Masterstudiengänge

Aerospace Engineering (M.Sc.)

Maschinenbau (M.Sc.)

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

Modulhandbuch / Module Handbook

Stand: 29.02.2024

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

© TU Darmstadt, Fachbereich Maschinenbau 2024

MASCHINENBAU
We engineer future

Master Thesis

Master-Thesis (Generalbeschreibung) 8

Pflichtbereich / Compulsory courses

Advanced Design Project (Generalbeschreibung) 10
Externe Projektarbeit (Generalbeschreibung) 12
Tutorium (Generalbeschreibung) 15

Wahlpflichtbereich M.Sc. Ia Grundlagen / Electives Area Ia Fundamentals

Maschinendynamik 17
Sustainable Systems Design 19
Transport Phenomena 21

Wahlpflichtbereich M.Sc. Ib Digitalisierung / Electives Area Ib Digitalisation

Digitalisierung in der Produktion 23
Machine Learning Applications 25
Smart Products, Engineering & Services 27

Wahlpflichtbereich M.Sc. II (Kernlehrveranstaltungen aus dem Maschinenbau) / Electives Area II Core Electives from Mechanical Engineering

Advanced Fluid Mechanics I 29
Advanced Vehicle Propulsion Systems 31
Aerodynamics II 33
Arbeits- und Prozessorganisation 35
Arbeitswissenschaft 37
Avionics System Safety 39
Biofabrication and 3D-Bioprinting 41
Biomaterials and Tissue Engineering 43
Composite Structures 45
Compressible and Irrotational Flow 47
Dimensioning and Optimization of Vehicle Transmissions 49
Elektrochemische Verfahrenstechnik 51
Energiesysteme I (Grundlagen der Energieumwandlung) 53
Energiesysteme II (Erneuerbare Energien) 55
Energiesysteme III (Innovative Energiewandlungsverfahren) 57
Fahrassistenzsysteme und automatisiertes Fahren 59
Fahrdynamik und Fahrkomfort 61
Farbwiedergabe in den Medien 63
Flight Mechanics II: Dynamics 65
Flight Propulsion 67

Fundamentals of Space Systems 69
Grenzflächenverfahrenstechnik 71
Grundlagen der Adaptronik 73
Grundlagen der Maschinenakustik 75
High Temperature Materials Behaviour 77
Höhere Wärmeübertragung (Verdampfung und Kondensation) 79
Introduction to the Finite Element Method 81
Introduction to Turbulence 83
Kreislaufwirtschaft und Recycling 85
Laser Measurement Technology 87
Lean Production 89
Lightweight Engineering I 91
Lightweight Engineering II 93
Management industrieller Produktion 95
Mechanische Trennverfahren 97
Mechatronic Systems I 99
Mechatronic Systems II 101
Mehrkörperdynamik 103
Modeling of Turbulent Flows 105
Nano- und Mikrofluidik I 107
Nano- und Mikrofluidik II 109
Numerische Methoden der Technischen Dynamik 111
Numerische Strömungssimulation 113
Oberflächentechnik I 115
Physics-aware Machine Learning 117
Prozesse der Papier- und Fasertechnik 119
Qualitätsmanagement 121
Robotics in Industry: Fundamentals and Applications 123
Space Systems and Operations 125
Sustainable Product Development 127
Technical Operations Research – Optimierung von technischen Systemen 129
Umformtechnik I 131
Umformtechnik II 133
Verbrennungskraftmaschinen II 135
Virtuelle Produktentwicklung A - CAD-Systeme und CAx-Prozessketten 137
Virtuelle Produktentwicklung B - Produktdatenmanagement 139
Werkzeugmaschinen und Roboter 141
Wind-, Wasser- und Wellenkraft 143

Wahlpflichtbereich M.Sc. III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) / Electives Area III Electives from the Natural Sciences and Engineering

Absicherungsprozesse für Kraftfahrzeuge 145
Additive Manufacturing (Laser-Powder-Bed-Fusion) I 147
Aktorwerkstoffe und -prinzipien 149
Aktuatorik in der Prozessautomatisierung verfahrenstechnischer Anlagen 151
Analytische Methoden der Wärmeübertragung 153
Angewandte Strukturoptimierung 155
Basic Phenomena in Multiphase Flows 157
Berechnungsmethoden im Bereich Verbrennungskraftmaschinen I 159
Berechnungsmethoden im Bereich Verbrennungskraftmaschinen II 161
Betriebsfestigkeit 163
Betriebswirtschaft für Ingenieure 165
Biofluidmechanik 167
Compressor Technology 169
Decarbonization of Industrial Processes: Fundamentals, process heat, and sector-specific Strategies 171
Defossilisierung von Industrieprozessen: Technologien und Kohlenstoffwirtschaft 174
Digitale Drucktechnologien 176
Dynamics of Interfacial Flows 178
Einführung in die chemische Verfahrenstechnik mit Programmieraufgaben 180
Einführung in die Methoden des „Reliability Engineering“ 182
Einführung in die Quantenmechanik und Spektroskopie 184
Energieeffizienz und Energieflexibilität in der Produktion 186
Energy Methods in Structural Mechanics 188
Energieversorgung und Umweltschutz 190
Entwicklung nachhaltiger Produkte 192
Fahrzeugaerodynamik 194
Fertigungsgerechte Maschinenkonstruktion I 196
Fertigungsgerechte Maschinenkonstruktion II 198
Fluidenergiemaschinen 200
Fortgeschrittene Strömungsmechanik II 202
Fundamentals of Navigation I 204
Fundamentals of Navigation II 206
Future Air Transportation Systems 208
Gestaltung medizinischer und kritischer Benutzeroberflächen 210
Gesundheitsmanagement im Betrieb 212
Global Satellite Navigation Systems and Orbit Determination 214
Grundlagen der Messtechnik und Datenerfassung mit LabVIEW 216
Grundlagen der Papiertechnik 218
Grundlagen des CAE/CAD 220

High Temperature Materials Behaviour II 222
High-Accuracy Methods for Computational Fluid Dynamics 224
Human Factors in Air Traffic Management 226
Human-Mechatronics Systems 228
Inkjet Printing for Digital Fabrication 230
Kavitation 232
Konstruieren und Auslegen von Kunststoffbauteilen 234
Konstruktion im Motorenbau I 236
Konstruktion im Motorenbau II 238
Konstruktionsprinzipien im Druckmaschinenbau 240
Konvektive Wärmeübertragung 242
Leichtbauwerkstoffe 244
Machining Technology - Basics and Application 246
Management of Engineering Design 248
Management von Anlagenbau-Projekten im Energiesektor 250
Manufacturing and Load optimized Cast Components 252
Mathematische Methoden in der Strömungsmechanik: Exakte und Symmetrie-Methoden 254
Mathematische Methoden in der Strömungsmechanik: Störungsrechnung 256
Mehrphasenströmungen 258
Messtechniken in der Strömungsmechanik 260
Methode der Finiten Elemente in der Wärmeübertragung 262
Methoden der analytischen und experimentellen Strukturdynamik 264
Micromechanics of Composite Materials 266
Modellbildung in der Maschinenakustik 268
Motorräder 270
Multiscale Methods in Solid Mechanics 272
Nichtlineare Dynamik 274
Nichtlineare Finite-Elemente-Analyse im Leichtbau 276
Numerische Methoden der Aerodynamik 278
Numerische Modellierung von Transportprozessen in Fluiden 280
Oberflächentechnik II 282
Papierprüfung 284
Papierverarbeitung 286
Printed Electronics 288
Printing Technology for Electronics 290
Schadenskunde 292
Selected Topics of Space Propulsion 294
Space Debris – Risks, Surveillance and Mitigation 296
Space Flight Mechanics 298
Space Propulsion and Space Transportation Systems 300
Systemic Evaluation of Air Traffic 302

Technologie und Management im Werkzeug- und Formenbau 304
Theory of Elastic Stability.....306
Thermische Turbomaschinen.....308
Thermische Verfahrenstechnik 310
Trends in Automotive Engineering (a unite!-Lecture) 312
Uncertainty Quantification: Methods, Applications, Challenges 314
Verbindungstechnik 316
Virtuelle Produktentwicklung C – Produkt- und Prozessmodellierung.....318
Wälzlagertechnik 320
Weiterführende Methoden der Strömungssimulation 322
Wirtschaftliche Optimierung der Energieversorgung für energieintensive Produktionsbetriebe 324
Work Organization in Intercultural Context 326

Zusätzliche Module für den Masterstudiengang Paper Science and Technology - Papiertechnik und biobasierte Faserwerkstoffe / Additional modules of Master's program Paper Science and Technology - Paper Technology and Biobased Fiber Materials

Chemische Technologie des Papiers und biobasierter Faserwerkstoffe I 328
Chemische Technologie des Papiers und biobasierter Faserwerkstoffe II 330
Chemisches Praktikum: Papier und biobasierte Faserwerkstoffe I 332
Chemisches Praktikum: Papier und biobasierte Faserwerkstoffe II 334
Einführung in die Makromolekulare Chemie I 336
Einführung in die Makromolekulare Chemie II 338
Mikroskopisches Praktikum Pflanzenanatomie 340
Praktikum Papierprüfung 342
Praktikum Papiertechnik 344
Struktur und Funktion der Pflanzen 346

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.

Abkürzungen für die Master-Studiengänge:

MB	Maschinenbau
AE	Aerospace Engineering
PST	Paper Science and Technology – Papiertechnik und biobasierte Faserwerkstoffe

Die Angaben zum Masterstudiengang *Aerospace Engineering* im Kernlehr- und im Nat_Ing-Bereich (WPB II und III) weisen die spezifischen AE-Module in diesen Bereichen aus. Im Kernlehrbereich sind mindestens 24 CP der AE-spezifischen Module und im Nat_Ing-Bereich mindestens 12 CP der AE-spezifischen Module einzubringen. Auf Antrag können WPB II-AE-Module auch WPB III-AE-Module ersetzen, sofern Überschüsse sowohl in den zusammengenommenen WPBen Ia, Ib und II als auch bei den spezifischen AE-WPB Ii-Modulen bestehen.

Abkürzungen für die Schwerpunkte:

SUR	Sustainable Use of Resources
CEPE	Clean Energy and Process Engineering
FAS	Future Automotive Systems
DbPR	Digital based Production and Robotics

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title **Master-Thesis (Generalbeschreibung)** Master`s thesis (General Description)					
Modul Nr. / Code 16-mm-5000/30	**Leistungspunkte / Credit Points** 30 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 900 h	**Selbststudium / Individual study** 900 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** WiSe und/oder SoSe
Sprache / Language: Deutsch / Englisch / German / English (im Masterstudiengang Aerospace Engineering: Englisch / English) **Level (EQF / DQR):** 7			**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Studiendekan*in Fachbereich Maschinenbau		

2	**Lehrinhalt / Syllabus** Aktuelle Aufgabenstellungen aus der Forschung der anbietenden Fachgebiete. Prüfung: Jeder hauptamtliche Professor oder jede hauptamtliche Professorin des Fachbereichs Maschinenbau. Eine Thesis in einem Schwerpunkt oder einem spezifischen Masterstudiengang muss im jeweiligen Themenspektrum verfasst sein. Im Falle einer externen Thesis, darf sich das Thema nicht mit den Inhalten der externen Projektarbeit überschneiden. Current research topic from the general research area of the administering institute. Examination: Every full-time professor of the Department of Mechanical Engineering. A thesis in a main focus or a specific master program of studies must be written in the respective subject spectrum. In case of an external thesis, the subject may not overlap with the contents of the external project work.
3	**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.
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** Mögliche Voraussetzungen werden vom anbietenden Fachgebiet bei der Aufgabenstellung angegeben. Eine Thesis in einem Schwerpunkt oder einem spezifischen Masterstudiengang muss im jeweiligen Themenspektrum verfasst sein. Im Falle einer externen Thesis, darf sich das Thema nicht mit den Inhalten der externen Projektarbeit überschneiden. Possible prerequisites will be prescribed by the individual institute supervising the thesis. A thesis in a main focus or a specific master program of studies must be written in the respective subject spectrum. In case of an external thesis, the subject may not overlap with the contents of the external project work.
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Thesis: Schriftliche Ausarbeitung sowie ein Kolloquium (Vortragsdauer mit anschließender Diskussion: 40 min). Thesis: Written thesis and a seminar presentation followd by discussion (40 min).

6	**Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistungen / Passing the examinations.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfungen; Schriftliche Ausarbeitung (100%) Standard (Ziffernote) und Kolloquium (0 %) bnb (bestanden/nicht bestanden) / Technical Examinations; Written Thesis (100%) Standard (Number grades) and Colloquium Pass/Fail Grading System
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** Master MB Master-Thesis Master AE Master Thesis Master PST Master-Thesis
9	**Literatur / Literature** abhängig vom Themengebiet will depend on topic

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Advanced Design Project (Generalbeschreibung)

Advanced Design Project (General Description)

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

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

Current research topic from the general area of the administering institute. Examination: Every full-time professor of the Department of Mechanical Engineering

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 oder eine komplexe, ergebnisoffene Forschungsfrage in Zusammenarbeit mit weiteren Personen zu analysieren, zu strukturieren, analytische und/oder numerische und/oder experimentelle Methoden auszuwählen, Lösungsvarianten zu generieren, zu bewerten und auszuwählen
2. Ggf. komplexe Probleme der industriellen Praxis und /oder der Forschung zu modellieren und zu simulieren.
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.
7. Die Problemlösung kritisch zu reflektieren.

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 or to analyse and structure a complex and open ended research question in collaboration with other people, to Select and apply analytic and/or numeric and/or experimental methods to the problem, to generate variant solutions, and to assess and select them.
2. Model and simulate complex problems of industrial practice and research, if necessary.
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. 7. Critically reflect the solution to 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** Sonderform: Schriftliche Ausarbeitung (80 %) und mündliche Prüfung (20 %, 5-15 min pro Person, variiert nach Gruppengröße; Gruppenprüfung mind. 30 min) /Special type: Written report (80 %) and oral exam (20 %, 5-15 min per person, varies after group size; group examination mind. 30 min).
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** Master MB ADP Master AE ADP Master PST ADP 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

Externe Projektarbeit (Generalbeschreibung)

External Project work (General Description)

Modul Nr. / Code	**Leistungspunkte / Credit Points**	**Arbeitsaufwand / Work load**	**Selbst-studium / Individual study**	**Moduldauer / Duration**	**Angebotsturnus / Semester**
16-cc-e061	6 CP	180 h		Mindestens 12 Wochen und kann je nach Projekt variieren	WiSe / SoSe

Sprache / Language: Deutsch/Englisch / German/English **Level (EQF / DQR):** 7	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Studiendekan*in des Fachbereichs Maschinenbau

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	**Kursname / Course Title**	**Lehrform / Form of teaching**	**Kontaktzeit / Contact hours**
	Externe Projektarbeit	Projektarbeit / Project	ca. 180 h

2 Lehrinhalt / Syllabus

Das Praktikum dient dem Erhöhen des Verständnisses von bereits erworbenen Kenntnissen im Rahmen von Vorlesungen aus dem Bachelor- und Masterstudium in einem praktischen Umfeld. Auf diese Weise erlaubt das Praktikum den Studierenden, Einblicke in verschiedene Tätigkeiten in der Arbeitswelt zu erhalten und dient somit als Vorbereitung auf mögliche, spätere Einsatzfelder.

