnik, Band 1+2, Springer-Verlag H. Wiegand, K.-H. Kloos und H. Thomalla: Schraubenverbindungen, Springer-Verlag

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Verdichtertechnologie

Compressor Technology

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-04-5080	4 CP	120 h	97 h	1 Semester	SS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Dr.-Ing. S. Leichtfuß

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Verdichtertechnologie	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Verdichterauslegung, Verlustmechanismen, instabile Betriebszustände, Stabilisierungsmaßnahmen, Aeroelastik, experimentelle Validierung.

Compressor design, loss mechanisms, unstable operating conditions, means of stability enhancement, aeroelasticity, experimental validation.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Die wichtigsten Überlegungen zur Auslegung und Dimensionierung moderner Turboverdichter (Bestimmung der Drehzahl, Stufenzahl, Abmessungen) darzulegen.
2. Auftretenden Verluste und Blockagemechanismen zu beschreiben und mittels Korrelationen zu quantifizieren.
3. Instabile Verdichterzustände (statisch/dynamisch) und deren Auswirkungen zu identifizieren und das Versagensrisiko anhand verschiedener Kriterien zu bewerten.
4. Die Entstehung umlaufender Ablösungen zu erklären.
5. Die Funktionsweise von Stabilisierungsmaßnahmen, deren Unterschiede sowie individuelle Vor- und Nachteile zu beurteilen.
6. Den Einfluss aerodynamischer Effekte auf die Strukturmechanik der Schaufeln zu beschreiben und sie in den Kategorien selbsterregte und erzwungene Schwingungen zu unterschieden.
7. Campbell-Diagramme zu erstellen und zu erklären.
8. Verschiedene experimentelle Validierungsverfahren zu erklären und unterschiedliche Messverfahren für verschiedene Anwendungsfälle zu empfehlen.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Describe the most important aspects for the design and dimensioning of modern turbo compressors (determination of rotational speed, stage number, and diameters).
2. Describe losses and blockage mechanisms inside the compressor passages and quantify by the use of correlations.
3. Identify static/dynamic instability and their effects on operating range and estimate the risk of an onset of instability through various criteria.
4. Explain the development of rotating stall cells.
5. List different means of stability enhancement and assess based on their individual advantages and work principles
6. Describe the impact of aerodynamic effects on structural mechanics and differentiate between self-induced and forced vibration.
7. Draw and explain Campbell diagramms in detail.
8. Explain procedures for experimental validation and recommend for/against different measurement

	techniques depending on the test case.
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** Grundlagenkenntnisse in Thermodynamik und Strömungslehre (hier insbesondere kompressible Strömung) sind zwingend erforderlich, Grundlagen der Flugantriebe oder Thermische Turbomaschinen. Basic knowledge in thermodynamics and fluid mechanics (especially compressible flow) is essential. Flight Propulsion Fundamentals or Thermal Turbomachinery.
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Mündliche Prüfung 30 min / Oral exam 30 min.
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature** Skript Flugantriebe und Gasturbinen. Vorlesungsfolien (auf der Homepage des Fachgebiets abrufbar, www.glr.maschinenbau.tu-darmstadt.de). Lecture notes Flight Propulsion and Gas Turbines. Lecture View Foils (available on Homepage of Fachgebiet, www.glr.maschinenbau.tu-darmstadt.de). Bräunling, W. J. G.: Flugzeugtriebwerke, Springer Verlag 2009. Grieb, H.: Verdichter für Turbo-Flugtriebwerke, Springer Verlag 2009. Cumpsty, N. A.: Compressor Aerodynamics, Krieger Publishing 2004.
	Geänderte Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 9. Februar 2016. Changed module description accepted from academic department on 9 February 2016.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Virtuelle Produktentwicklung C – Produkt- und Prozessmodellierung

Virtual Product Development C

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-07-5050	4 CP	120 h	97 h	1 Semester	SS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr.-Ing. R. Anderl

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Virtuelle Produktentwicklung C	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Zentrales Ziel der Virtuellen Produktentwicklung ist es, die Entwicklung eines Produkts durch den Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnologien zu optimieren. Dies führt zum verstärkten Einsatz von Softwaresystemen in allen Teilprozessen der Produktentwicklung. In dieser Vorlesung werden Prinzipien, Methoden und Werkzeuge für Produkt- und Prozessmodellierungen vorgestellt. So werden die Prinzipien der Systemtechnik, hierarchische Strukturierung und Modellbildung besprochen. Die Methoden des Modellentwurfs und seiner Spezifikation werden aufgezeigt und diskutiert. Die systematische Datenmodellbildung wird mit Blick auf die ISO 10303 „Standard for the Exchange of Product Model Data“ unter Verwendung von ERM, SADT und EXPRESS(-G) vorgestellt. Die Konzepte der Prozessmodellierung werden anhand der Geschäftsprozessmodellierung mit (e)EPK und BPMN erläutert. Weitere Schwerpunkte dieser Vorlesung sind die objektorientierte Modellierung mit UML, die Auszeichnungssprache XML sowie die integrative Methode ARIS. Besonderer Wert wird innerhalb der Vorlesung darauf gelegt, dass die erworbenen, theoretischen Kenntnisse anhand von praktischen Beispielen und kleineren Übungen vertieft werden.

The main focus of virtual product development is to optimize the development of a product by using information and communication technologies. This leads to increased application of software systems in all subprocesses of product development. In this course, principles, methods, and tools for product and process modelling are presented. For instance principles of system technology, hierarchic strucuturing and modelling are reviewed. The methods of model design and its specification are demonstrated and discussed. Systematic data modelling is being presented in view of ISO 10303 “Standard for the Exchange of Product Model Data” by use of ERM, SADT, and EXPRESS(-G). The concepts of process modelling are explained using methods of business process modelling such as (e)EPK and BPMN. Further focuses of this course are object orientated modelling with UML, the markup language XML as well as the integrative method ARIS. Particular emphasis within the course is on deepening theoretical knowledge with the help of practical examples and smaller exercises.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Prinzipien, Methoden und Werkzeuge der Produkt- und Prozessmodellierungen zu benennen.
2. Zusammenhänge zwischen Funktionen, Daten und Prozessmodellierung zu erklären.
3. Zwischen den einzelnen Anwendungsgebieten der Methoden und Werkzeugen der Produkt- und Prozessmodellierungen zu differenzieren.
4. Den Nutzen der Modellierungstechniken für Geschäftsprozessoptimierungen zu erkennen.
5. Methoden und Werkzeuge zur Umsetzung von Produkt- und Prozessmodellen in industrielle Anwendungen zu transferieren.