Die Projektarbeit zielt auf die Eigenaktivität der Studierenden ab. Die Studierenden führen innerhalb eines Unternehmens, ein ingenieurwissenschaftliches Praxisprojekt mit Bezug zum Maschinenbau durch. Die Auswahl des Projekts obliegt den Studierenden und des Unternehmens, in der das Projekt durchgeführt werden soll.

Dauer: Die Projektarbeit im Umfang von 180 h ist im Rahmen einer berufspraktischen, mindestens 12-wöchigen Tätigkeit in Vollzeit zu absolvieren.

Ort: Industrieunternehmen / Start-Ups (größer 5 Mitarbeiter) im In- und Ausland, keine öffentlichen Forschungseinrichtungen (z.B. GSI, DLR, Fraunhofer, ESA,…)

The internship serves to increase the understanding of knowledge already acquired in lectures from the bachelor's degree programme in a practical environment. In this way, the internship allows students to gain insights into various activities in the working world and thus serves as preparation for possible future fields of work.

The project work aims at the individual activity of the students. The students perform a practice project within a company. The project as well as its company is chosen by the students.

Duration: The project has a volume of 180 h and has to be done within the scope of a full-time occupation of at least 12 weeks.

Place: Industrial companies / start-ups (more than 5 employees) at national and international level, no public institutions (e.g. GSI, DLR, Fraunhofer, ESA,…)

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nach Abschluss des Moduls sind die Studierenden in der Lage,

- die Einsatzmöglichkeiten von Maschinenbau-Ingenieuren und Maschinenbau-Ingenieurinnen im industriellen Umfeld darzustellen.

	• die technischen, wirtschaftlichen und sozialen Gegebenheiten von Unternehmen und Verwaltungsorganen zu verstehen. • realistische Anschauung praktischer Aufgabenstellungen zu entwickeln. • Unternehmen als Sozialstruktur zu verstehen. • das Verhältnis zwischen Führungskräften und Mitarbeitern einzuschätzen, um so die künftigen Wirkungsmöglichkeiten auch als spätere Führungskraft einschätzen zu können. • sich durch den Erwerb von Methodenkompetenzen, verschiedenen Problemstellungen einer Aufgabe analytisch zu nähern. • ein Projekt zu identifizieren, die Projektidee zum Projekt zu entwickeln, zu präzisieren und zu formulieren. • im Rahmen der Projektentwicklung Arbeitsschritte eigenverantwortlich zu planen, zu organisieren und durchzuführen. • Lösungsoptionen zu erarbeiten, einzuordnen, zu interpretieren und zu erläutern. • Lösungen im Rahmen von interdisziplinären Teams zu erarbeiten • eine kriteriengeleitete Entscheidungen herbeizuführen. • Dokumentationen zu verfassen. • die Ergebnisse einem Auditorium zu präsentieren und darüber zu diskutieren. • erworbenes Wissen über die Arbeitswelt in den curricularen Kontext einzuordnen. After having completed the module, the students are able to • explain the possible applications of mechanical engineers in an industrial environment. • understand the technical, economic and social circumstances of companies and public authorities. • develop realistic views with regards to practice tasks. • understand companies as a social structure. • evaluate the relationship between executives and employees in order to assess the future impact as a potential executive. • look at and approach the problems of the task in an analytical way by means of methodological competences. • identify a project, develop the initial idea of the project, specify and formulate it. • schedule different steps on one's own responsibility, organize them and put them into practice within the scope of the project development. • develop, rank, interpret and explain solution options. • develop solutions within the framework of interdisciplinary teams • promote a decision based on a number of criteria. • provide documentation. • present the results to an audience and discuss them. • integrate the aquired knowledge of the working world into the curricular context.
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** • Vorliegender Bachelorabschluss bzw. als vorgezogene Masterleistung nach § 20 (4) APB. Um attraktive Praktikumsplätze erhalten und im Vorfeld ausreichende Methodenkompetenz aufbauen zu können, wird empfohlen das Praktikum erst nach erfolgreicher Durchführung der Bachelor-Thesis anzutreten. • Completed Bachelor's degree or as early achievement for the Master's degree according to § 20 (4) APB. In order to obtain attractive internship positions and to be able to build up sufficient methodological competence in advance, it is recommended to start the internship only after successful completion of the Bachelor thesis.
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Modulabschlussprüfung: • Qualifiziertes Praktikumszeugnis / Qualified internship certificate.

	• Bescheinigung des Unternehmens (Beschäftigungsnachweis) mit Nennung des Projekts / Certification of the company (certificate of employment) incl. the name of the project. • Eine Selbstreflexion in digitaler Form soll am Ende des Praktikums erstellt werden. Diese kann ein Video, Potcast, Präsentation mit Tonspur oder ein rein schriftliches Essay sein. / A self-reflection in digital form should be created at the end of the internship. This can be a video, potcast, presentation with soundtrack or a purely written essay • Die Teilnahme an dem “We Engineer Future Day” wird empfohlen. Informationen erhalten Sie auf der Homepage des Fachbereichs/Mechcenter / The participation in the "We Engineer Future Day" is encouraged. Further information is available on the homepage of the department/Mechcenter
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Modulabschlussprüfung: Studienleistung (100%), Bewertung: bnb (Bestanden/nicht bestanden) study achievements (100%); bnb (Pass-fail)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** Master MB (Ersatz eines ADPs) Master AE (Ersatz eines ADPs)
9	**Literatur / Literature**

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Tutorium (Generalbeschreibung)

Tutorial (General Description)

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

Sprache / Language: Deutsch / Englisch / German / English **Level (EQF / DQR): 7.**	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Studiendekan*in Fachbereich Maschinenbau (Generalbschreibung) Für einzelne Tutorien: 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 Mess-fehler 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. Wird zu Beginn der Veranstaltung abhängig von den Umständen (Anzahl der Studierenden, Pandemie etc.) bekanntgegeben / Will be announced at the beginning of the term depending on the circumstances (number of students, pandemic etc.).
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung. Sofern das Tutorium eine Sicherheitseinweisung umfasst, ist die Teilnahme an dieser aus Gründen des Arbeits- und Unfallschutzes verpflichtend. / Passing the examination. If the tutorial includes a safety instruction, participation in it is obligatory for reasons of occupational safety and accident protection.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** Master MB Tutorium Master AE 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

Maschinendynamik

Machine Dynamics

Modul Nr. / Code	Leistungspunkte / Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-98-4094	6 CP	180 h	135 h	1 Semester	WiSe

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	Maschinendynamik	Vorlesung / Lecture	34 h (3 SWS)
-hü	Maschinendynamik	Hörsaalübung / Lecture Hall Recitation	11 h (1 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Mechanische Schwingungssysteme im Maschinenbau. Aufgaben der Höheren Maschinendynamik.
Elemente (Parameter) schwingungsfähiger mechanischer Maschinen und Strukturen.
Modellbildung und Bewegungsgleichungen von schwingungsfähigen Maschinen und Strukturen mit linearem Übertragungsverhalten.
Eingangs-Ausgangsbeziehungen, Signale von Erregungen und Schwingungen im Zeit-und Frequenzbereich.
Eigenschwingungen linearer SDOF- und MDOF-Systeme, Eigenwerte und Eigenvektoren, Orthogonalität.
Erzwungene Schwingungen linearer SDOF- und MDOF-Systeme infolge unterschiedlicher Erregungen.
Einfluss von (multiphysikalischen) Interaktionen (Struktur, Fluid, elektrische und magnetische Felder) auf das Schwingungsverhalten.
Schwingungsüberwachung und Diagnose.
Maßnahmen zur Schwingungsberuhigung.
Schwinger mit verteilten Parametern (Schwingungen von Kontinua) und nichtlineare Schwingungen.
Anwendungsbeispiele der Maschinendynamik in verschiedenen Bereichen des Maschinenbaus

Vibration Systems in Mechanical Engineering. Problems of Advanced Machine Dynamics.
Elements (parameter) of mechanical vibration systems in machines and structures.
Modelling and equations of motion of linear vibration systems for machines and structures.
Input-output relations, excitation and vibration response signals in the time and frequency domain.
Natural vibrations of linear SDOF- and MDOF systems, eigenvalues and eigenvectors, orthogonality.
Forced vibrations of linear SDOF- and MDOF systems due to different excitations.
Influence of (multiphysical) interactions (structure, fluid, electric and magnetic fields) on the vibration behavior.
Vibration monitoring and diagnosis.
Measures for vibration control.
Vibration systems with distributed parameters (continua) and nonlinear vibrations.
Applications of Machine Dynamics in different areas of Mechanical Engineering.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

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

	1. Grundlegende Probleme der Maschinen- und Strukturdynamik zu bearbeiten und Lösungen zu finden. 2. Reale Systeme von schwingungsfähigen Maschinen und Strukturen zu modellieren und die Bewegungsgleichungen nach den Gesetzen der Mechanik zu formulieren. 3. Die dynamischen Eigenschaften (Eigenfrequenzen, Dämpfungsverhalten, Schwingungsformen) von Maschinen und Strukturen zu ermitteln und zu analysieren. 4. Erzwungene Schwingungen (Systemantworten) von Maschinen und Strukturen infolge von unterschiedlichen Anregungen zu berechnen und die Lösungen zu interpretieren. 5. Experimentelle Untersuchungen von Schwingungssystemen (Frequenzgänge, Systemidentifikation, Modale Analyse) grundlegend zu verstehen, zu planen und zu bewerten. 6. Vorschläge für die Schwingungsüberwachung und Diagnose an Maschinen zu erarbeiten. 7. Maßnahmen zur Schwingungsberuhigung vorzuschlagen und anzuwenden. On successful completion of this module, students should be able to: 1. Work on basic problems in machine and structural dynamics and to find practical solutions. 2. Model real mechanical vibration systems (machines and structures) and to derive the equations of motion based on the principles of mechanics. 3. Determine and to analyse the dynamic characteristics (natural frequencies, damping behavior, vibration modes) of machines and structures. 4. Calculate forced vibrations (system responses) of machines and structures due to different types of excitations and to interpret the solutions. 5. Fundamentally recognize, to plan and to evaluate experimental investigations of vibration systems (frequency response, system identification, modal analysis). 6. Plan vibration monitoring and diagnosis for machines. 7. Suggest and to apply measures for vibration control.
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 recommended.
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Abschlussklausur 150 min / Written exam 150 min.
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** Master MB Ia Grundlagen Master MB SP FAS WPB Ia Pflicht WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik) WI/MB, Master Mechatronik
9	**Literatur / Literature** Markert, R.: „Strukturdynamik", Shaker, 2013. Dresig, H.; Holzweißig, F.: „Maschinendynamik", 10. Auflage, Springer, 2011. Gasch, R.; Nordmann, R.: „Rotordynamik“, 2. Auflage, Springer,2005. Dresig, H.: „Schwingungen mechanischer Antriebssysteme“, Springer 2001. Fischer, U.; Stephan, W.: „Mechanische Schwingungen“, 3. Auflage, Fachbuchverlag Leipzig, 1993.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Sustainable Systems Design

Sustainable Systems Design

Modul Nr. / Code	Leistungspunkte / Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-98-4074	6 CP	180 h	135 h	1 Semester	WiSe

Sprache / Language: Englisch / English **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	Sustainable Systems Design	Vorlesung / Lecture	34 h (3 SWS)
-ue	Sustainable Systems Design	Übung / Recitation	11 h (1 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Konzept der Nachhaltigkeit; Umgang mit begrenzten Ressourcen; Bewertungsmetriken für den technischen, ökonomischen, ökologischen und sozialen Aufwand eines Systems; Lebenszyklus-Kosten Ermittlung; Akzeptanz und Verfügbarkeit technischer Systeme; Systemgrenzen und Schnittstellen; Systemanalogien; Formulierung von Funktionszusammenhängen; 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; Ermittlung von Herstellkosten (Investitions- und Betriebskosten); Technisch-ökologisch-ökonomisch-soziale Zusammenhänge; Diskrete und kontinuierliche Optimierungsmethoden

Concept of sustainability; handling of limited resources; evaluation metrics for technical, economic, ecological and social effort of a system; lifecycle cost analysis; acceptance and availability of technical systems; system boundaries and interfaces; system analogies; formulation of functional 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; 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. Systemfunktionen und –ziele zu erkennen und zu formulieren, aus den Systemfunktionen 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. Die Nachhaltigkeit technischer Systeme mit geeigneten Metriken zu bewerten sowie Methoden zur Gestaltung nachhaltiger Produkte und Systeme anzuwenden.
4. Die technisch-ökologisch-ökonomisch-sozialen Zusammenhänge zwischen Aufwand, Verfügbarkeit und Akzeptanz technischer Systeme zu erkennen, zu bewerten und die Systeme im möglichen Rahmen zu gestalten.

	5. Entscheidungs- und Syntheseprobleme in Form von mathematischen Optimierungsmodellen zu formulieren, geeignete Optimierungsmethoden auszuwählen und Optimierungsstrategien hinsichtlich des bestenfalls erreichbaren Optimierungsergebnisses kritisch zu hinterfragen. 6. 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. Identify and formulate system functions and purposes, derive necessary subfunctions from the system 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. Evaluate the sustainability of technical systems with appropriate metrics and to apply methods for designing sustainable products and systems. 4. Identify and evaluate the technical-ecological-economical-social connections between effort, availability and acceptance of technical systems and design the system within the possible framework. 5. Formulate decision- and synthesis problems in the framework of mathematical optimization models, choose appropriate optimization methods, and critically scrutinize optimization strategies concerning their maximum attainable optimization results. 6. 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 Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** Master MB Ia Grundlagen Master MB SP SUR WPB Ia Pflicht WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik) Master Mechatronik Master Wirtschaftsingenieurwesen – technische Fachrichtung Maschinenbau
9	**Literatur / Literature** Lernmaterial auf www.moodle.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.moodle.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	**Leistungspunkte / Credit Points**	**Arbeitsaufwand / Work load**	**Selbststudium / Individual study**	**Moduldauer / Duration**	**Angebotsturnus / Semester**
16-98-4054	6 CP	180 h	135 h	1 Semester	SoSe

Sprache / Language: Englisch / English **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	Transport Phenomena	Vorlesung / Lecture	34 h (3 SWS)
-ue	Transport Phenomena	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**
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Klausur 120 min / Written exam 120 min.
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** Master MB Ia Grundlagen Master MB SP CEPE WPB Ia Pflicht 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

Digitalisierung in der Produktion

Digitisation in Production

Modul Nr. / Code	Leistungspunkte / Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-98-4044	6 CP	180 h	135 h	1 Semester	SoSe

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

1 Kurse des Moduls / Courses

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

2 Lehrinhalt / Syllabus

Die Vorlesung soll Studierenden des Masterstudiums vermitteln, wie sich Prozesse in der Produktion durch fortschreitende Digitalisierung wandeln. Im Rahmen der Vorlesung sollen gezeigt werden wie Agilität und Flexibilität für eine Individualfertigung gelingen kann. Basis ist zum einen die Vernetzung der Produktionsprozesse. Es wird aufgezeigt wie moderne Informations- und Kommunikations-Infrastrukturen aussehen und welche Modelle für eine standardisierte Vernetzung vorhanden sind. Zum zweiten wird die Bedeutung der Erfassung, Handhabung und Nutzung von Daten als entscheidendes Gut in der Produktion von morgen dargestellt. Abschließend gibt die Vorlesung einen Blick über moderne Steuerungsmechanismen bis hin zur Fragestellung von autonomen Abläufen in der Produktion.

This lecture is intended to teach students of the master program how processes in production are changing due to progressive digitization. The lecture will show how agility and flexibility for individualized production can be achieved. The basis is on the one hand the networking of production processes. It will be shown how modern information and communication infrastructures look like and which models for a standardized networking are available. On the other hand, the importance of data acquisition, handling and usage as a decisive asset in tomorrow's production is presented. Finally, the lecture gives a view on modern control mechanisms up to the question of autonomous processes in production.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

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

1. Die vernetzten, datengetriebenen Produktionsprozesse der Zukunft zu beschreiben.
2. Den Nutzen von vernetzten, datengetriebenen Produktionsprozesse zu erkennen.
3. Moderne Informations- und Kommunikations-Infrastrukturen zu erklären.
4. Ein durchgängiges Daten- und Kommunikationsmanagement in der Produktion zu beschreiben.
5. Die Rolle Digitaler Zwillinge für Produkte und Produktionsmaschinen darzulegen.
6. Den Datenfluss von der Erfassung bis zur Analyse durchgängig zu beschreiben.
7. Die Herausforderungen der Datenverarbeitung und -bewertung aufzuzeigen
8. Die Möglichkeiten moderner Produktionsteuerung und Produktionsadaption zu beschreiben, zu charakterisieren und zu klassifizieren

After the students have successfully completed the course unit, they should be able to

1. Describe the networked, data-driven production processes of the future

	2. Recognize the benefits of networked, data-driven production processes. 3. Explain modern information and communication infrastructures 4. Describe an integrated data and communication management in production 5. Explain the role of digital twins for products and production machines 6. Describe the data flow from acquisition to analysis in a consistent manner 7. Identify the challenges of data processing and evaluation 8. Describe, characterize, and classify the possibilities of modern production control and production adaptation
4	**Voraussetzung für die Teilnahme -/ Prerequisites for participation**
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Klausur 120 Minuten / Written exam 120 min.
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** Master MB Ib Digitalisierung Master MB SP DbPR Ib Pflicht WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature** Hinweise zu Beginn der Vorlesung. / References at the beginning of the lecture.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title Machine Learning Anwendungen **Machine Learning Applications**					
Modul Nr. / Code 16-98-4174	**Leistungspunkte / Credit Points** 6 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 180 h	**Selbststudium / Individual study** 142 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** WiSe
Sprache / Language: Englisch / English **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 Applications	Vorlesung / Lecture	34 h (3 SWS)
	-pr	Machine Learning Applications Practical Part	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** 50 % Klausur (60 min) und 50 % Practical Part/Sonderform: Schriftliche Ausarbeitung, Programmcode und mündliche Prüfung (Ergebnispräsentation, 15 min) einer kooperativen Entwicklungsaufgabe ("Data Quest") / 50 % written exam (60 min.) and Special form: 50 % documentation, program code and oral exam (presentation of results, 15 min) of a cooperative development task („Data Quest“)
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Requirement for receiving credits** Bestehen beider Prüfungsleistungen / Passing both examinations
7	**Benotung / Grading system** Beides Fachprüfungen (je 50%); Standard (Ziffernote) / Technical Examinations (both 50%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** Master MB Ib Digitalisierung 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. 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).

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title Intelligente Produkte, Entwicklung und Dienste **Smart Products, Engineering & Services**					
Modul Nr. / Code 16-98-4084	**Leistungspunkte / Credit Points** 6 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 180 h	**Selbststudium / Individual study** 125 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** SoSe
Sprache / Language: Englisch/ English **Level (EQF / DQR):** 7			**Modulverantwortliche/r / Module Coordinator** Prof. Dr.-Ing. E. Kirchner und Prof. Dr.-Ing. S. Rinderknecht		

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Smart Products, Engineering & Services	Vorlesung / Lecture	15 h (1 SWS)
-ue	Smart Products, Engineering & Services	Übung / Recitation	10 h (1 SWS)
-pj	Smart Products, Engineering & Services	Projekt / Project	30 h (2,5 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Einführung in die künstliche Intelligenz (KI), Big Data, Cyber-Physische Systeme und intelligente Mechatronische Systeme; intelligente Maschinenelemente: Klassifizierung, Integration von Sensorfunktionen, Entwurf, Evaluation und Kalibrierung der Sensorik, Anwendungsgrenzen; Ideenfindung und Marktanalyse; prototypische Fertigungsverfahren und Toleranzmanagement für das Entwerfen von Versuchsträgern; agiles Projektmanagement und Hardwareentwicklung, versagenserfassungsgestützte Konstruktionsänderung (DRBFM); Geschäftsmodelle und Markteinführung für Produkte und Produkt-Dienst-Systeme; Verifizierungs- und Validierungs- (V&V)-Methoden: in der Betriebsphase durchgeführte Software-Updates und durch maschinelles Lernen hervorgerufene Eigenschaftsänderungen; Prädiktive Instandhaltung: Schadensvorhersagen und Schadensüberwachung; softwarebasierte Leichtbau-Entwicklung.

Introduction to artificial intelligence (AI), big data, cyber-physical systems, and smart mechatronic systems; smart machine elements: classification, integration of sensing functions, design, evaluation and calibration of sensing elements, applicability limitations; ideation and market analysis; rapid manufacturing and tolerance management for designing test components; agile project management and hardware development, Design Review Based on Failure Mode (DRBFM); business models and market introduction of products and Product-Service-Systems; Verification and Validation (V&V)-methods: remote software updates and AI-based attribute changes during operation phase; predictive maintenance: damage prediction and monitoring; software-based lightweight development.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

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

1. Grundlagen künstlicher Intelligenz, Big Data und Cyber-Physischer Systeme zu erklären und intelligente Systeme zu beschreiben, deren Implikationen für die Systementwicklung als Software anzuwenden und selbstlernende nutzerorientierte Systeme zu benennen.
2. Anforderungen an die Sensorik intelligenter Produkte zu analysieren, Entwürfe zu synthetisieren und zu bewerten sowie Eigenschaften intelligenter Maschinenelemente zu klassifizieren und die Vorgehensweise bei der Integration des Sensors und bei der Kalibrierung zu erklären.
3. Grundlagen des Innovationsmanagements, Methoden der Ideengenerierung und -quellen zu benennen, Nutzerbedürfnisse zu identifizieren und Marktsegmente auszuwählen sowie zu analysieren
4. Am Beispiel des sensorisch nutzbaren Wälzlagers die Grenzen der Sensorkonzepte zu erkennen und die Anwendungsgrenzen abzuschätzen.

	5. Grundlagen der schnellen Erzeugung von Versuchsträgern zu beschreiben und anzuwenden, typische Funktionalitätseinschränkungen zu benennen sowie Toleranzmanagement einzusetzen. 6. Agiles Projektmanagement/ Hardwareentwicklung und die Methode DRBFM anzuwenden. 7. Grundlagen der Innovationsadoption und -diffusion zu erklären; Business Model Frameworks, Business Model Innovation und Innovation von Produkt-Dienste-Systemen zu beherrschen. 8. V&V-Methoden zu erklären und die Auswirkungen von ferngesteuerten Software-Updates und durch maschinelles Lernen hervorgerufene Eigenschaftsänderungen in der Betriebsphase zu interpretieren. Nutzerfeedback berücksichtigen und Sicherheitsaspekte beurteilen. 9. Das Konzept der Prädiktiven Instandhaltung zu erklären, Schadensvorhersagen und Schadensüberwachung voneinander abzugrenzen sowie die zugehörigen Methoden anzuwenden. 10. Softwarebasierte Leichtbau-Entwicklung zu beherrschen (ecoLIFE3 Methode). On successful completion of this module, students should be able to: 1. Understand the basics of AI, Big Data and Cyber-Physical Systems, describe self-learning user-oriented system and Smart Mechatronic Systems and understand their implications for the development phase; and being able to apply the basics in a developmental software environment. 2. Analyze the requirements of smart sensing elements of a smart product followed by the design and evaluation of a product concept. Classify smart machine elements and explain the procedures of sensor integration and sensor calibration. 3. Explain the basics of innovation management, know methods for idea generation and idea sources, identify customer needs, select and analyze market segments. 4. Identify the limits of sensor concepts and assess the limits of their applicability. 5. Understand and apply rapid manufacturing technologies for the fast production of test components, know typical disturbances and perform tolerance management. 6. Perform agile management (Scrum), agile hardware engineering and understand DRBFM. 7. Explain the basics of adoption and diffusion of innovation, and master Business Model Frameworks, Business Model Innovation, and innovation of Product-Service-Systems. 8. Explain V&V methods and understand the implications of remote software updates and machine learning based attribute changes during operation phase incl. user feedback and Safety issues. 9. Explain the concept of predictive maintenance, differentiate between damage prediction and damage monitoring during the operation phase and know the associated methods. 10. Perform software-based lightweight design (method ecoLIFE3).
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** Programmierkenntnisse Matlab / Python vorteihaft / Programming skills Matlab / Python benefitial.
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Klausur mit Aufgabenteilen der drei beteiligten Institute (60 min, 60 %) und Präsentation der Ergebnisse am Prototypen mit Funktionsnachweis und anschließender Diskussion (40 %) Written exam (60 min., 60 %) and Presentation of the prototype with proof of function and discussion (40 %)
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistungen / Passing the examinations
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfungen (60% Klausur, 40% Präsentation der Ergebnisse am Prototypen mit Funktionsnachweis und anschließender Diskussion; Standard (Ziffernote)) / Technical Examinations (written exam 60%, Presentation of the prototype with proof of function and discussion 40%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** Master MB Ib Digitalisierung WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature** Vorlesungs- und Übungsmaterialien via moodle. / Lecture and recitation material via moodle.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Fortgeschrittene Strömungsmechanik I

Advanced Fluid Mechanics I

Modul Nr. / Code	**Leistungspunkte / Credit Points**	**Arbeitsaufwand / Work load**	**Selbststudium / Individual study**	**Moduldauer / Duration**	**Angebotsturnus / Semester**
16-64-5110	6 CP	180 h	135 h	1 Semester	WiSe

Sprache / Language: Englisch / English **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	Advanced Fluid Mechanics I	Vorlesung / lecture	34 h (3 SWS)
-ue	Advanced Fluid Mechanics 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** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB II (Kernlehrveranstaltung aus dem Maschinenbau) Master AE II Kernlehrveranstaltung 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 / Module description

Modulname / Module Title					
Zukünfte Antriebssysteme **Advanced Vehicle Propulsion Systems**					
Modul Nr. / Code 16-03-3114	**Leistungspunkte / Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 97 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** WiSe
Sprache / Language: Englisch / English **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	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**
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Klausur oder mündliche Prüfung [Klausur: 90 min; mündlich: 90 min (pro 4er-Gruppe -~ 22,5 min / Person)] / Written or oral exam [written: 90 min; oral: 90 min (per group with 4 people ~ 22,5 min per participiant)] Wird zu Beginn der Veranstaltung abhängig von den Umständen (Anzahl der Studierenden, Pandemie etc.) bekanntgegeben / Will be announced at the beginning of the term depending on the circumstances (number of students, pandemic etc.).
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Requirement for receiving credits** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB II (Kernlehrveranstaltung aus dem Maschinenbau) Master MB II FAS Pflicht Master MB II SP SUR WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature** Wird erstellt / will be available

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title
Aerodynamik II

Aerodynamics II

Modul Nr. / Code	Leistungspunkte / Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-11-5060	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. 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) oder Klausur (60 min) / Oral (30 min) or written exam (60 min) Wird zu Beginn der Veranstaltung abhängig von den Umständen (Anzahl der Studierenden, Pandemie etc.) bekanntgegeben / Will be announced at the beginning of the term depending on the circumstances (number of students, pandemic etc.).
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB II (Kernlehrveranstaltung aus dem Maschinenbau) Master AE II Kernlehrveranstaltung 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 11. Juli 2023. Changed module description accepted from academic department on 11 July 2023.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Arbeits- und Prozessorganisation

Work and Process Organization

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

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR):** 7	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Dr. Ing. C. Stockinger im SoSe 2022 und 2023 (NF Prof. Dr.-Ing. R. Bruder)

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. Mensch-Technik-Organisation 3. Systemansatz 4. Digitalisierung 5. Aufbau- und Ablauforganisation 6. Arbeitszeit & Flexibilisierung 7. Teamarbeit 8. Diversität 9. Führung

1. Introduction 2. Human-Technology-Organization 3. Systems Approach 4. Digitization 5. Organizational Structure and Process Organization 6. Working Time and Flexibilization 7. Teamwork 8. Diversity 9. Leadership

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. Den MTO-Ansatz (Mensch-Technik-Organisation) und den Systemansatz zu beschreiben.
4. Die Auswirkungen der Digitalisierung der Arbeitswelt auf Mensch und Organisation sowie die daraus folgenden Implikationen der Arbeitsgestaltung zu beschreiben.
4. Die verschiedenen Aufbau- und Ablauforganisationsformen zu beschreiben, Vor- und Nachteile darzustellen und bei gegebener Aufgabenstellung auszuwählen.
5. Arbeitszeitmodelle und Flexibilisierungsansätze sowie deren Auswirkungen auf die Arbeitsgestaltung zu unterscheiden und zu diskutieren.
6. Gestaltungsempfehlungen für Teamarbeit anzuwenden.
7. Die Dimensionen und Rolle von Diversität in Organisationen zu kennen und insbesondere im Hinblick auf Teamarbeit zu diskutieren.
8. 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 MTO approach (human-technology-organization) and the systems approach.
4. Describe how the digitalization of work affects people and the organization and what implications of work design follow from this.