	6. Industrienahe Prozesse mithilfe der Structured Analysis and Design Technique (SADT), der erweiterten ereignisgesteuerten Prozesskette (eEPK) und der Business Process Modelling Notation (BPMN) zu modellieren. 7. Methoden zur formalen Spezifikation von Produktdatenmodellen mithilfe der Unified Modelling language (UML), dem Entity-Relationship Model (ERM) und EXPRESS(-G) zu erläutern und anzuwenden sowie mit der Auszeichnungssprache extensible Markup Language (XML) zu entwickeln. 8. Systematisch Produktdatenmodelle mit Blick auf die ISO 10303 „Product Data Representation and Exchange“ zu bilden. 9. Unternehmensprozess und Unternehmensdatenmodelle methodisch und konsistent zu beschreiben. On successful completion of this module, students are able to: 1. Identify the principles, methods, and tools of product and process modeling. 2. Explain the relationships between functions, data, and process modeling. 3. Differentiate between the different fields of application of the methods and tools of product and process modeling. 4. Recognize the benefits of modeling techniques for business process optimization. 5. Transfer of methods and tools for the implementation of product and process models in industrial applications. 6. Modelling of industrial processes using Structured Analysis and Design Technique (SADT), extended event-driven process chain (eEPC) and Business Process Modelling Notation (BPMN). 7. Explain and apply the methods for formal specification of product data models using Unified Modelling language (UML), Entity-Relationship Model (ERM) and EXPRESS(-G) and describe and develop the extensible markup language (XML). 8. Dispose systematic data modeling with a view of the ISO 10303 "Product Data Representation and Exchange." 9. Understanding and apply methods for consistent modelling of enterprise processes and enterprise data models.
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** -
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Klausur 90 min / Written exam 90 min.
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master-Studiengang MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) Bachelor-Studiengang Computational Mechanical and Process Engineering Diplom-/Master-Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen, Studienrichtung Wi-MB
9	**Literatur / Literature** Skriptum erwerbbar, Vorlesungsfolien Dual-Mode: "Virtuelle Produktentwicklung C" ist eine E-Learning-Vorlesung. Lecture notes can be purchased in the institute's secretarial office. Lecture slides are available on the website. This lecture is designated as 'e-learning' module.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Wälzlagertechnik

Bearing Technology

Modul Nr. / Code	Credits	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-05-3184	4 CP	120 h	97 h	1 Semester	WiSe

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF/DQR)**: 7	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr.-Ing. E. Kirchner

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Wälzlagertechnik	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

In der Ringvorlesung wird am Beispiel der Wälzlager auf die Grundlagen einer wichtigen Klasse der Maschinenelemente eingegangen. Folgende Themenschwerpunkte werden behandelt:

Einführung, Geschichte der Wälzlagertechnik; Allgemeine Grundlagen; Belastung und Lastverteilung; Tragfähigkeit und Lebensdauer; Reibung; Oberflächeninduzierte Schäden und Kinematik; Phänomene und Möglichkeiten des Stromdurchgangs am Wälzlager; Dynamik; Festigkeit und Käfigauslegung; Schmierung von Wälzlagern; Schadenskunde.

Dabei wird auf Berechnung und die Konstruktion der Komponenten des Wälzlagers detailliert eingegangen, die Beispiele und Erkenntnisse werden an praktisch relevanten Schadensbildern diskutiert.

Die Inhalte orientieren sich am aktuellen Stand der Entwicklung, Ergebnisse aus der eigenen Forschung am pmd werden für die Studierenden aufbereitet.

In this lecture series, roller bearings are introduced as an example of an important class of machine elements. Following topics are part of the lecture:

Introduction; History of rolling bearings; Overall basics; Load and load distribution; Bearing capacity and lifetime; Friction; Surface induced damages and kinematics; Phenomena and possibilities of bearing currents; Dynamics; Strength and cage design; Lubrication of rolling bearings; Damage Analysis.

The focus of the lecture are the calculation and the design of the roller bearing components. In addition, relevant damage symptoms are discussed by means of examples and insights.

The actual state of the art is the base of the lecture's content. A presentation of research results is a part of the content.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Die Wirkmechanismen und Funktionsmerkmale der von Wälzlagern zu identifizieren und wichtige Kenngrößen zu berechnen.
2. Wälzlager anwendungsspezifisch auszuwählen, Wechselwirkungen zu analysieren und diese konstruktiv richtig in maschinenbaulichen Systemen zu arrangieren und zu integrieren.
3. Typisch auftretende Versagensmechanismen und Vorgänge zu erklären und deren Bedeutung in Bezug auf Versagen, Zuverlässigkeit und Robustheit übergeordneter Systeme einzuschätzen.
4. Detaillierte Grundlagen zu Berechnungsvorschriften im Zusammenhang mit dem System

	Wälzlager anzuwenden. 5. Die Anforderungen verschiedener Schmierungskonzepte auf die eingesetzten Wälzlager zu beschreiben und die prinzipielle Eignung von Konzepten zu beurteilen. 6. Die Grenzen von Wälzlagern in mechatronischen Systemen darzustellen. On successful completion of this module, students should be able: 1. To identify the effect mechanisms and functional features of rolling bearings as well as to calculate the governing parameters. 2. To choose rolling bearings based on their application, analyse interactions to the environment and arrange and integrate them in mechanical system. 3. To explain typical failure mechanisms and processes, evaluate their significance in terms of failure, reliability and robustness of superordinate systems. 4. To use detailed basics of rolling bearing calculations related to the mounting system. 5. To describe the requirements for rolling bearings caused by different lubrication concepts and to evaluate the general suitability of the concepts. 6. To decipt the limits of rolling bearings in mechatronic systems.
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** Kenntnisse und Fertigkeiten aus Maschinenelemente und Mechatronik I und II sowie Innovative Maschinenelemente I empfohlen. Knowledge and skills of Mechanical Components and Mechatronics I and II as well as Innovative Machine Elements I recommended.
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Mündliche Prüfung (30 min) / Oral (30 min).
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving credits** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature** Steinhilper, W., Sauer, B. (Hrsg.) (2012) Konstruktionselemente des Maschinenbaus 2 - Grundlagen von Maschinenelementen für Antriebsaufgaben, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 7. Auflage Schlecht, B. (2009). Maschinenelemente 2 – Getriebe, Verzahnungen und Lagerungen. Pearson Education, München, Boston, San Francisco. Dahlke, H. (1994): Handbuch Wälzlager-Technik. Bauarten, Gestaltung, Betrieb. 1. Aufl. Braunschweig, Vieweg, Wiesbaden. N.N. (2015) Wälzlagerpraxis – Handbuch zu Gestaltung und Berechnung von Wälzlagerungen. 4. Auflage. Vereinte Fachverlage, Mainz.
	Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 6. Februar 2018. Module description accepted from academic department on 6 February 2018.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Weiterführende Methoden der Strömungssimulation