	4. Describe the different forms of organizational structures and workflows, to present their advantages and disadvantages and to select them for a given task. 5. Distinguish and discuss working time models and flexibilization approaches as well as their effects on work design. 6. Apply design recommendations for teamwork. 7. Distinguish and discuss role and dimensions of diversity, especially with regard to teamwork. 8. Explain, assess and apply motivation and leadership 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 Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE II (Kernlehrveranstaltung aus dem Maschinenbau) Master MB II SP DbPR 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 8. Februar 2022. Changed module description accepted from academic department on 8 February 2022.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title **Arbeitswissenschaft** Human Factors/Ergonomics					
Modul Nr. / Code 16-21-5020	**Leistungspunkte / Credit Points** 8 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 240 h	**Selbststudium / Individual study** 172 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** WiSe
Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR): 7**			**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** NF 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**
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Klausur 90min / Written exam 90 min.
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB II (Kernlehrveranstaltung aus dem Maschinenbau) Master MB II SP FAS 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 Sichere Avioniksysteme **Avionics System Safety**					
Modul Nr. / Code 16-23-5110	**Leistungspunkte / Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 97 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** SoSe
Sprache / Language: Englisch / English **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	Avionics System Safety	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 methods for reliable 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. Describe the basics of automated flight operations and human-machine interfaces in modern aircraft flight decks.
2. Explain the basic concepts and methods in the design of safety critical systems in flight control.
3. Differentiate between the different system architecture concepts.
4. Describe and discuss the complex interplay of technical systems, operational processes and humans using the example of avionics systems.

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

Empfohlen: Flugmechanik I: Flugleistungen, Grundlagen der Navigation I, Systemische Betrachtung des Luftverkehrs

Recommended: Flight Mechanics I: Performance, Fundamentals of Navigation I, Systemic Evaluation of Air Transportation

5 Prüfungsform / Assessment methods

Klausur 60 min oder mündliche Prüfung 20 min / Written exam 60 min or oral exam 20 min.

	Wird zu Beginn der Veranstaltung abhängig von den Umständen (Anzahl der Studierenden, Pandemie etc.) bekanntgegeben / Will be announced at the beginning of the term depending on the circumstances (number of students, pandemic etc.).
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB II (Kernlehrveranstaltung aus dem Maschinenbau) Master AE II Kernlehrveranstaltung WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature** Bahr, N.J.: System Safety Engineering and Risk Assessment: A Practical Approach, 2nd Edition, CRC Press 2015 Dhillon, B.S.: Transportation Systems Reliability and Safety, CRC Press 2011 C.C. Rodriges, S.K. Cusick: Commercial Aviation Safety, McGraw Hill 2011 R. Isermann: Fault Diagnosis Systems, Springer 2006

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title					
Biofabrication und 3D-Bioprinting **Biofabrication and 3D-Bioprinting**					
Modul Nr. / Code 16-17-3284	**Leistungspunkte / Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 97 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** SoSe
Sprache / Language: Englisch / English **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 and 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**
5	**Prüfungsform / Assessment methods:** Mündliche (30 min) oder schriftliche Prüfung (60 min) / Oral (30 min) or written exam 60 min. Wird zu Beginn der Veranstaltung abhängig von den Umständen (Anzahl der Studierenden, Pandemie etc.) bekanntgegeben / Will be announced at the beginning of the term depending on the circumstances (number of students, pandemic etc.).
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Requirement for receiving credits** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB II (Kernlehrveranstaltung 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)
	Geänderte Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 13. Juni 2023. Changed module description accepted from academic department on 13 June 2023.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title Biomaterialien und Tissue Engineering **Biomaterials and Tissue Engineering**					
Modul Nr. / Code 16-17-3294	**Leistungspunkte / Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 97 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** WiSe
Sprache / Language: Englisch / English **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	Biomaterials and 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**
5	**Prüfungsform / Assessment methods:** Mündliche (30 min) oder schriftliche Prüfung (60 min) / Oral (30 min) or written exam 60 min. Wird zu Beginn der Veranstaltung abhängig von den Umständen (Anzahl der Studierenden, Pandemie etc.) bekanntgegeben / Will be announced at the beginning of the term depending on the circumstances (number of students, pandemic etc.).
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Requirement for receiving credits** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB II (Kernlehrveranstaltung 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)
	Geänderte Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 13. Juni 2023. Changed module description accepted from academic department on 13 June 2023.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title Faserverbund-Strukturen **Composite Structures**					
Modul Nr. / Code 16-12-3174	**Leistungspunkte / Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 57 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** WiSe
Sprache / Language: Englisch / English **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	Composite Structures	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)
	-ue	Composite Structures	Hausübung / 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 durchzuführen.
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 (1/3) und 20 Minuten mündliche Prüfung (2/3) und Bericht (bnb, Projektarbeit). Oral exam 30 min., divided into 10 minutes presentation of the results of the design project (1/3) and 20 minutes oral examination (2/3) and report (design project, pnp).
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistungen / Passing the examinations.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfungen: Mündliche Prüfung (100%), Standard (Ziffernote) und Bericht (0%), bnb / Technical Examinations: Oral exam((100%); Standard (Number grades), report (design project work, 0%) pnp
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB II (Kernlehrveranstaltung aus dem Maschinenbau) Master AE II Kernlehrveranstaltung Master MB II SP SUR 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.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title Gasdynamik und Potentialtheorie **Compressible and Irrotational Flow**					
Modul Nr. / Code 16-10-3274	**Leistungspunkte / Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 74 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** WiSe
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 Wird zu Beginn der Veranstaltung abhängig von den Umständen (Anzahl der Studierenden, Pandemie etc.) bekanntgegeben / Will be announced at the beginning of the term depending on the circumstances (number of students, pandemic etc.).
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Kreditpunkten / Requirement for receiving credits** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB II (Kernlehrveranstaltung aus dem Maschinenbau) Master AE II Kernlehrveranstaltung 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 / Module description

Modulname / Module Title Auslegung und Optimierung von Fahrzeuggetrieben **Dimensioning and Optimization of Vehicle Transmissions**					
Modul Nr. / Code 16-05-3164	**Leistungspunkte / Credit Points** 6 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 180 h	**Selbststudium / Individual study** 146 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / 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 konstruktiven 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 empfohlen. / Knowledge and skills of Mechanical Components and Mechatronics I and II as well as Innovative Machine Elements recommended
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Mündliche Prüfung (30 min) / Oral (30 min).
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Requirement for receiving credits** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE II (Kernlehrveranstaltung aus dem Maschinenbau) Master MB II SP FAS 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

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title **Elektrochemische Verfahrenstechnik** Electrochemical Process Engineering					
Modul Nr. / Code 16-76-4014	**Leistungspunkte / Credit Points** 6 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 180 h	**Selbststudium / Individual study** 135 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** WiSe
Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF/DQR)**: 7			**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr.-Ing. J. Linkhorst		

1	**Kurse des Moduls / Courses**			
	Kurs Nr. / Code	**Kursname / Course Title**	**Lehrform / Form of teaching**	**Kontaktzeit / Contact hours**
	-vl	Elektrochemische Verfahrenstechnik	Vorlesung / Lecture	34 h (3 SWS)
	-ue	Elektrochemische Verfahrenstechnik	Übung / Recitation	11 h (1 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

- Einführung in elektrochemische Verfahren
- Die Elektrochemische Zelle
- Elektrolyte und Ionenleitfähigkeit
- Elektrolytische Doppelschicht
- Elektrochemische Kinetik
- Transportprozesse an Elektroden
- Elektrochemische Reaktoren
- Elektrosynthese
- Elektrochemische Energiewandlung

- Introduction to electrochemical processes
- The electrochemical cell
- Electrolytes and ion conductivity
- Electrolytic double layer
- Electrochemical kinetics
- Transport processes at electrodes
- Electrochemical reactors
- Electrosynthesis
- Electrochemical energy conversion

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

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

1. Elektrochemische Reaktionsgleichungen aufzustellen und relevante Größen zu berechnen.
2. Typische Diagramme der Elektrochemie zu erklären und anzuwenden.
3. Limitierende Transportphänomene zu erkennen und deren Einfluss auf elektrochemische Reaktionen einzuschätzen.
4. Die Funktionsweise verschiedener Reaktortypen zu erklären.
5. Behandelte elektrochemische Energiewandlungsprozesse einzuordnen und zu bewerten.

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

1. Set up electrochemical reaction equations and calculate relevant quantities
2. Explain and apply typical diagrams in electrochemistry
3. Recognize limiting transport phenomena and assess their influence on electrochemical reactions
4. Explain the principle of operation of different types of reactors

	5. Evaluate covered electrochemical energy conversion processes
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** Wärme- und Stoffübertragung empfohlen Recommended: Heat and Mass Transfer
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** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE II (Kernlehrveranstaltung aus dem Maschinenbau) Master MB II SP SUR Master MB II SP CEPE
9	**Literatur / Literature**
	Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 11. Juli 2023. Module description accepted from academic department on 11 July 2023.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title **Energiesysteme I (Grundlagen der Energieumwandlung)** Energy Systems I					
Modul Nr. / Code 16-20-5010	**Leistungspunkte / Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 97 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** WiSe
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

5 Prüfungsform / Assessment methods

Klausur 90 min / Written exam 90 min.

6	**Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB II (Kernlehrveranstaltung aus dem Maschinenbau) Master MB II CEPE Pflicht 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.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title **Energiesysteme II (Erneuerbare Energien)** Energy Systems II (Renewable Energy)					
Modul Nr. / Code 16-20-5020	**Leistungspunkte / Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 97 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** SoSe
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 (Erneuerbare Energien)	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

5	**Prüfungsform / Assessment methods** Klausur 90 min / Written exam 90 min.
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB II (Kernlehrveranstaltung aus dem Maschinenbau) Master MB II SP CEPE 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

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Energiesysteme III (Innovative Energiewandlungsverfahren)

Energy Systems III (Innovate energy conversion procedure)

Modul Nr. / Code	Leistungspunkte / Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-20-5030	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. 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** .
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Klausur 90 min / Written exam 90 min.
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB II (Kernlehrveranstaltung aus dem Maschinenbau) Master MB II SP CEPE 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

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Mechatronik und Assistenzsysteme im Automobil

Automotive Mechatronics and Assistance Systems

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

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

1 Kurse des Moduls / Courses

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

2 Lehrinhalt / Syllabus

Sensorik zur Umfelderfassung (u.a. Ultraschall, Radar, Lidar, Kamera, Quantensensorik); Längsführungsassistenz; Querführungsassistenz; Aktive Kollisionsschutzsysteme; Planung und Regelung für automatisiertes Fahren sowie Absicherungsstrategien.

Sensor technology for environment detection (including ultrasound, radar, lidar, camera, quantum sensor technology); longitudinal guidance assistance; lateral guidance assistance; active collision protection systems; planning and control for automated driving and safeguarding strategies.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

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

1. Fahrassistenzsysteme hinsichtlich der Wirkungsweise einzuordnen.
2. Die besonderen Schwierigkeiten der Umfelderfassung anzugeben und deren Folgen für die Nutzung zu erläutern.
3. Die Wirkkette der Sensoren von Detektion über Wahrnehmung bis Umweltrepräsentation aufzuzeigen.
4. Die Grundfunktionen und die Funktionsgrenzen für Assistenz- und Automatisierungssysteme zu erläutern.
5. Herausforderungen des automatisierten Fahrens in Pkw und Lkw darzustellen und risikominimale Einführungsstrategien abzuleiten.

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

1. Structure assistance systems with regard to their mode of operation.
2. Indicate special difficulties at perceiving the vehicle's environment and describe the consequences of these difficulties when applying the system.
3. Explain the effect chain of the sensors from detection over perception up to environment representation.
4. Describe the basic functions and the function limits of assistance and automated systems.
5. Decipt challenges of automated driving in passenger cars and trucks and discuss risk minimal introduction paths.

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

Kraftfahrzeugtechnisches Grundlagenwissen empfohlen

Fundamentals of automotive engineering recommended

5	**Prüfungsform / Assessment methods** Schriftliche Prüfung 90 min oder mündliche Prüfung 45 min (inkl. Vorbereitungszeit) / Written exam 90 min or oral exam 45 min (incl. preparation time) Wird zu Beginn der Veranstaltung abhängig von den Umständen (Anzahl der Studierenden, Pandemie etc.) bekanntgegeben / Will be announced at the beginning of the term depending on the circumstances (number of students, pandemic etc.).
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB II (Kernlehrveranstaltung aus dem Maschinenbau) Master MB II FAS Pflicht 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 2. Mai 2023. Changed module description accepted from academic department on 2 May 2023.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title **Fahrdynamik und Fahrkomfort** Ride and Handling					
Modul Nr. / Code 16-27-5020	**Leistungspunkte / Credit Points** 6 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 180 h	**Selbststudium / Individual study** 123 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** WiSe
Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR):** 7			**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr.-Ing. S. Peters		

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** Grundlagen der Längs- und Querdynamik; Fahrdynamikregelsysteme; Fahrkomfort; Fahrwerkregelsysteme; Fahrdynamiktests und Applikation Longitudinal and lateral dynamics; vehicle dynamics control; handling & comfort; suspension & body control; testing & calibration			
3	**Lernergebnisse / Learning Outcomes** Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein: 1. Die Längsdynamik eines Kraftfahrzeugs abhängig von Fahr- und Reibwertbedingungen und der Auslegung 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. Maßnahmen zur Beeinflussung des Eigenlenkverhaltens zu diskutieren. 4. Die Übertragung von Seitenkräften zwischen Reifen und Fahrbahn zu erläutern und das Zusammenspiel von Längs- und Seitenkraft zu erklären. 5. Die im ESP angewandten Schätz- und Regelverfahren samt deren Bedeutung in der Fahrdynamikregelung zu erläutern. 6. Herausforderungen und Möglichkeiten der Fahrdynamik von batterielektrischen Fahrzeugen (BEV) aufzuzeigen und zu begründen. 7. Stationäre und instationäre Fahrversuche zur Beurteilung des Fahrverhaltens zu beschreiben und Rückschlüsse aus den Ergebnissen von Fahrversuchen auf das Fahrverhalten zu ziehen. On successful completion of this module, students should be able to: 1. Derive vehicle longitudinal dynamics from driving and frictional conditions as well as from the design. 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. Discuss measures to influence self-steering behavior 4. Explain the transmission of lateral forces between the road and tyre and discuss the interaction between longitudinal and lateral forces.			