Advanced Methods for Flow Simulation

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-19-5100	4 CP	120 h	97 h	1 Semester	SS

Sprache / Language: Deutsch und Englisch / German and English **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr. rer. nat. M. Schäfer

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Weiterführende Methoden der Strömungssimulation	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Einführung. Algebraische Mehrgitterverfahren. Simulation freier Oberflächen (Volume-of-Fluid / Level-Set Methoden). Simulation multi-physikalischer Probleme (z. B. Fluid-Struktur-Interaktion, Strömungssimulation mit Akustik). Ausgewählte weiterführende Kapitel (z. B. Lattice-Botzmann-Verfahren, alternative Diskretisierungsverfahren).

Introduction. Algebraic Multi Grid methods. Free surface simulation (Volume-of-Fluid / Level Set Methods). Simulation of multi-physics (per instance Fluid-Structure-Interaction, flow-acoustic-coupling). Selected advanced topics (e. g. Lattice-Boltzmann-methods, alternative discretization techniques).

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Die behandelten weiterführenden Methoden der numerischen Strömungssimulation zu beschreiben.
2. Die grundlegenden Prinzipien, Gleichungen und Eigenschaften der vorgestellten Methoden zu erklären.
3. Die behandelten weiterführenden Methoden hinsichtlich ihrer Vor- und Nachteile bei der Anwendung auf konkrete Strömungsprobleme richtig einzuschätzen.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Describe the considered advanced methods for numerical flow simulation.
2. Explain the basic principles, equations, and properties of the considered methods.
3. Correctly assess the considered methods with respect to assets and drawbacks when applied to concrete flow problems.

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

Kenntnisse der Vorlesungsinhalte von "Numerische Strömungssimulation".

Content of lecture "Numerical Simulation of Flows"

5 Prüfungsform / Assessment methods

Mündliche Prüfung 25 min / Oral exam 25 min.

6 Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points

Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.

7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature**

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Wirtschaftliche Optimierung der Energieversorgung für energieintensive Produktionsbetriebe

Economical optimization of energy supply for energy intensive production units

Modul Nr. / Code	Credits	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-13-3284	4 CP	120 h	97 h	1 Semester	SoSe

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF/DQR)**: 7	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Dr.-Ing. Christof Bauer

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Wirtschaftliche Optimierung der Energieversorgung für energieintensive Produktionsbetriebe	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

- Energie als Produktionsfaktor im industriellen Bereich im Spannungsfeld von Versorgungssicherheit, Wirtschaftlichkeit und Nachhaltigkeit.
- Besonderheiten der Versorgung mit Strom und Erdgas
- Netznutzung und –Regulierung, Liberalisierung und Harmonisierung in Deutschland und Europa
- Strommarkt – grundlegende technische und kommerzielle Aspekte, Commodity Strom
- Potenzial und Bedeutung von Demand Side Management (DSM)
- Technische und wirtschaftliche Aspekte der industriellen Erdgasversorgung,
- Politische Rahmenbedingungen und ihr Einfluss auf die wirtschaftliche Energieversorgung von Industriebetrieben

- Energy as an industrial production factor within the tension field of security of supply, economic efficiency and sustainability
- Special characteristics of power and natural gas supply
- Grid access and regulation, liberalization and harmonization in Germany and Europe
- Technical and commercial basics of the power market
- Potential and relevance of demand side management (DSM)
- Technical and economic aspects of industrial natural gas supply
- Political framework and its relevance for the economy of industrial energy supply

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Die komplexen Zusammenhänge zwischen den technischen, wirtschaftlichen und politischen Aspekten der leitungsgebundenen Energieversorgung sowie deren Einfluss auf die Energiebeschaffung von Industriebetrieben im Zusammenhang darzustellen und in Entscheidungsprozessen gegeneinander abzuwägen.
2. Die praktischen Freiheitsgrade und wirtschaftlichen Determinanten der operativen Energiebeschaffung zu erläutern.
3. Die Effekte sich ändernder politischer und regulatorischer Rahmenbedingungen einzuschätzen.
4. Die verschiedenen verfügbaren Instrumente zur wirtschaftlichen Optimierung des Energiebezugs

	anhand von Praxisbeispielen gegeneinander zu abzuwägen und sinnvoll zu kombinieren. On successful completion of this module, students should be able to: 1. Describe the complex interaction between technical, commercial and political aspects of grid dependent energy supply, its influence on industrial energy supply and evaluate them within the decision making process 2. Explain the practical options and economic drivers of the operational energy supply process 3. Assess the effects of changes within the political and regulatory framework 4. Evaluate and combine the available optimization instruments for cost efficient energy supply on the basis of case studies
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** "Energieversorgung und Umweltschutz" empfohlen „Energy Supply and Environmental Protection" recommended
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Klausur 90 min oder mündliche Prüfung (45 min bei 3er Gruppen) / Written (90 min) or oral exam (45 min per group with 3 people).
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving credits** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote)/ Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik) Master Energy Science and Engineering - Wahlpflichtbereich MPE II
9	**Literatur / Literature** Wird in der Vorlesung bekannt gegeben Will be anounced in the course.
	Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 5. Februar 2019. Module description accepted from academic department on 5 February 2019.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Work Organization in Intercultural Context

Work Organization in Intercultural Context

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-21-5120	2 CP	60 h	40 h	1 Semester	SS + WS

Sprache / Language: Englisch / English **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Dr.-Ing. M. Helfert

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Work Organization in Intercultural Context	Vorlesung / Lecture	10 h (1 SWS)
-ue	Work Organization in Intercultural Context	Übung / Exercise	10 h (1 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Arbeitsbezogene Kulturdimensionen nach Hofstede; Interkulturelle Kommunikation; Regionale Ausprägungen von Arbeitsgestaltung und -organisation: Kultureller Einfluss auf Aufgabenteilung, Arbeitskultur, Arbeitszufriedenheit, Motivation, Entgeltsysteme, Führung, Zusammenarbeit, Information und Kommunikation, Arbeitszeit, Work-Life-Balance, Geschlechterrollen, u.a.

Hofstede's Cultural Dimensions; Intercultural communication; Regional characteristics of work design and organization: cultural influence on division of tasks, working culture, job satisfaction and motivation, remuneration systems, leadership, cooperation, information and communication, labor time, work-life balance, gender roles, etc.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Arbeitsbezogene Charakteristika nationaler und regionaler Kulturgruppen zu erkennen und einzuordnen.
2. Die Arbeits- und Organisationsgestaltung verschiedener Kulturkreise zu beschreiben und zu vergleichen.
3. Arbeitssysteme in anderen Ländern im Kontext der dortigen Kultur und des Ergonomieverständnisses zu bewerten.
4. Arbeitsbezogene Kommunikation und Verhaltensweisen im kulturellen Hintergrund einzuordnen und zu interpretieren.
5. Die Kommunikation und Zusammenarbeit interkultureller Teams Erfolg versprechend zu gestalten.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Identify and classify work-related characteristics of national and regional cultural groups.
2. Describe and compare the work and organizational design of different cultures.
3. Evaluate work systems in other countries considering the local culture and comprehension of ergonomics.
4. Classify and interpret work-related communication and behavior in the cultural background.
5. Design communication and cooperation in cross-cultural teams in a promising way.

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

Keine / None

5	**Prüfungsform / Assessment methods** Kolloquium (20 min) und Hausarbeit / Oral examination (20 min) and homework Der schriftliche Teil der Prüfung erfolgt in Form einer kurzen Hausarbeit; die mündliche Prüfung findet als Referat mit anschließendem Kolloquium statt. The written part of the examination is carried out as a short homework; the oral examination consists of a presentation followed by a colloquium.
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik) Master Traffic and Transport
9	**Literatur / Literature** Themenbezogene Handouts und Präsentationen Handouts and presentations
	Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 30. September 2014 (Umlaufbeschluss). Module description accepted from academic department on 30 September 2014.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Zerspanungstechnologie – Grundlagen und Anwendung

Machining Technology - Basics and Application

Modul Nr. / Code	Credits	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-09-3234	4 CP	120 h	74 h	1 Semester	SS

Sprache / Language: Englisch / English **Level (EQF/DQR)**: 7	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Dr.-Ing. C. Bölling

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Machining Technology - Basics and Application	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)
-ue	Machining Technology - Basics and Application	Übung / Recitation	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Die Vorlesung gibt einen Überblick über die Grundlagen der Zerspanungstechnologie und deren Anwendungsmöglichkeiten. Die wesentlichen Inhalte gliedern sich wie folgt:

Einführung in die Zerspanungstechnologie (Werkzeuggeometrie, Kinematik & Spanbildung; Mechanische & thermische Belastung am Schneidkeil, Schneidstoffe & Beschichtungen); Einführung die Bearbeitungsverfahren; Auswahl und Auslegung von Zerspanprozessen in Prozessketten; Experimentelle Methoden zur Untersuchung und Auslegung von Zerspanprozessen (Messtechnik, Statistische Versuchsplanung, Bewertungskriterien, Qualitätskenngrößen); Simulation (Modellbildung, Simulationsbasierte Auslegung von Zerspanprozessen); Prozessüberwachung (technische und organisatorische Voraussetzungen, Umsetzung); Zerspanungstechnologie im Kontext hybrider Fertigungsverfahren (Nachbearbeitung additiv gefertigter Bauteile)

The lecture gives an overview of the basics of machining technology and its application possibilities. The main contents are structured as follows:

Introduction to machining technology (tool geometry, kinematics & chip formation; mechanical & thermal stress at the cutting edge, cutting materials & coatings); Introduction to machining processes; selection and design of machining processes in process chains; experimental methods for the investigation and design of machining processes (metrology, statistical test planning, evaluation criteria, quality parameters); Simulation (modelling, simulation-based design of machining processes); process monitoring (technical and organisational prerequisites, implementation); machining technology in the context of hybrid manufacturing processes (post-processing of additively manufactured components)

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Die Grundlagen der Zerspanungstechnologie zu erklären und die spanenden Fertigungsverfahren mit geometrisch bestimmter Schneide systematisch gegenüberzustellen.
2. Geeignete Bearbeitungsverfahren für Prozessketten zu identifizieren und auszuwählen.
3. Experimentelle Untersuchungsmethodiken für Zerspanprozesse zu erklären und zu bewerten.
4. Simulative Ansätze zur Beschreibung spanender Prozesse zu erklären und gegenüberzustellen.
5. Methoden der Prozessüberwachung in der spanenden Bearbeitung aufzuzählen und zu erklären.
6. Die Einsatzmöglichkeiten hybrider Fertigungsverfahren darzustellen.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Explain the basics of machining technology and systematically compare the machining processes with geometrically defined cutting edges.

	2. Identify and select suitable machining processes for process chains. 3. Explain and evaluate experimental investigation methods for machining processes. 4. Explain and compare simulative approaches for the description of machining processes. 5. Enumerate and explain methods of process monitoring in machining. 6. Present the application possibilities of hybrid manufacturing processes.
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** -
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Praxisübung mit schriftlicher und mündlicher Komponente (30%); Mündliche Prüfung (70%, 30 min.) Practical exercise with written and oral components (30%); Oral exam (70%, 30 min.)
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving credits** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote)/ Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft)
9	**Literatur / Literature** Trent, E. M.; Wright, P.K.: Metal Cutting, 4th Edition, Butterworth-Heinemann, 2000, ISBN 9780750670692, https://doi.org/10.1016/B978-0-7506-7069-2.X5000-1 Stephenson, D. A.; Agapiou, J. S.: Metal cutting theory and practice, 3rd Edition, Boca Raton; London; New York : CRC Press, 2016, ISBN 9781466587533 Smith, G. T.: Cutting tool technology, Springer Verlag, 2008, ISBN 9781848002043, https://doi.org/10.1007/978-1-84800-205-0 Biermann, D.; Hollmann, F. (Editors): Lecture Notes in Production Engineering: Thermal Effects in Complex Machining Processes, Final Report of the DFG Priority Programme 1480, Springer, 2018, ISBN 9783319571201, DOI 10.1007/978-3-319-57120-1
	Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 29. Oktober 2019. Module description accepted from academic department on 29 October 2019.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Zukünftige Luftverkehrssysteme

Future Air Transportation Systems

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-23-3184	4 CP	120 h	97 h	1 Semester	WS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR):** 7	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Dr.-Ing. Dipl.-Inform. J. Schiefele