	5. Explain the principal ESP estimation and control processes incl. their meaning regarding to vehicle dynamics control. 6. Discuss challenges as well as opportunities for driving dynamics of battery electric vehicles. 7. List steady and unsteady state road trials for handling and assessment and refer to results of road trials for making conclusions about handling characteristics.
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** Kraftfahrzeugtechnisches Grundlagenwissen, Grundkenntnisse dynamischer (schwingungsfähiger) Systeme empfohlen Fundamentals of automotive engineering, basic knowledge of technical mechanics (force diagram, equations of motion), basic knowledge of thermodynamics, basic knowledge of vibrations recommended
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Schriftliche Prüfung 90 min oder mündliche Prüfung 45 min / Written Exam 90 min or oral Exam 45 min. Wird zu Beginn der Veranstaltung abhängig von den Umständen (Anzahl der Studierenden, Pandemie etc.) bekanntgegeben / Will be announced at the beginning of the term depending on the circumstances (number of students, pandemic etc.).
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB II (Kernlehrveranstaltung aus dem Maschinenbau) Master MB II SP FAS 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. November 2022. Changed module description accepted from academic department on 15 November 2022.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title **Farbwiedergabe in den Medien** Colour in Media					
Modul Nr. / Code 16-17-5020	**Leistungspunkte / Credit Points** 6 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 180 h	**Selbststudium / Individual study** 146 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** WiSe
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 Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB II (Kernlehrveranstaltung 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 Flugmechanik II: Flugdynamik **Flight Mechanics II: Dynamics**					
Modul Nr. / Code 16-23-5040	**Leistungspunkte / Credit Points** 6 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 180 h	**Selbststudium / Individual study** 146 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** SoSe
Sprache / Language: Englisch / English **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	Flight Mechanics II: Dynamics	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: Flugleistungen und Systemtheorie und Regelungstechnik empfohlen Flight Mechanics I: Performance and Control Engineering recommended			
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 abhängig von den Umständen (Anzahl der Studierenden, Pandemie etc.) bekanntgegeben / Will be announced at the beginning of the term depending on the circumstances (number of students, pandemic etc.).			
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points**			

	Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB II (Kernlehrveranstaltung aus dem Maschinenbau) Master AE II Kernlehrveranstaltung 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); Anderson: Introduction to Flight (McGraw Hill); Yechout: Introduction to Aircraft Flight Mechanics (AIAA); Stevens, Lewis: Aircraft Control and Simulation (Wiley); Cook: Flight Dynamics Principles (Elsevier); Etkin, Reid: Dynamics of Flight: Stability and Control (Wiley). Course notes and further material available online. Textbooks: Anderson: Introduction to Flight (McGraw Hill); Yechout: Introduction to Aircraft Flight Mechanics (AIAA); Stevens, Lewis: Aircraft Control and Simulation (Wiley); Cook: Flight Dynamics Principles (Elsevier); Etkin, Reid: Dynamics of Flight: Stability and Control (Wiley).

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title Flugantriebe **Flight Propulsion**					
Modul Nr. / Code 16-04-4134	**Leistungspunkte / Credit Points** 8 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 240 h	**Selbststudium / Individual study** 194 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** SoSe
Sprache / Language: Englisch / English **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**
	-vl	Flight Propulsion	Vorlesung / Lecture	46 h (4 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Flugantriebsarten; Leistungsparameter; Wirkungsgrade; Aufbau eines Strahltriebwerks; Zustandsänderungen in den Triebwerkskomponenten; Kreisprozess; Einlauf; Düse; Verdichter; Turbine; Brennkammer; Betriebsverhalten; Triebwerksregelung; Lärm; Nachbrenner; Zweikreistriebwerke; Wellenleistungstriebwerke; Staustrahltriebwerke; Raketentriebwerke

Types of flight propulsion; performance parameter; efficiencies; engine architecture; change of state in engine components; thermodynamic cycle of an aero engine; inlet; nozzle; compressor; turbine; combustor; off-design performance; controls; noise production; by-pass engines; turboshaft engines; afterburner; ramjets; rocket engines;

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

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

1. Die Flugantriebsarten zu klassifizieren.
2. Die Funktionsweise eines einfachen, luftatmenden Strahltriebwerks zu erklären.
3. Die Schubkraft, Leistungsparameter und Wirkungsgrade eines Triebwerks herzuleiten.
4. Die Kreisprozesse unterschiedlicher Triebwerkstypen darzustellen und zu erläutern.
5. Die Auswirkungen verschiedener Kreisprozessparameter (z.B. Turbineneintrittstemperatur, Druckverhältnis) auf die Leistungs-parameter mit Hilfe des Kreisprozesses zu erklären.
6. Die Kernkomponenten eines Strahltriebwerks, die spezifischen Komponenteneigenschaften und -funktionsweisen zu erläutern.
7. Die jetzigen und zukünftigen Anforderungen an ein Triebwerk aufzulisten sowie deren Bedeutung für die Komponenten, deren Auswirkung auf die Verlustmechanismen und Schadstoffentstehung zu erklären.
8. Die Kennfelder eines Verdichters/einer Turbine zu erklären.
9. Den Regelkreis eines Triebwerks zu erläutern.
10. Die Ursachen der Lärmentstehung bei einem Triebwerk zu erläutern und Maßnahmen zur Lärmreduktion zu entwickeln.
11. Die spezifischen Eigenheiten luftatmender Triebwerkstypen, die Abwandlungen des einfachen Strahltriebwerkes (z.B. Nebenstromtriebwerk, Triebwerk mit Nachverbrennung, Wellentriebwerk) sowie deren Anwendungsbereiche, Vor- und Nachteile zu beschreiben.
12. Die Eigenheiten und Funktionsweise von Staustrahltriebwerken zu erklären.
13. Die Eigenheiten und Funktionsweise von Raketenantrieben zu erklären und die Abgrenzung von Raketentriebwerken zu luftatmenden Triebwerken vorzunehmen.

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

1. Classify the types of flight propulsion.
2. Explain the operating principle of a simple airbreathing jet engine.
3. Derive the thrust, performance parameter and efficiencies of jet engine.

	4. Depict and comment the thermodynamic cycle of different types of flight propulsion. 5. Assess the impact of different cycle parameters (e.g. turbine inlet temperature, pressure ratio) on the engine performance with help of the thermodynamic cycle. 6. Outline the components of a jet engine, their function and their key characteristics. 7. Outline today's and future requirements of an aero engine and explain the consequences for the components, the loss mechanisms and emissions. 8. Explain the the component characteristics of a compressor/turbine 9. Explain the control circuit of an airbreathing engine. 10. Explain the sources for noise generation in a jet engine and derive measures for noise reduction. 11. Describe the function and characteristical features of derivatives of a single-spool jet engine (e.g. by-pass jet engine, jet engine with afterburning, turboshaft engine), their field of application and their advantages and disadvantages 12. Explain the architecture and function of a ram-jet engine *13.* Explain and compare the different types of rocket engines and differentiate air breathing jet engines and rocket engines.
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** Grundlagenkenntnisse in Thermodynamik und Strömungslehre (hier insbesondere kompressible Strömung) empfohlen Basic knowledge in thermodynamics and fluid mechanics (especially compressible flow) recommended
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Klausur (90 min) oder mündliche Prüfung (30 min) / Written (90 min) or oral exam 30 min. Wird zu Beginn der Veranstaltung abhängig von den Umständen (Anzahl der Studierenden, Pandemie etc.) bekanntgegeben / Will be announced at the beginning of the term depending on the circumstances (number of students, pandemic etc.).
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB II (Kernlehrveranstaltung aus dem Maschinenbau) Master AE II Kernlehrveranstaltung WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature** Skript Flugantriebe und Gasturbinen (German) Vorlesungsfolien inklusive der Tonaufnahme von der Vorlesung (auf der Homepage des Fachgebiets abrufbar, www.glr.maschinenbau.tu-darmstadt.de). Rick, H.: Gasturbinen und Flugantriebe, Springer Vieweg (Deutsch)) Cumpsty, N. A.: Compressor Aerodynamics, Krieger Publishing (Englisch) Cumpsty, N. A.: Jet Propulsion, Cambridge Engine Technology Series (Englisch) Anderson, J.D.: Modern Compressible Flow, Mc Graw Hill (Englisch) Lecture notes Flight Propulsion and Gas Turbines (German) Lecture slides including voice recording of the lecture (accessible via homepage of the institute, www.glr.maschinenbau.tu-darmstadt.de). Rick, H.: Gasturbinen und Flugantriebe, Springer Vieweg (German) Cumpsty, N. A.: Compressor Aerodynamics, Krieger Publishing (English) Cumpsty, N. A.: Jet Propulsion, Cambridge Engine Technology Series (English) Anderson, J.D.: Modern Compressible Flow, Mc Graw Hill (English)

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title					
Grundlagen der Raumfahrtsysteme **Fundamentals of Space Systems**					
Modul Nr. / Code 16-23-3134	**Leistungspunkte / Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 97 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** WiSe
Sprache / Language: Englisch / English **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	Fundamentals of Space Systems	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

5 Prüfungsform / Assessment methods

	Mündliche (20 min) oder schriftliche Prüfung (90 min) / Oral (20 min) or written exam (90 min). Wird zu Beginn der Veranstaltung abhängig von den Umständen (Anzahl der Studierenden, Pandemie etc.) bekanntgegeben / Will be announced at the beginning of the term depending on the circumstances (number of students, pandemic etc.).
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Requirement for receiving credits** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB II (Kernlehrveranstaltung aus dem Maschinenbau) Master AE II Kernlehrveranstaltung 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

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title **Grenzflächenverfahrenstechnik** Interfacial Engineering					
Modul Nr. / Code 16-15-5050	**Leistungspunkte / Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 97 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** SoSe
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 Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB II (Kernlehrveranstaltung aus dem Maschinenbau) Master PST Pflicht Master MB II SP CEPE
9	**Literatur / Literature** Skript wird in Moodle bereitgestellt. Lecture notes will be made available via Moodle.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title **Grundlagen der Adaptronik** Fundamentals of Adaptronics					
Modul Nr. / Code 16-26-5030	**Leistungspunkte / Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 97 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** WiSe
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 empfohlen / vibration technology recommended
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Mündliche Prüfung 30 min / Oral exam 30 min.
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB II (Kernlehrveranstaltung 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 16-26-5070	**Leistungspunkte / Credit Points** 6 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 180 h	**Selbststudium / Individual study** 146 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** WiSe
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 120 min / Written exam 120 min
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB II (Kernlehrveranstaltung aus dem Maschinenbau) Master MB II SP FAS 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 Hochtemperaturwerkstoff- und Bauteilverhalten **High Temperature Materials Behaviour**					
Modul Nr. / Code 16-08-5120	**Leistungspunkte / Credit Points** 6 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 180 h	**Selbststudium / Individual study** 146 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** WiSe
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 / Oral (45 min) or written exam 60 min. Wird zu Beginn der Veranstaltung abhängig von den Umständen (Anzahl der Studierenden, Pandemie etc.) bekanntgegeben / Will be announced at the beginning of the term depending on the circumstances (number of students, pandemic etc.).
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB II (Kernlehrveranstaltung aus dem Maschinenbau) Master AE II Kernlehrveranstaltung 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

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Höhere Wärmeübertragung (Verdampfung und Kondensation)

Advanced Heat Transfer

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

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 zu dimensionieren.

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. Wird zu Beginn der Veranstaltung abhängig von den Umständen (Anzahl der Studierenden, Pandemie etc.) bekanntgegeben / Will be announced at the beginning of the term depending on the circumstances (number of students, pandemic etc.).
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB II (Kernlehrveranstaltung aus dem Maschinenbau) Master MB II SP CEPE 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					
Einführung in die Finite Elemente Methode **Introduction to the Finite Element Method**					
Modul Nr. / Code 16-73-5030	**Leistungspunkte / Credit Points** 6 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 180 h	**Selbststudium / Individual study** 135 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / 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) Wird zu Beginn der Veranstaltung abhängig von den Umständen (Anzahl der Studierenden, Pandemie etc.) bekanntgegeben / Will be announced at the beginning of the term depending on the circumstances (number of students, pandemic etc.).
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Requirement for receiving credits** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB II (Kernlehrveranstaltung 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

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title
Grundlagen der Turbulenz

Introduction to Turbulence

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

Sprache / Language: Englisch / English **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	Introduction to Turbulence	Vorlesung / Lecture	34 h (3 SWS)
-ue	Introduction to Turbulence	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. Knowthe 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 Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB II (Kernlehrveranstaltung aus dem Maschinenbau) Master AE II Kernlehrveranstaltung 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

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title **Kreislaufwirtschaft und Recycling** Circular economy and recycling					
Modul Nr. / Code 16-16-4274	**Leistungspunkte / Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 97 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** SoSe
Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF/DQR)**: 7			**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr.-Ing. Samuel Schabel		

1	**Kurse des Moduls / Courses**			
	Kurs Nr. / Code	**Kursname / Course Title**	**Lehrform / Form of teaching**	**Kontaktzeit / Contact hours**
	-vl	Kreislaufwirtschaft und Recycling	Vorlesung / Lecture	23 h (SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

- Grundlagen der Kreislaufwirtschaft und deren gesellschaftliche und wirtschaftliche Relevanz
- Geschäftsmodelle von „Circular Supply Chains“
- Recycling als Basis-Baustein für Geschäftsmodelle der Kreislaufwirtschaft
- Anforderungen an Sammelsysteme für Recyclingmaterialien
- Bewertungsmethoden und –Zertifikate für rezyklierbare Produkte
- Am Beispiel der Papierwirtschaft: Sammelsysteme und deren technologische Entwicklung, Aufbereitungsprozesse des Recyclings (Zerkleinern, Trennen, Bewerten), Zusammenhang mehrstufiger Trennprozesse und Produktqualität
- Umgang mit verunreinigten Recyclingmaterialien, Handhabung von Reststoffen und Prozesswasser

- Basics of a circular economy and relevance for society and economy
- Business models in a circular economy
- Recycling as a basis for business models in a circular economy
- Demands on collection systems for recyclable products
- Evaluation methods and certificates for recyclable products
- Collection systems, the development of collection systems and separation processes with a focus on the paper industry as most relevant recycling industry (disintegration, separation, evaluation), effect of multi-stage separation processes on product quality
- Handling of contaminated recycling materials and of residues and process water

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 Sekundärrohstoffen 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 Sekundärrohstoffen auf neue Fragestellungen anzuwenden.