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Zukünftige Luftverkehrssysteme. Vernetzung, Automation, Digitalisierung - Technologien für den Flugverkehr der Zukunft	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Das Ziel der Vorlesung ist es, die Veränderungsfähigkeit von Gesamtsystemen durch technologische Innovation aufzuzeigen. Dies geschieht anhand zukünftiger technischer Entwicklungen im Bereich der Luftfahrt. Die Mechanismen werden anhand systemrelevanter technische, politische, und gesellschaftlicher Veränderungsmechnismen in der Luftfahrt erläutert. Es werden derzeitige technische Forschungsvorhaben der Luftverkehrsteilnehmer (Flugzeughersteller, Flughäfen, Airlines, Flugsicherung, Behörden) einzeln vorgestellt, bewertet, eingeordnet und die ihre wechselseitiger Beeinflussung für das Gesamtsystem diskutiert. Von besonderer Wichtigkeit sind hierbei die voranschreitende Digitalisierung, Vernetzung und Automation. Diese verändern radikal Prozesse, Funktionen, Verantwortlichkeiten und letztendlich Arbeitsplätze. Desweiteren wird in der Veranstaltung herausgearbeitet, in wie fern die wirtschaftliche, gesellschaftliche und technologische Entscheidungsfindung für die (Weiter-)Entwicklung komplexer technischer Systeme von der Luftfahrt auf andere Industrien transferiert werden können.

The aim of the lecture is to show the ability of complete systems to change through technological innovation by means of future technical developments, using the example of aviation. The mechanisms are explained using system-relevant technical, political, and social change mechanisms in aviation. Current technical research projects of air traffic participants (aircraft manufacturers, airports, airlines, air traffic control, authorities) are presented, evaluated and classified individually and their mutual influence on the overall system is discussed. Of particular importance here are the advancing digitization, integration and automation. These radically change processes, functions, responsibilities and ultimately jobs. Furthermore, the event will work out to what extent economic, social and technological decision making for the (further) development of complex technical systems can be transferred from aviation to other industries.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Zukünftige systemrelevante Entwicklungen der Luftfahrt zu beschreiben.
2. Evolutionäre und revolutionäre Entwicklungsschritte in technischen Systemen darzustellen.
3. Die Veränderung komplexer Luftverkehrssysteme durch technische und wirtschaftliche Innovation zu interpretieren und relevante Schnittstellen zu identifizieren.
4. Schnittstellen zwischen Systemteilnehmern hinsichtlich ihrer Stabilität und Bedeutung zu klassifizieren.
5. Die Beeinflussung zukünftiger Forschung durch wirtschaftliche, gesellschaftliche und technologische Entwicklungen mittels Methoden wie bspw. die STEP/PESTLE Verfahren zu

	analysieren und darzustellen. 6. Konzepte und Mechanismen die anhand des Luftfahrtsystems vermittelt wurden auf andere Industrien zu transferieren. On successful completion of this module, students should be able to: 1. Describe future system-relevant developments in aviation. 2. Depict evolutionary development steps in technical systems. 3. Interpret the change of Future Air Transportation Systems through technical and economic innovation and to identify relevant interfaces. 4. Classify interfaces between system participants with regard to their stability and significance. 5. Determine the extent to which economic, social and technological developments influence future research. 6. Transfer concepts and mechanisms that have been taught by the aviation system to other industries.
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** Keine / None
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Mündliche Prüfung 20 min Oral exam 20 min
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik) Master Mechatronik Master of Traffic and Transport
9	**Literatur / Literature** Vorlesungspräsentationen verfügbar, Literatur: Schmitt, Gollnick: Air Transport System, Springer 2015; Hirst: The Air Transport System, Woodhead Publishing 2008; Mensen: Handbuch der Luftfahrt, Springer 2013; Scheiderer: Angewandte Flugleistung, Springer 2008
	Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 30. April 2019. Module description accepted from academic department on 30 April 2019.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Chemische Technologie des Papiers und biobasierter Faserwerkstoffe I

Chemical Technology of Paper and Biobased Fibre Material I

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
07-08-0304	4 CP	120 h	86 h	1 Semester	WS

Sprache / Language: Deutsch / German (English upon request) **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr. M. Biesalski

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
07-08-0015-vl	Chemische Technologie des Papiers und biobasierter Faserwerkstoffe I	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)
07-08-0015-ue	Chemische Technologie des Papiers und biobasierter Faserwerkstoffe I	Übung / Recitation	11 h (1 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Chemie und Morphologie des Holzes, Aufbau von Pflanzenfasern, Cellulose und Cellulosebegleitstoffe, chemischer Holzaufschluss, Faserstoffbleiche, chemische Eigenschaften technologisch relevanter Faserstoffe

Composition and morphology of wood, structure of plant fibres, cellulose, lignin and polyoses, chemical pulping, bleaching of fibrous materials, chemical properties of techolocically important fibre materials

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Die Chemie und Morphologie des Holzes sowie den Aufbau von Pflanzenfasern zu beschreiben.
2. Die chemischen Holzaufschlussverfahren (Sulfat- und Sulfitverfahren) und die chemischen Faserstoffbleichverfahren zu erklären.
3. Die für die technologischen Prozesse und Anwendungen relevanten chemischen und physikalischen Eigenschaften von Fasern und Füllstoffen auszudrücken.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Describe the chemistry and morphology of wood and plant fibres.
2. Explain the chemical pulping processes (kraft and sulphite process) and the bleaching of fibrous materials.
3. Explain the relevant chemical fibre properties for technical processes and application.

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

5 Prüfungsform / Assessment methods

Mündliche Prüfung 45 min / Oral exam 45 min.

6 Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points

Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.

7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** Master PST Pflicht Master Chemie (Wahlpflichtveranstaltung für Hauptfach/Schwerpunkt Makromolekulare Chemie) [M.MC13-I]
9	**Literatur / Literature** Hinweise zu Beginn und während der Vorlesung references at the beginning of and during lecture

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Chemische Technologie des Papiers und biobasierter Faserwerkstoffe II

Chemical Technology of Paper and Biobased Fibre Material II

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
07-08-0305	4 CP	120 h	86 h	1 Semester	SS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr. M. Biesalski

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
07-08-0016-vl	Chemische Technologie des Papiers und biobasierter Faserwerkstoffe II	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)
07-08-0016-ue	Chemische Technologie des Papiers und biobasierter Faserwerkstoffe II	Übung / Recitation	11 h (1 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Additive (Fokus: Polymere) in der Herstellung von Papier und faserbasierten Materialien (Bsp. Retentionsmittel, Leimungsmittel, Störstofffänger, optische Aufheller u.a.); Chemische Analyse von Papier- und Faserwerkstoffen

Additives (focus on polymers) for manufacture of paper and fibre materials (e.g. retention aids, sizing agents, optical brighteners, and others); chemical analysis of paper and fibre materials

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Die Wirkungsmechanismen von chemischen Additiven zur Einstellung von papier- und faserbasierten Werkstoffen zu erklären (Retentionsmittel, Leimungsmittel, Störstofffänger, optische Aufheller u.a.).
2. Die Prozess- und Produktchemie für die behandelten Prozesse zu optimieren (Kosten, Nachhaltigkeit etc.).
3. Prozesse und Wirkungsweisen von Additiven mittels moderner Analyseverfahren zu untersuchen und auf praxisrelevante Fragestellung anzuwenden.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Explain the effects of chemical additives for control of the paper-making process as well as properties of paper- and fibre-based materials (e.g. retention aids, sizing agents, optical brighteners, and other).
2. Optimise chemistry of products and processes for the processes treated (expense, sustainability etc.).
3. Analyse processes and impacts of additives by means of modern analysis procedures and apply in practise.

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

Chemische Technologie des Papiers und biobasierter Faserwerkstoffe I empfohlen

Chemical technology of paper and biobased fibre material I recommended

5 Prüfungsform / Assessment methods

	Mündliche Prüfung 45 min / Oral exam 45 min.
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** Master PST Pflicht Master Chemie (Wahlpflichtveranstaltung für Hauptfach/Schwerpunkt Makromolekulare Chemie) [M.MC13-II]
9	**Literatur / Literature** Hinweise zu Beginn und während der Vorlesung references at the beginning of and during lecture

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Chemisches Praktikum: Papier und biobasierte Faserwerkstoffe I

Experimental Course in Paper and Biobased Fibre Material I

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
07-08-0314	4 CP	120 h	40 h	1 Semester	SS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr. M. Biesalski

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-pr	Chemisches Praktikum: Papier und biobasierte Faserwerkstoffe I	Laborpraktikum / Laboratory practicum	80 h

2 Lehrinhalt / Syllabus

Methoden der Laborpraxis und der chemischen Analyse, Qualitative und quantitative Nachweise von für die Papier- und Faserstechnik relevanten Anionen und Kationen

Methods of laboratory practice and chemical analysis. Qualitative and quantitative determinations of anions and cations relevant for paper and fibre technology.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Die wichtigsten Analysemethoden der Papier und Faserwerkstoffe zu erklären.
2. Geeignete Analysemethoden auszuwählen und zu kalibrieren.
3. Versuchseinrichtungen unter Einhaltung der Sicherheitsvorschriften aufzubauen und Versuche durchzuführen.
4. Die Gefahrstoffklasse zu erkennen, Gefahrstoffe hinsichtlich ihres Gefährdungspotenzials einzuschätzen und geeignete Maßnahmen beim Umgang mit den Gefahrstoffen einzuhalten
5. Die Ergebnisse der Versuche in geeigneter Form darzustellen.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Explain the fundamental analysis methods of paper and fibre materials.
2. Select and calibrate analysis methods.
3. Set-up tests considering safety instructions and conduct experiments.
4. Recognise the hazardous material class, assess the potential of hazardous materials, and follow adequate safety measures when working with hazardous materials.
5. Present the results of the attempts in appropriate form.

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

Empfohlen wird begleitend die Vorlesung: , Chemische Technologie des Papiers und biobasierter Faserwerkstoffe I '

'Chemical technology of paper and biobased fibre material I' recommended

5 Prüfungsform / Assessment methods

Mündliche Prüfung (Kolloquien) und Protokoll / Oral exam (colloquia) and report.

6 Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points

	Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** Master PST Pflicht Master Chemie [M.MCPP]
9	**Literatur / Literature** Hinweise zu Beginn und während des Praktikums references at the beginning of and during the course

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Chemisches Praktikum: Papier und biobasierte Faserwerkstoffe II

Experimental Course in Paper and Biobased Fibre Material II

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
07-08-0315	4 CP	120 h	40 h	1 Semester	WS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr. M. Biesalski

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-pr	Chemisches Praktikum: Papier und biobasierte Faserwerkstoffe II	Laborpraktikum / Laboratory practicum	80 h

2 Lehrinhalt / Syllabus

Einsatz von Polymeren in der Herstellung von Papier- und faserbasierten Werkstoffen; chemischen Analyse von Papier- und faserbasierten Werkstoffen.

Use of polymer for the production of paper and fibre material; chemical analysis of paper and fibre material.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Die wichtigsten chemischen Mess- und Analysemethoden der Papier und Faserwerkstoffe zu erklären.
2. Geeignete chemische Analysemethoden auszuwählen und zu kalibrieren.
3. Die Messgeräte zu bedienen und deren Messfehler abzuschätzen.
4. Versuchseinrichtungen unter Einhaltung der Sicherheitsvorschriften aufzubauen und Versuche durchzuführen.
5. Die Gefahrenstoffklasse zu erkennen, Gefahrstoffe hinsichtlich ihres Gefährdungspotenzials einzuschätzen und geeignete Maßnahmen beim Umgang mit den Gefahrstoffen einzuhalten
6. Die Ergebnisse der Versuche in geeigneter Form darzustellen.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Explain the fundamental measuring and analysis methods of paper and fibre materials.
2. Select and calibrate analysis methods.
3. Operate the measuring instruments and estimate their measurement uncertainty.
4. Set-up tests considering safety instructions and conduct experiments.
5. Recognise the hazardous material class, assess the potential of hazardous materials, and follow adequate safety measures when working with hazardous materials.
6. Present the results of the attempts in appropriate form.

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

Chemisches Praktikum: Papier und biobasierte Faserwerkstoffe I; Chemische Technologie des Papiers und biobasierter Faserwerkstoffe I; empfohlen wird begleitend die Vorlesung: , Chemische Technologie des Papiers und biobasierter Faserwerkstoffe II'.