	5. Produkte hinsichtlich ihrer Rezyklierbarkeit zu bewerten. 6. Wertschöpfungsketten hinsichtlich ihrer Eignung für Kreislaufwirtschaft zu analysieren und zu bewerten. On successful completion of this module, students should be able to: 1. Explain how to solve engineering problems in the field of secondary raw material processing by modelling physical effects, solving balance equations and simulation. 2. Design concepts for separation processes and compare different concepts systematically. 3. Identify potential for technical optimisation in processes and optimise such processes. 4. Transfer the solutions discussed in the course to new engineering problems in the field of secondary raw material processing. 5. Evaluate the recyclability of products. 6. Analyse and evaluate the suitability of value chains for a circular economy.
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** Empfohlen: Einführung in die Mechanische Verfahrenstechnik; Mechanische Trennverfahren Recommended: Introduction into Mechanical Process Engineering; Mechanical Separation Processes
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Mündliche (30 min) oder schriftliche Prüfung (90 min) Oral (30 min) or written exam 90 min Wird zu Beginn der Veranstaltung abhängig von den Umständen (Anzahl der Studierenden, Pandemie etc.) bekanntgegeben / Will be announced at the beginning of the term depending on the circumstances (number of students, pandemic etc.).
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Requirement for receiving credits** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB II (Kernlehrveranstaltung aus dem Maschinenbau) Master MB II SUR Pflicht Master PST Pflicht
9	**Literatur / Literature** Vorlesungsunterlagen und Material per Down load / Lecture notes are available during the course

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title
Lasermesstechnik

Laser Measurement Technology

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

Sprache / Language: Englisch / English **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	Laser Measurement Technology	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)
-ue	Laser Measurement Technology	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 Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB II (Kernlehrveranstaltung aus dem Maschinenbau) Master AE II Kernlehrveranstaltung 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	Leistungspunkte / Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-09-5170	6 CP	180 h	135 h	1 Semester	WiSe

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 Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB II (Kernlehrveranstaltung aus dem Maschinenbau) Master MB II SP SUR Master MB II SP DbPR 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)

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title Leichtbau I **Lightweight Engineering I**					
Modul Nr. / Code 16-12-5040	**Leistungspunkte / Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 86 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** SoSe
Sprache / Language: Englisch / English **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	Lightweight Engineering I	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)
-ue	Lightweight Engineering 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 Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB II (Kernlehrveranstaltung aus dem Maschinenbau) Master AE II Kernlehrveranstaltung Master MB II SP SUR WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für 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.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title Leichtbau II **Lightweight Engineering II**					
Modul Nr. / Code 16-12-5050	**Leistungspunkte / Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 86 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** SoSe
Sprache / Language: Englisch / English **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	Lightweight Engineering II	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)
	-ue	Lightweight Engineering 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 Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB II (Kernlehrveranstaltung aus dem Maschinenbau) Master AE II Kernlehrveranstaltung Master MB II SP SUR WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für 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.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title **Management industrieller Produktion** Management of Industrial Production					
Modul Nr. / Code 16-09-5040	**Leistungspunkte / Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 97 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** WiSe
Sprache / Language: Deusch/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**
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Klausur 90 min / Written exam 90 min.
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB II (Kernlehrveranstaltung aus dem Maschinenbau) Master MB II SP DbPR 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 **Mechanische Trennverfahren** Mechanical separation processes					
Modul Nr. / Code 16-16-3254	**Leistungspunkte / Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 97 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** SoSe
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	Mechanische Trennverfahren	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)

2 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

3 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 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 25 min / Oral exam 25 min.
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Requirement for receiving credits** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master PST IV (Kernlehrveranstaltungen der Papiertechnik) WPB Master MB II (Kernlehrveranstaltung aus dem Maschinenbau) Master MB II CEPE Pflicht Master MB II SP SUR
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 / Module description

Modulname / Module Title Mechatronische Systemtechnik I **Mechatronic Systems I**					
Modul Nr. / Code 16-24-5020	**Leistungspunkte / Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 74 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** WiSe
Sprache / Language: Englisch / English **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	Mechatronic Systems I	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)
	-ue	Mechatronic Systems 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 Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.			
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)			

8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB II (Kernlehrveranstaltung aus dem Maschinenbau) Master MB II SP SUR Master MB II SP FAS Master AE II Kernlehrveranstaltung WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature** Skriptum lectures notes

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title
Mechatronische Systemtechnik II

Mechatronic Systems II

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

Sprache / Language: Englisch / English **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	Mechatronic Systems II	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)
-ue	Mechatronic Systems 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 Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points

	Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB II (Kernlehrveranstaltung aus dem Maschinenbau) Master MB II SP SUR Master MB II SP FAS Master AE II Kernlehrveranstaltung 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, E.: Funktionale Sicherheit in der Praxis.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Mehrkörperdynamik

Multibody Dynamics

Modul Nr. / Code	Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-25-4204	6 CP	180 h	135 h	1 Semester	WiSe

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	Mehrkörperdynamik	Vorlesung / Lecture	34 h (3 SWS)
-ue	Mehrkörperdynamik	Gruppenübung / Group Recitation	11 h (1 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Einführung in die Mehrkörperdynamik.
Kinematik des Starrkörpers; Translation und Rotation räumlicher Bewegungen.
Formulierung von Bindungsgleichungen; Definition von verallgemeinerten Koordinaten und virtuellen Verschiebungen.
Kinematik von Mehrkörpersystemen; baumstrukturierte Systeme und Systeme mit Schleifen.
Kinetik von Starrkörpersystemen; Schwerpunktsatz und Drallsatz; Aufstellen von Bewegungsgleichungen in Absolutkoordinaten und in Relativkoordinaten.
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; definition of generalized coordinates and virtual displacements.
Kinematics of multibody systems; tree-structured systems and systems with closed loops.
Kinetics of multibody systems; Newton´s law and Euler´s law; formulation of the equations of motion using absolute coordinates and relative coordinates.
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. Räumliche Bewegungen eines Starrkörpers mathematisch zu beschreiben.
2. Systeme von starren Körpern kinematisch zu beschreiben und deren Bewegungen zu analysieren.
3. Die Bewegungsgleichungen für räumliche Mehrkörpersysteme zu formulieren.
4. 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 spatial multibody systems.
3. Derive the equations of motion for spatial multibody systems.

	4. 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** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB II (Kernlehrveranstaltung aus dem Maschinenbau) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik) WI/MB, Master Mechatronik, Mechanik, ETIT, CE
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. Schiehlen, W.; Eberhard, P.: „Technische Dynamik“, 5. Auflage, Vieweg-Teubner, 2017.
	Kommentar Geänderte Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 5. Juli 2022. Changed module description accepted from academic department on 5 Jule 2022.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title
Modellierung turbulenter Strömungen

Modeling of Turbulent Flows

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

Sprache / Language: Englisch / English **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	Modeling of Turbulent Flows	Vorlesung / Lecture	45 h (4 SWS)
-ue	Modeling of Turbulent Flows	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** Klausur 90 min oder mündliche Prüfung 20 min / Written exam 90 min or oral exam 20 min Wird zu Beginn der Veranstaltung abhängig von den Umständen (Anzahl der Studierenden, Pandemie etc.) bekanntgegeben / Will be announced at the beginning of the term depending on the circumstances (number of students, pandemic etc.).
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB II (Kernlehrveranstaltung aus dem Maschinenbau) Master AE II Kernlehrveranstaltung Master MB II SP CEPE WPB Master PST III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft)
9	**Literatur / Literature** Vorlesungsfolien und eine deutsche Aufzeichnung der Vorlesung werden in Moodle bereitgestellt. Weiterführende Literatur wird in der Vorlesung erläutert. Lecture slides and a German recording of the lecture will be made available via Moodle. Further literature will be outlined in the lecture.
	Geänderte Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 9. November 2021. Changed module description accepted from academic department on 9 November 2021.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title **Nano- und Mikrofluidik I** Nano- and Microfluidics I					
Modul Nr. / Code 16-15-5190	**Leistungspunkte / Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 86 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** WiSe
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 zu 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 Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB II (Kernlehrveranstaltung 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 16-15-5220	**Leistungspunkte / Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 86 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** SoSe
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 Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB II (Kernlehrveranstaltung 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	Leistungspunkte / Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-25-5150	6 CP	180 h	135 h	1 Semester	SoSe

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**
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Schriftliche Prüfung (120 min) oder mündliche Prüfung (30 min). Written exam (120 min) or oral exam (30 min). Wird zu Beginn der Veranstaltung abhängig von den Umständen (Anzahl der Studierenden, Pandemie etc.) bekanntgegeben / Will be announced at the beginning of the term depending on the circumstances (number of students, pandemic etc.).
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB II (Kernlehrveranstaltung 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.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Numerische Strömungssimulation

Numerical Simulation of Flows

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

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 Prinizipien 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 Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB II (Kernlehrveranstaltung aus dem Maschinenbau) Master MB II SP CEPE 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 16-08-5060	**Leistungspunkte / Credit Points** 6 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 180 h	**Selbststudium / Individual study** 146 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** WiSe
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 metallphysikalische 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. Wird zu Beginn der Veranstaltung abhängig von den Umständen (Anzahl der Studierenden, Pandemie etc.) bekanntgegeben / Will be announced at the beginning of the term depending on the circumstances (number of students, pandemic etc.).
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB II (Kernlehrveranstaltung 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 Physikbewusstes maschinelles Lernen **Physics-aware Machine Learning**					
Modul Nr. / Code 16-73-4144	**Credits** 6 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 180 h	**Selbststudium / Individual study** 135 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / 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	Physics-aware Machine Learning	Vorlesung / Lecture	34 h (3 SWS)
	-ue	Physics-aware Machine Learning	Übung / Recitation	11 h (1 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

- Physikbewusstes maschinelles Lernen (ML) vereint klassische, physikbasierte Modellierungsansätze mit ML-Methoden, um die Generalisierungsfähigkeiten, Interpretierbarkeit, Robustheit, Verlässlichkeit und Effizienz von ML-Methoden in Ingenieursanwendungen zu verbessern
- Einführung in ML-Methoden und deren wesentliche theoretische Eigenschaften, darunter insbes. künstliche neuronale Netze (Approximationsfähigkeiten, Training, Gradienten, etc.)
- Grundlagen der physikbasierten Modellierung und Simulation mittels Differentialgleichungen und geeigneter Zeit- und Orts-Diskretisierungsverfahren (z.B. Zeitintegration und Finite Elemente)
- Physikbasierte und datengetriebene Modellreduktion und Surrogat-Modellierung (z.B. Modalanalyse, orthogonale Zerlegungen, Kriging, Kernel-Methoden, u.Ä.)
- Mathematische Wissensrepräsentationen von Erhaltungsgleichungen & -größen, Symmetrien, Invarianzen, usw. für physikbewusstes ML
- Konstruktionsprinzipien zur Information oder Augmentierung von ML-Methoden durch entsprechende Gestaltung von Trainingsdaten, Hypothesen für Eingangs- und Ausgangsgrößen der ML-Modelle, ML-Modellarchitekturen, oder Lern- bzw. Trainingsalgorithmen
- Methoden umfassen z.B. Sobolev-Training, konvexe & monotone NN, physikinformierte NN (PINNs), Langrangesche NN, neurale Operatoren, stochastische NN, rekurrente NN, faltende NN, Graphen-NN, Autoencoder, generative NN, Gaußsche Prozesse & Kernel-Methoden, u.Ä.
- Anwendungen und Beispiele für Festkörpermechanik, Strukturdynamik, Materialmodellierung, dynamische Systeme, Multiskalen- und Multiphysik-Probleme, (additive) Fertigungsprozesse, digitale Zwillinge, u.Ä.

- Physics-aware machine learning (ML) combines classical, physics-based modeling approaches with ML methods to improve the generalization capabilities, interpretability, robustness, reliability and efficiency of ML methods in engineering applications
- Introduction to ML methods and their essential theoretical properties, including in particular artificial neural networks (approximation capabilities, training, gradients, etc.)
- Foundations of physics-based modeling and simulation using differential equations and suitable temporal and spatial discretization methods (time integration and finite elements)
- Physics-based and data-driven model order reduction and surrogate modeling (e.g. modal analysis, orthogonal decompositions, kriging, kernel methods, etc.)
- Mathematical knowledge representations of conservation equations & quantities, symmetries, invariances, etc. for physics-aware ML
- Construction principles for informing or augmenting ML methods through appropriate design of training data, hypotheses for input and output variables of ML models, ML model architectures, or learning or training algorithms
- Methods include e.g. Sobolev training, convex & monotonic NNs, physics informed NNs (PINNs), Langrangian NNs, neural operators, stochastic NNs, recurrent NNs, convolutional NNs, graph NNs, autoencoders, generative NNs, Gaussian processes & kernel methods, etc.
- Applications and examples for solid mechanics, structural dynamics, material modeling, dynamic systems, multiscale and multiphysics problems, (additive) manufacturing processes, digital twins, etc.

3	**Lernergebnisse / Learning Outcomes** Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls sollten die Studierenden in der Lage sein: 1. Anwendungsmöglichkeiten für physikbewusstes maschinelles Lernen in der ingenieurwissenschaftlichen Modellierung und Simulation zu kennen und identifizieren zu können 2. Physikalische und mathematische Eigenschaften wie Energieerhaltung, Symmetrien, Invarianzen und Lösbarkeitsanforderungen mathematisch zu formalisieren 3. Grundlegende Ansätze und Algorithmen des physikbewussten ML beschreiben, erläutern und diskutieren zu können 4. Passende physikinformierte und physikaugmentierte Modellarchitekturen mit neuronalen Netzen für verschiedene Anwendungsfelder erläutern und evaluieren zu können 5. Die verbesserten Generalisierungsfähigkeiten, Interpretierbarkeit, Robustheit, Verlässlichkeit und Effizienz von physikbewussten ML-Konzepten erläutern und erklären zu können On successful completion of this module, students should be able to: 1. Know and identify possible applications for physics-aware machine learning in engineering modeling and simulation 2. Mathematically formalize physical and mathematical properties such as energy conservation, symmetries, invariances and solvability requirements 3. Describe, explain and discuss basic approaches and algorithms of physics-aware ML 4. Explain and evaluate suitable physics-informed and physics-augmented model architectures with neural networks for various fields of application 5. Describe and explain the improved generalization capabilities, interpretability, robustness, reliability and efficiency of physics-aware ML concepts
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** Grundkenntnisse in Maschinellem Lernen, physikalischer Modellierung und numerischer Simulation (insbes. Differentialgleichungen, Zeitintegration, Finite Elemente) sind empfohlen Basic knowledge on machine learning, physical modelling and numerical simulation (in particular differential equations, time integration, finite elements) is recommended
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 abhängig von den Umständen (Anzahl der Studierenden, Pandemie etc.) bekanntgegeben / Will be announced at the beginning of the term depending on the circumstances (number of students, pandemic etc.).
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** Master MBSE WPB II (Kernlehrveranstaltungen aus dem Maschinenbau) Master Computational Engineering Master Mechanik
9	**Literatur / Literature** S.J.D. Prince: “Understanding Deep Learning”, MIT Press, 2023 S. Kollmannsberger, D. Davide, M. Jokeit, L. Herrmann: “Deep Learning in Computational Mechanics”, Springer, 2021 S.L. Brunton, J.N. Kutz: “Data-Driven Science and Engineering”, Cambridge University Press, 2022 S. Cuomo, V.S. di Cola, F. Giampaolo, G. Rozza, M. Raissi, F. Piccialli: “Scientific Machine Learning through Physics-Informed Neural Networks: Where we are and What's next”, Journal of Scientific Computing 92:88, 2022
	Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 6. Februar 2024. Module description accepted from academic department on 6 February 2024.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title **Prozesse der Papier- und Fasertechnik** Unit Operations of Paper and Fiber Material Production					
Modul Nr. / Code 16-16-3054	**Leistungspunkte / Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 97 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** WiSe
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 25 min / Oral exam 25 min.
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB II (Kernlehrveranstaltung aus dem Maschinenbau) Master MB II SP CEPE Master PST Pflicht
9	**Literatur / Literature** Elektronisches Lehrmaterial über die Moodle-Lehrplattform Electronic teaching material via the Moodle platform