Experimental course in paper and fibre material I; Chemical technology of paper and fibre material I; 'Chemical technology of paper and biobased fibre material II' (recommended as the parallel lecture)

5	**Prüfungsform / Assessment methods** Mündliche Prüfung (Kolloquien) und Protokoll / Oral exam (colloquia) and report.
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** Master PST Pflicht Master Chemie [M.MPC / M.PRM1-B]
9	**Literatur / Literature** Hinweise zu Beginn und während des Praktikums references at the beginning of and during the course

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Einführung in die Makromolekulare Chemie I

Basics of Macromolecular Chemistry I

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
07-08-0310	4 CP	120 h	86 h	1 Semester	WS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr. M. Rehahn

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
07-08-0001-vl	Einführung in die Makromolekulare Chemie I	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)
07-08-0001-ue	Einführung in die Makromolekulare Chemie I	Übung / Recitation	11 h (1 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Behandelt werden im ersten Teil die Grundbegriffe der Makromolekularen Chemie, die Struktur, Molmasse und Uneinheitlichkeit von Polymeren und Molmassenbestimmungsmethoden. Ein zweiter, speziellerer Teil der Vorlesung stellt einzelne, wichtige Polymerisationsverfahren vor wie z. B. die radikalischen, ionischen und koordinativen Polymerisationen sowie Polykondensation und Polyaddition. Eine kurze Besprechung analytischer Methoden und deren physikalischer Grundlagen runden die Vorlesung ab.

The first part treats the basic concepts of macromolecular chemistry, such as structure, molecular mass and inconsistency of polymers and molecular mass regulation methods. The second part is more specific and deals with important polymer procedures such as radical, ionic, and coordinative polymerization as well as the condensation of polymers and the addition of polymers. A brief discussion of analytical methods and their physical principles complement the lecture.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Die Grundbegriffe der Makromolekularen Chemie klar zu definieren.
2. Die verschiedenen Konzepte zur Herstellung von Polymeren wiederzugeben.
3. Die wichtigsten Polymer-Analysemethoden physikalisch-chemisch fundiert zu erklären.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Discuss fundamental terms of macromolecular science.
2. Reflect the basic concept of polymer synthesis strategies.
3. Explain different methods to analyze polymeric structures.

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

5 Prüfungsform / Assessment methods

Klausur/mündliche Prüfung 60 min / Written exam/Oral exam 60 min.

6 Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points

Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.

7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik) Chemie [B.MC1]
9	**Literatur / Literature**

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Einführung in die Makromolekulare Chemie II

Basics of Macromolecular Chemistry II

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
07-08-0313	4 CP	120 h	86 h	1 Semester	WS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr. M. Biesalski

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
07-08-0003-vl	Einführung in die Makromolekulare Chemie II	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)
07-08-0003-ue	Einführung in die Makromolekulare Chemie II	Übung / Recitation	11 h (1 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Die Vorlesung behandelt die physikalisch-chemischen Grundlagen zu den Struktur-Eigenschaftsbeziehungen makromolekularer Stoffe. Im Einzelnen werden folgende Kapitel besprochen: Mikrostruktur; Makrostruktur; Konformationen; Kettenmodelle zur Beschreibung von Konformationen, Thermodynamik von Polymeren in Lösung; Löslichkeit und Zustandsdiagramme; Polymere im Festkörper; Polymerkristallisation; thermische Eigenschaften; mechanische Eigenschaften.

The lecture deals with the physico-chemical fundamentals of the structure-property relationships of macromolecular substances. Specifically, the following will be discussed: microstructure; Macrostructure; conformations; Chain models for the description of conformations, thermodynamics of polymers in solution; Solubility and state diagrams; Polymers in the solid state; Polymer crystallization; thermal properties; mechanical properties.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Die Grundlagen der besonderen Eigenschaften makromolekularer Systeme in Lösung und im Festkörper im Vergleich auch zu niedermolekularen Stoffen zu erklären.
2. Die Zusammenhänge dieser Eigenschaften makromolekularer Systeme über die Molekülstrukturen zu beschreiben.
3. Methoden zu kennen, welche Molmassen und Moleküldimensionen bestimmen.
4. Den Zusammenhang von thermischen und mechanischen Eigenschaften von Polymeren mit deren Struktur zu erklären.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Explain the basics of the special properties of macromolecular systems in solution and in solids compared to low molecular weight substances.
2. Describe the relationships of the properties of macromolecular systems based on the molecular structures.
3. Determine molecular weights and molecular dimensions.
4. Explain the relationships of thermal and mechanical properties of polymers with its structure.

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

	Einführung in die Makromolekulare Chemie I empfohlen Basics of Macromolecular Chemistry I recommended
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Klausur 120 min / Written exam 120 min.
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master PST III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) Master Chemie (Wahlpflichtveranstaltung für Hauptfach Makromolekulare Chemie) [M.MC2]
9	**Literatur / Literature** Hinweise zu Beginn und während der Vorlesung references at the beginning of and during lecture

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Mikroskopisches Praktikum Pflanzenanatomie

Microscopial Training – Plant Anatomy

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
10-30-1100	4 CP	120 h	97 h	1 Semester	

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr. G. Thiel

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-tt	Mikroskopisches Praktikum Pflanzenanatomie	Laborpraktikum / Laboratory practical course	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

In dem Praktikum werden an exemplarischen Objekten die wesentlichen Zelltypen und Gewebearten von Pflanzen an Hand von mikroskopischen Studien untersucht und durch wissenschaftliche Zeichnungen dokumentiert. Ein Schwerpunkt liegt dabei auf dem Zusammenhang zwischen Struktur und Funktion.

The practical course presents in the context of exemplary objects the main cell types and tissues of plants. The characteristic structural features will be observed under a microscope and documented by scientific drawings. A focus will be on the understanding of how structure and function correlates.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Ein Mikroskop zu bedienen.
2. Anatomische Präperate von Pflanzen zu erstellen.
3. Zelltype, Gewebe von Pflanzen zu identifizieren.
4. Botanische Zeichnungen anzufertigen.
5. Struktur und Funktionszusammenhänge in pflanzlichem Gewebe zu erklären.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Operate a microscope in a competent manner.
2. Produce cross sections of plant tissue.
3. Identify cell types and tissues in plants.
4. Make anatomical drawings of plant cells and tissues.
5. Explain how structure and function correlates in plant tissues.

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

Keine / none

5 Prüfungsform / Assessment methods

Mündliche Prüfung 30 min / Oral exam 30 min.

6 Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points

Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.