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Qualitätsmanagement

Quality Management

Modul Nr. / Code	Leistungspunkte / Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-09-4254	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. J. Metternich, Prof. Dr.-Ing. P. Groche

1 Kurse des Moduls / Courses

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

2 Lehrinhalt / Syllabus

Die Vorlesung soll Studierenden des Masterstudiums die grundlegenden Begriffe und Methoden des in der produzierenden Industrie etablierten Qualitätsmanagements vermitteln. Darüber hinaus werden die Grundlagen industrieller Messtechnik und aktuelle Entwicklungen im Bereich der Datenakquisition und –weiterverarbeitung vermittelt. Schließlich wird ein Ausblick auf neue Möglichkeiten der (präventiven) Qualitätssicherung unter Einbeziehung von Prozessdaten gegeben. Im Einzelnen werden folgende Themen behandelt:

- Aufbau eines Qualitätsmanagement-Systems
- Führung und Verantwortlichkeiten
- Vorausplanung der Qualität und Instrumente (APQP, QFD, FMEA, 8D, …)
- Maschinen- und Prozessfähigkeit, Statistische Prozesskontrolle
- Operative Qualitätssicherung in Fertigung und Montage
- Software zur operativen Qualitätssicherung
- Mess- und Prüfmittel, Digitale Messtechnik, Messgenauigkeit, Präzision
- Akquisition von Prozess- und Werkstückdaten, Vor- und Weiterverarbeitung – aktuelle Entwicklungen und Möglichkeiten
- Qualitätsmonitoring und –prädiktion durch Prozessdatenüberwachung und Machine Learning
- Systematische Problemlösung
- Kontinuierliche Verbesserung
- Audits als Instrument systematischer Verbesserung des Q-Managements

The lecture is intended to teach students of the master's program the basic concepts and methods of quality management established in the manufacturing industry. In addition, the basics of industrial metrology and current developments in the field of data acquisition and processing will be taught. Finally, an outlook on new possibilities of (preventive) quality assurance including process data will be given. The following topics will be dealt with in detail:

- Structure of a quality management system
- Management and responsibilities
- Advance planning of quality and instruments (APQP, QFD, FMEA, 8D, ...)
- Machine and process capability, statistical process control
- Operational quality assurance in production and assembly
- Software for operative quality assurance
- Measuring and testing equipment, digital measuring technology, measurement accuracy and precision
- Acquisition of process and workpiece data, pre- and post-processing - current final developments and possibilities

	• Quality monitoring and prediction through process data monitoring and machine learning • Systematic problem solving • Continuous improvement • Audits as an instrument for systematic improvement of Q-management
3	**Lernergebnisse / Learning Outcomes** Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein: 1. Den Aufbau eines Qualitätsmanagement-Systems zu erklären (Aufbau- und Prozessorganisation). 2. Die Methoden zur präventiven Qualitätssicherung in Produkt- und Prozessentwicklung zu erklären. 3. Eine einfache Produkt- und Prozess-FMEA zu erstellen. 4. Die Maschinen- und Prozessfähigkeit zu bestimmen. 5. Den Aufbau einer Qualitätsregelkarte und die grundlegende Statistik dahinter zu erklären. 6. Die geeignete Messtechnik für den jeweiligen Prüfauftrag auszuwählen. 7. Den Aufbau wichtiger Messmittel für die Produktion zu erklären. 8. Aufzuzeigen, wie Prozessdaten aus Maschinen- und Anlagen gewonnen werden können. 9. Zu erklären, wie sich die klassische operative Qualitätssicherung durch Methoden der Datenanalyse und des Machine Learning ergänzen lässt. 10. Darzulegen, wie sich ein Qualitätsmanagement-System systematisch weiterentwickeln lässt. After the students have successfully completed the course unit, they should be able to 1. Explain the structure of a quality management system (structural and process organisation) 2. Explain the methods of preventive quality assurance in product and process development. 3. Create a simple product and process FMEA. 4. Determine machine and process capability. 5. Explain the structure of a quality control chart and the basic statistics behind it. 6. Select the appropriate measurement technique for the respective inspection order. 7. Explain the structure of important measuring equipment for production. 8. Show how process data can be obtained from machines and plants. 9. Explain how classical operational quality assurance can be supplemented by methods of data analysis and machine learning. 10. Explain how a quality management system can be systematically developed further.
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 Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB II (Kernlehrveranstaltung aus dem Maschinenbau) Master MB II DbPR Pflicht WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature** Hinweise zu Beginn der Vorlesung. / References at the beginning of the lecture.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title					
Robotik in der Industrie: Grundlagen und Anwendungen **Robotics in Industry: Fundamentals and Applications**					
Modul Nr. / Code 16-24-3124	**Leistungspunkte / Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 86 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** WiSe
Sprache / Language: Englisch / English **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	Robotics in Industry: Fundamentals and Applications	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)
	-ue	Robotics in Industry: Fundamentals and Applications	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** Klausur (60 min) oder mündliche Prüfung (30 min) / Written (60 min) or oral exam (30 min) Wird zu Beginn der Veranstaltung abhängig von den Umständen (Anzahl der Studierenden, Pandemie etc.) bekanntgegeben / Will be announced at the beginning of the term depending on the circumstances (number of students, pandemic etc.).
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Requirement for receiving credits** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB II (Kernlehrveranstaltung aus dem Maschinenbau) Master MB II SP DbPR 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).

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Raumfahrtsysteme und Raumfahrtbetrieb

Space Systems and Operations

Modul Nr. / Code	**Leistungspunkte / Credit Points**	**Arbeitsaufwand / Work load**	**Selbststudium / Individual study**	**Moduldauer / Duration**	**Angebotsturnus / Semester**
16-23-3194	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. R. Bertrand

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	**Kursname / Course Title**	**Lehrform / Form of teaching**	**Kontaktzeit / Contact hours**
-vl	Space Systems and Operations	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 (90 min) / Oral (20 min) or written exam (90 min). Wird zu Beginn der Veranstaltung abhängig von den Umständen (Anzahl der Studierenden, Pandemie etc.) bekanntgegeben / Will be announced at the beginning of the term depending on the circumstances (number of students, pandemic etc.).
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Requirement for receiving credits** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE II (Kernlehrveranstaltungen) Master AE II Kernlehrveranstaltung 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

SKIZZE: Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title **Sustainable Product Development** Nachhaltige Produktentwicklung					
Modul Nr. / Code 16-	**Leistungspunkte / Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 64-97 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** tbd
Sprache / Language: tbd **Level (EQF / DQR):** 7			**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** tbd		

1 Kurse des Moduls / Courses

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

2 Lehrinhalt / Syllabus

- Dreisäulenmodell der Nachhaltigkeit;
- Produktlebenszyklus aus Perspektive der Nachhaltigkeit
- ausgewählte Metriken zur Bewertung: ökologischer-, CO2- und Wasserfußabdruck, Life Cycle Assessment, Eco-indicator 99;
- Bewertung, Analyse und Konstruktionsmethoden für
  - hohe Robustheit, Langlebigkeit und Reparierbarkeit von Produkten,
  - recyclinggerechte Produkte (vgl. u.A. VDI-Richtlinie 2243),
  - umweltgerechte Produkte (EcoDesign);
- Bewertung, Analyse und Einflussmöglichkeiten der Nachhaltigkeit in der Produktion (Energieverbrauch der Anlagen, Arbeitsbedingungen);
- Überblick und Konstruktionshinweise zu nachhaltigen Werkstoffen (u.A. Papier und biobasierter Faserwerkstoffe) und materialsparenden Konstruktionsweisen (u.A. Leichtbau)
- Kennzeichnungen, Normen und gesetzliche Auflagen;
- Abschätzung von sozialem Einfluss und Folgen von technischen Produkten sowie deren Herstellung und Nutzung.
- Marktanalyse, alternative Vetriebskonzepte und Geschäftsmodelle (Carsharing, Mehrweg vs. Einweg, Product-Service systeme)

Ergänzung der Vorlesung durch:

- Übung anhand von Praxisbeispielen (z.B. Lebenszyklusanalyse Staubsauger, Konstruktionsbeispielen)
- Exkursionen
- studentische Projekte (vgl. ehemaliges Tutorium „Sustainable Innovations - Entwicklung nachhaltiger Produkte“), z.B. Lebenszyklusanalyse, Konstruktionsprojekt beispielhafter Produkte

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

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

1. Das Konzept der Nachhaltigkeit und seine Bedeutung für die Produktentwicklung zu erkennen und zu formulieren.
2. Verschiedene Indikatoren und Metriken für die Bewertung der Nachhaltigkeit technischer Produkte zu kennen, die Bedeutung einzuordnen und anzuwenden.

	3. Konstruktionsmethoden zur Gestaltung nachhaltiger Produkte bewusst einsetzten zu können und dabei den kompletten Produktlebenszyklus zu beachten. 4. Geeignete Konstruktionswerkstoffe bewerten, auszuwählen und einsetzen zu können, materialsparende Konstruktionsweisen anwenden zu können. 5. Die Bedeutung verschiedener Kennzeichnungen von Produkten erläutern und diese auswählen zu können. Einen Überblick über wichtige Normen und Gesetze geben zu können und sich dessen Bedeutung bewusst zu sein. 6. Verschiedene Geschäftsmodelle einordnen und ihren Bedeutung für die Vermarktung und Finanzierung von nachhaltigen Produkte bewerten zu können.
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation**
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Klausur (90 min) oder mündliche Prüfung (30 min) / written (90 min) or oral exam (30 min). Wird zu Beginn der Veranstaltung abhängig von den Umständen (Anzahl der Studierenden, Pandemie etc.) bekanntgegeben / Will be announced at the beginning of the term depending on the circumstances (number of students, pandemic etc.).
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB II (Kernlehrveranstaltung aus dem Maschinenbau) Master MB II SP SUR WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik) Master Mechatronik Master Wirtschaftsingenieurwesen – technische Fachrichtung Maschinenbau
9	**Literatur / Literature** Empfohlene Bücher: Pahl, Beitz: Konstruktionslehre - Grundlagen erfolgreicher Produktentwicklung, Springer Verlag Rosemann, Mörtl, Crone (2018): Handbuch Konstruktion - Recyclinggerechtes Konstruieren, Carl Hanser Verlag. Birkhofer, Schulze, Zhao, Sarnes (2018): Handbuch Konstruktion - Umweltgerechtes Konstruieren, Carl Hanser Verlag.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Technical Operations Research – Optimierung von technischen Systemen

Technical Operations Research – Optimization of Technical Systems

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

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** Mathematik I + II und Grundlagen der Turbomaschinen und Fluidsysteme empfohlen mathematics I +II and fundamentals of turbomachinery and fluid systems recommended
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 abhängig von den Umständen (Anzahl der Studierenden, Pandemie etc.) bekanntgegeben / Will be announced at the beginning of the term depending on the circumstances (number of students, pandemic etc.).
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB II (Kernlehrveranstaltung aus dem Maschinenbau) Master MB II SUR Pflicht Master MB II SP CEPE 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

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title **Umformtechnik I** Forming Technology I					
Modul Nr. / Code 16-22-5020	**Leistungspunkte / Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 86 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** WiSe
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)
	-ue	Umformtechnik I	Übung / Recitation	11 h (1 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

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 Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points

Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.

7	**Benotung / Grading system** Fachprüfungen (je 50%): Mündliche und schriftliche Prüfung; Standard (Ziffernote) / Technical Examinations (both 50%): Oral and written exam; Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB II (Kernlehrveranstaltung aus dem Maschinenbau) Master MB II SP DbPR 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 16-22-5030	**Leistungspunkte / Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 84 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** SoSe
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)
	-ue	Umformtechnik II	Übung / Recitation	11 h (1 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**
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 Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system**

	Fachprüfungen (je 50%): Mündliche und schriftliche Prüfung; Standard (Ziffernote) / Technical Examinations (both 50%): Oral and written exam; Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB II (Kernlehrveranstaltung aus dem Maschinenbau) Master MB II SP DbPR 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 16-03-5020	**Leistungspunkte / Credit Points** 6 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 180 h	**Selbststudium / Individual study** 146 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** SoSe
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**
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Schriftliche (90 min) oder mündliche Prüfung (90 min, pro 4er-Gruppe ~ 22,5 min / Person) / Written (90 min) or oral exam (90 min, per group of 4 ~ 22,5 min per participiant) Wird zu Beginn der Veranstaltung abhängig von den Umständen (Anzahl der Studierenden, Pandemie etc.) bekanntgegeben / Will be announced at the beginning of the term depending on the circumstances (number of students, pandemic etc.).
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB II (Kernlehrveranstaltung aus dem Maschinenbau) Master MB II SP CEPE Master MB II SP FAS 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	Leistungspunkte / Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-07-5030	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. Dipl-Wirt.-Ing. B. Schleich

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**
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Klausur 90 min / Written exam 90 min.
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB II (Kernlehrveranstaltung 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 16-07-5040	**Leistungspunkte / Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 97 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** SoSe
Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR):** 7			**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr.-Ing. Dipl-Wirt.-Ing. B. Schleich		

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 Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB II (Kernlehrveranstaltung 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

Werkzeugmaschinen und Roboter

Machine Tools and Robots

Modul Nr. / Code	Leistungspunkte / Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-09-4264	4 CP	120 h	90 h	1 Semester	SoSe

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

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Werkzeugmaschinen und Roboter	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)
-ue	Werkzeugmaschinen und Roboter	Übung / Recitation	7 h (0,5 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Werkzeugmaschinen stellen einen bedeutenden Faktor in der produzierenden Industrie dar. Neben den vielfältigen Einsatzgebieten zeichnen sich moderne Werkzeugmaschinen als komplexe mechatronische Systeme mit hohem Automatisierungsgrad aus. Entsprechend den technologischen Verfahren werden Werkzeugmaschinen in ur- und umformende, trennende und fügende Maschinen untergliedert. Im Rahmen dieser Vorlesungen werden Werkzeugmaschinen zur Umformung sowie zur Trennung - Zerteilung, Zerspanung und Abtrag von Werkstücken sowie zur Handhabung thematisiert. Auf Grund der hohen Leistungs- und Genauigkeitsanforderungen an moderne Werkzeugmaschinen ist die optimierte Auslegung einzelner Maschinenkomponenten zu erlernen. Hierzu werden umfassende Kenntnisse über die physikalischen und technischen Eigenschaften der Maschinenelemente und Antriebe sowie deren Steuerung und Regelung vermittelt. Darüber hinaus sollen Methoden zur Überwachung und sicherheitstechnischen Beurteilung der Maschinen im Rahmen von Industrie 4.0 gelehrt werden.