7 Benotung / Grading system

Standard (Ziffernote) / Number grades

8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** Master PST IV (Kernlehrveranstaltungen der Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature** Wanner Mikroskopisch-Botanisches Praktikum, Thieme Verlag, 2. Auflage 2004

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Praktikum Papierprüfung

Practicum Paper Testing

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-16-3204	4 CP	120 h	75 h	1 Semester	WS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr.-Ing. S. Schabel

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-tt	Praktikum Papierprüfung	Laborpraktikum / Laboratory practicum	45 h (4 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Selbstständige Vorbereitung, Durchführung und Auswertung von systematischen Messungen mit gängigen Messverfahren an Fasermaterialien, Papieren, Roh- und Hilfsstoffen sowie in Fasersuspension unter Berücksichtigung der Statistik zur Messgenauigkeit. Praktische Handhabung von einschlägigen Prüfmethoden des Faches.

Autonomous preparation, execution, and evaluation of systematical measurements with standardised methods on papers, raw materials, and additives as well as fibre suspensions with use of statistics for measurement accuracy.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Versuchspläne für systematische Analysen an Papiere, Fasermaterialien, Roh- und Hilfsstoffen zu erstellen.
2. Die wichtigsten Mess- und Analysemethoden des Faches zu erklären.
3. Geeignete Prüfmethoden auszuwählen und zu kalibrieren.
4. Die Messgeräte zu bedienen und deren Messfehler abzuschätzen.
5. Versuchseinrichtungen unter Einhaltung der Sicherheitsvorschriften aufzubauen und Versuche durchzuführen.
6. Die aufgenommenen Messdaten auszuwerten und einen technischen Versuchsbericht zu erstellen.
7. Die Ergebnisse der Versuche in geeigneter Form zu präsentieren und kritisch zu würdigen.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Design experiments for systematically analysing paper and fibre materials, raw materials, and additives
2. Explain the fundamental measuring and analysis methods of the specific field
3. Select and calibrate sensors and measuring devices.
4. Operate the measuring instruments and estimate their measurement uncertainty.
5. Set-up tests considering safety instructions and conduct experiments.
6. Evaluate test data and write technical reports.
7. Present the results of the attempts in appropriate form.

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

Vorlesung Papierprüfung

Paper testing

5	**Prüfungsform / Assessment methods** Sonderform: Protokoll , Kolloquium und Demonstration von 1-3 Messmethoden
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** Master PST Pflicht Master MPE Tutorium
9	**Literatur / Literature**

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Praktikum Papiertechnik

Practicum Paper Technology

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-16-3114	4 CP	120 h	75 h	1 Semester	SS

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr.-Ing. S. Schabel

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-tt	Praktikum Papiertechnik	Laborpraktikum / Laboratory practicum	45 h (4 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Planung, Durchführung, Auswertung, Präsentation und Diskussion von drei Versuchen in Kleingruppen aus den Bereichen Mahlung, Recycling, Papierherstellung und Prozesswasserbehandlung. Grundkenntnisse in der Bedienung eines Prozessleitsystems.

Planning, carrying out, analysis, presentation, and discussion of three trials in small groups out of the fields of refining, recycling, paper manufacturing, and process water treatment. Basic knowledge to operate a process control system.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Versuche für die Klärung einer ingenieurwissenschaftlichen Fragestellung im Labor- und Pilotmaßstab zu planen.
2. Geeignete Prüfmethoden auszuwählen und zu kalibrieren.
3. Die Messgeräte zu bedienen und deren Messfehler abzuschätzen.
4. Versuchseinrichtungen unter Einhaltung der Sicherheitsvorschriften aufzubauen und Versuche durchzuführen.
5. Ein industrielles Prozessleitsystem für einfache Versuche zu bedienen und Prozessdaten zu entnehmen und dabei die Wirkungsweise von Reglern und Verriegelungen zu berücksichtigen.
6. Die aufgenommenen Messdaten auszuwerten und einen technischen Versuchsbericht zu erstellen.
7. Die Ergebnisse der Versuche in geeigneter Form darzustellen und kritisch zu würdigen.

On successful completion of this module, students should be able to:

1. Plan experiments for investigating engineering problems by lab- or pilot scale experiments.
2. Select and calibrate sensors and measuring devices.
3. Operate the measuring instruments and estimate their measurement uncertainty.
4. Set-up tests considering safety instructions and conduct experiments.
5. Operate an industrial process control system and export process data taking into account the effects of software controls and interlocks.
6. Evaluate test data and write technical reports.
7. Present the results of the attempts in appropriate form.

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

Prozesse der Papier- und Fasertechnik

Unit operations of paper and fiber material production

5	**Prüfungsform / Assessment methods** Sonderform: Protokoll, Kolloquium, praktische Bedienung der Piloteinrichtungen
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** Master PST Pflicht Master MPE Tutorium
9	**Literatur / Literature** Hinweise während der Vorlesung references during lecture

Modulbeschreibung / Module Description

Modulname / Module Title

Struktur und Funktion der Pflanzen

Structure and Function of Plants

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
10-30-1000	4 CP	120 h	97 h	1 Semester	WS

Sprache / Language: Deutsch; auf Wunsch mit englischer Zusammenfassung / German and with English on demand **Level (EQF / DQR): 7**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr. G. Thiel

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Struktur und Funktion der Pflanzen	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Darstellung der fundamentalen Struktur-Funktionszusammenhänge in Pflanzen von der Ebene der einzelnen Zelle über die Organisation von Geweben bis hin zur Architektur der ganzen Pflanze.

Presentation of fundamental structure and how function correlates in plants from the level of single cells to the organization of tissues and finally to the architecture of the whole plant.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:

1. Den Bau von Pflanzenzellen zu beschreiben.
2. Die Anatomie von Pflanzen in Bezug auf Organe und Gewebe zu erklären.
3. Struktur und Funktionszusammenhänge in pflanzlichem Gewebe zu interpretieren.
4. Die Entwicklung von höheren Pflanzen vom Einzeller zum Gewebe zu erklären.
5. Wichtige mikroskopische Techniken in der Pflanzenanatomie zu erklären.

After following this lecture the student will be able to:

1. Describe the architecture of plant cells.
2. Explain the anatomy of plants in relation to their organs and tissues.
3. Interpret how structure and function correlate in plant tissues.
4. Explain the development of higher plants from the single cell state to the development of tissue.
5. Explain the main microscopic techniques, which are used in plant anatomy.

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

Keine, none

5 Prüfungsform / Assessment methods

Klausur 30 min / Written exam 30 min.

6 Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points

Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.

7 Benotung / Grading system

Ziffernnote / Number grades

8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programm** Master PST Pflicht
9	**Literatur / Literature** Lüttge, Kluge Bauer “Botanik” 5. Auflage 2004 Campbell, Reece “Bioloie” 6. Auflage 2006