Machine tools are an important factor in the manufacturing industry. In addition to the wide range of applications, modern machine tools are characterized as complex mechatronic systems with a high degree of automation. According to the technological processes, machine tools are divided into primary shaping and forming, machining and joining as well as handling devices. Within the context of these lectures, machine tools for forming as well as for cutting - shearing, machining and ablation of workpieces as well as robots are discussed. According to the high performance and accuracy requirements of modern machine tools, the optimal design of individual machine components will be teached. For this purpose, comprehensive knowledge of physical and technical properties of machine components and drives as well as their control and regulation is taught. Furthermore, methods for monitoring and safety assessment of these machines within the framework of Industry 4.0 will be covered.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

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

1. Einsatz und die Verwendung von Werkzeugmaschinen zu beurteilen und diese hinsichtlich ihrer Eigenschaften sowie ihres Aufbaus zu unterscheiden
2. Wesentliche Elemente von Werkzeugmaschinen (Gestell und Fundament, Führungen, Antriebe, Peripherie, Steuerung und Regelung, Messtechnik und Sicherheitseinrichtungen) zu beschreiben, zu charakterisieren und zu klassifizieren
3. Werkzeugmaschinen zu konzipieren und dabei relevante Komponenten von Werkzeugmaschinen auszuwählen, auszulegen und die dabei getroffenen Entscheidungen zu begründen

	On successful completion of this module, students should be able to: 1. Evaluate the use and application of machine tools and be able to identify and differentiate between their characteristics and design 2. Describe, characterize and classify essential components of machine tools (frame and foundation, guidance, drives, periphery, control and regulation, measuring technology and safety devices) 3. Design machine tools and select and dimension relevant components of the machine tool on the basis of justified decisions
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation**
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Kombinierte schriftliche und mündliche Prüfung (20 min) /Combined written and oral exam (20 min)
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Requirement for receiving credits** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfungen (je 50%): Mündliche und schriftliche Prüfung; Standard (Ziffernote) / Technical Examinations (both 50%): Oral and written exam; Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB II (Kernlehrveranstaltung aus dem Maschinenbau) Master MB II DbPR Pflicht WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature** Brecher, Christian, and Manfred Weck. *Werkzeugmaschinen Fertigungssysteme 1: Maschinenarten und Anwendungsbereiche*. Springer-Verlag, 2018. Brecher, Christian, and Manfred Weck. *Werkzeugmaschinen Fertigungssysteme 2: Konstruktion, Berechnung und messtechnische Beurteilung*. Springer-Verlag, 2017.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title **Wind-, Wasser- und Wellenkraft** Wind, Water, and Wave Energy					
Modul Nr. / Code 16-10-5220	**Leistungspunkte / Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 97 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** WiSe
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: 1. Assess fluid power system with respect to energy conversion. 2. Optimise and scale fluid power systems. 3. Design wind-, water-, and wave-power plants. 4. 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

	Wird zu Beginn der Veranstaltung abhängig von den Umständen (Anzahl der Studierenden, Pandemie etc.) bekanntgegeben / Will be announced at the beginning of the term depending on the circumstances (number of students, pandemic etc.).
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB II (Kernlehrveranstaltung aus dem Maschinenbau) Master MB II SP CEPE 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 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 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.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title **Absicherungsprozesse für Kraftfahrzeuge** Safeguard Processes for Motor Vehicles					
Modul Nr. / Code 16-27-3134	**Leistungspunkte / Credit Points** 2 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 60 h	**Selbststudium / Individual study** 48 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** WiSe
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** Mündliche Prüfung (20 min) / Oral exam (20 min)
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Requirement for receiving credits** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB 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 / Module description

Modulname / Module Title Additive Fertigung (L-PBF) I **Additive Manufacturing (Laser-Powder-Bed-Fusion) I**					
Modul Nr. / Code 16-xx-xxxx	**Leistungspunkte / Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 64 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** WiSe
Sprache / Language: Englisch / English **Level (EQF/DQR)**: 7			**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr.-Ing. E. Kirchner, Prof. Dr.-Ing. C. Mittelstedt, Prof. Dr.-Ing. B. Schleich		

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	**Kursname / Course Title**	**Lehrform / Form of teaching**	**Kontaktzeit / Contact hours**
-vl	Additive Manufacturing (Laser-Powder-Bed-Fusion) I	Vorlesung / Lecture	42 h (2 SWS)
-ue	Additive Manufacturing (Laser-Powder-Bed-Fusion) I	Übung / Recitation	14 h (1 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Der Ablauf ist wie folgt:

1. Einführung in die additive Fertigung
2. Entwicklungsmethodik für die additive Fertigung und Gestaltung von Bauteilen
3. AM-Gestaltung im Systemkontext – Thinking AM
4. Prozessinduzierte Eigenschaften
5. Abriss des Leichtbaus
6. Industrielle Beispiele für AM
7. Einführung in Lattice-Strukturen
8. Fertigungsgerechtes Konstruieren auf der Mesoskala
9. Analyse und Fertigung strebenbasierter Lattice-Strukturen
10. Die Digitale Prozesskette für die additive Fertigung
11. Lebenszyklusbetrachtung additiv hergestellter Bauteile
12. Einführung zu Life Cycle Assessment (LCA) und CO^2-Bilanzierung in der additiven Fertigung
13. Additive Fertigung im Kontext von Industrie 4.0

Übungen:

1. AM-Bauteil auf Basis einer Anforderungsliste methodisch konzipieren (Neu- und Umgestaltung)
2. Entwicklung von AM-Bauteilen im Systemkontext
3. Stanznietwerkzeug umgestalten und AM-prozessgerecht und nutzungsgerecht umarbeiten
4. Integration von Lattice-Strukturen in vollwandige Designs
5. Digitale Arbeitsvorbereitung
6. Einführung in LCA für AM-Bauteile

The sequence is as follows:

1. introduction to additive manufacturing
2. development methodology for additive manufacturing and design of components
3. AM design in the system context - Thinking AM
4. process induced properties
5. outline of lightweight design
6. industrial examples of AM
7. introduction to lattice structures
8. manufacturing based design at the mesoscale
9. analysis and fabrication of strut-based lattice structures
10. the digital process chain for additive manufacturing
11. life cycle assessment of additively manufactured components
12. introduction to life cycle assessment (LCA) and carbon footprinting in additive manufacturing
13. additive manufacturing in the context of Industry 4.0

Exercises:

1. methodical concept development of AM-parts based on requirements (new products or redesign)
2. design of AM-parts in the system concept

	3. digital work preparation 4. introduction to LCA for AM components 5. Re-design of a Punch rivet tool for the AM process. 6. Integration of lattice structures into solid-wall designs.
3	**Lernergebnisse / Learning Outcomes** Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein: 1. Die Prozesskette der additiven Fertigung zu beschreiben und Prozessprinzipien zu kennen 2. Produkte für die additive Fertigung mittels L-PBF zu konzipieren, zu gestalten und zu bewerten 3. AM-geeignete Wirkprinzipien zu kennen und Systemarchitekturen AM-gerecht zu gestalten 4. Prozess-Eigenschafts-Beziehungen des L-PBF Prozess zu erklären und ihre Anwendbarkeit in der Produktentwicklung zu kennen 5. Die Grundlagen des Leichtbaus zu kennen und die additive Fertigung bezüglich ihres Anwendungspotentials im Leichtbau einzuschätzen 6. Die Konstruktionsgrundregeln von strebenbasierten Lattice-Strukturen zu kennen 7. Die Grundlagen der Analyse und der Fertigung strebenbasierter Lattice-Strukturen zu beherrschen 8. Die digitale Arbeitsvorbereitung für die additive Fertigung durchzuführen 9. Die Lebenszyklusphasen wiederzugeben und deren Zusammenhänge darzustellen 10. Die Elemente eines LCA zu nennen und für additiv gefertigte Bauteile durchzuführen 11. Die additive Fertigung in den Kontext von Industrie 4.0 einzuordnen On successful completion of this module, students should be able to: 1. Describe additive manufacturing process chains and know the process principles. 2. Conceptualize, design and evaluate products for additive manufacturing using L-PBF 3. Know AM-suitable working principles and be able to design system architectures accordingly 4. Explain process-property relationships of L-PBF process and know their applicability in product development 5. Know the basics of lightweight construction and be able to assess additive manufacturing with regard to its application potential in lightweight construction 6. Know the basic design rules of strut-based lattice structures 7. Know the basics of analysis and manufacturing of strut-based lattice structures 8. Perform digital work preparation for additive manufacturing 9. Reproduce the life cycle phases and illustrate their relationships 10. State the elements of an LCA and perform them for additive manufactured components 11. Classify additive manufacturing in the context of Industry 4.0…
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** Abgeschlossenes ingenieurwissenschaftliches Bachelorstudium / Bachelor degree in engineering
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Schriftliche Prüfung 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 M.Sc. III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft)
9	**Literatur / Literature** Vorlesungsfolien der Modulverantwortlichen Lachmayer, R., Lippert, R.B.: Entwicklungsmethodik für die Additive Fertigung, Springer Vieweg 2020 Lachmayer, R., Rettschlag, K., Kaierle, S.: Konstruktion für die Additive Fertigung, Springer Vieweg 2021 Lachmayer, R., Bode,B., Kaierle, S.: Innovative Product Development by Additive Manufacturing, Springer Nature, 2022 Kirchner, E.: Werkzeuge und Methoden der Produktentwicklung: Von der Idee zum erfolgreichen Produkt, Springer Vieweg 2020
	Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 7. November 2023. Module description accepted from academic department on 7 November 2023.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title **Aktorwerkstoffe und -prinzipien** Actuator Materials and Principles					
Modul Nr. / Code 16-26-5140	**Leistungspunkte / Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 97 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** SoSe
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, polymer-basierte 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**			
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Mündliche Prüfung 30 min / Oral exam 30 min.			
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.			

7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB 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 16-10-5190	**Leistungspunkte / Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 97 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** SoSe
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** Klausur (90 min) oder mündliche Prüfung (30 min) / written (90 min) or oral exam (30 min). Wird zu Beginn der Veranstaltung abhängig von den Umständen (Anzahl der Studierenden, Pandemie etc.) bekanntgegeben / Will be announced at the beginning of the term depending on the circumstances (number of students, pandemic etc.).
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB 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 16-14-5060	**Leistungspunkte / Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 97 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** SoSe
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 Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points**

	Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB 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	Leistungspunkte / Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-19-5040	4 CP	120 h	86 h	1 Semester	WiSe

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 Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB 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 Grundphänomene in Mehrphasenströmungen **Basic Phenomena in Multiphase Flows**					
Modul Nr. / Code 16-11-3214	**Leistungspunkte / Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 97 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** WiSe
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 Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points**			

	Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB 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 / Module description

Modulname / Module Title

Berechnungsmethoden im Bereich Verbrennungskraftmaschinen I

Calculation of Engine Test Results I

Modul Nr. / Code	Leistungspunkte / 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 SoSe

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 Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB 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	Leistungspunkte / 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 WiSe

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 Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points

	Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB 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 16-26-5040	**Leistungspunkte / Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 97 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** SoSe + WiSe
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 Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB 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	Leistungspunkte / Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-09-5050	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. 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**
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Klausur 90 min / Written exam 90 min
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB 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

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title **Biofluidmechanik** Biofluid Mechanics					
Modul Nr. / Code 16-10-5230	**Leistungspunkte / Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 97 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** WiSe
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 Wird zu Beginn der Veranstaltung abhängig von den Umständen (Anzahl der Studierenden, Pandemie etc.) bekanntgegeben / Will be announced at the beginning of the term depending on the circumstances (number of students, pandemic etc.).
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) 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

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Verdichtertechnologie

Compressor Technology

Modul Nr. / Code	**Leistungspunkte / Credit Points**	**Arbeitsaufwand / Work load**	**Selbststudium / Individual study**	**Moduldauer / Duration**	**Angebotsturnus / Semester**
16-04-5080	4 CP	120 h	97 h	1 Semester	SoSe

Sprache / Language: Englisch / English **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 Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB 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.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Dekarbonisierung von Industrieprozessen: Grundlagen, Prozesswärme und sektorspezifische Strategien

Decarbonization of Industrial Processes: Fundamentals, process heat, and sector-specific Strategies

Modul Nr. / Code	Leistungspunkte / Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-71-4074	6 CP	180 h	111 h	1 Semester	Every semester

Sprache / Language: Englisch / English **Level (EQF/DQR)**: 7	**Modulverantwortliche/r / Module Coordinator** Prof. Dr. rer. nat. habil. U. Riedel

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Decarbonization of Industrial Processes	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)
-ue	Decarbonization of Industrial Processes	Übung / Exercise	23 h (2 SWS)
-pj	Decarbonization of Industrial Processes	Projekt / Project	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Die jeweiligen Themen werden in der Vorlesung erläutert, während im Projektteil tiefergehende qualitative und quantitative Analysen durchgeführt werden. Die Projekte konzentrieren sich auf spezifische Industrien und deren Möglichkeiten, ihren CO_2-Fußabdruck zu reduzieren und Klimaziele zu erreichen. Der Fokus liegt auf der Dekarbonisierung von Wärme als Querschnittstechnologie am Beispiel der Stahl-, Chemie- und Zementindustrie – mit jeweils spezifischen Herausforderungen. Die Hauptinhalte des Moduls sind:

1. Einführung
2. Techno-Ökonomische Analyse
3. Pinch-Analyse
4. Renewable Energy Hub Design
5. Industrielle Wärme
6. Stahlindustrie
7. Chemische Industrie
8. Zementindustrie

Diese Vorlesungen werden durch Übungen zur technisch-ökonomischen Analyse, zur Pinch-Analyse, zum Design von Energie Hubs und zur CO_2-Abscheidung und -Nutzung (CCU) sowie zur CO_2-Abscheidung und -Speicherung (CCS) unterstützt. Die erlernten Dekarbonisierungstechniken werden dann im Rahmen eines Studienprojekts angewendet.

Hinweis: Die Lehrveranstaltung findet an der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus-Senftenberg statt und wird für das Modul an der TU Darmstadt digital und interaktiv übertragen.

The specific topics will be explained in the lecture while in the project part deeper qualitative and quantitative analyses will be performed. The projects will focus on specific industries and their option to reduce their carbon-footprint and achieve climate goals. The focus is on the decarbonization of heat as a crosscutting technology and the steel, chemistry, cement sector – each having specific challenges. The main contents of the module are:

1. Introduction
2. Techno-Economic Analysis
3. Pinch Analysis
4. Renewable Energy Hub Design
5. Industrial Heat

	6. Steel Industry 7. Chemical Industry 8. Cement Industry These lectures are supported by exercises on techno-economic analysis, Pinch Analysis, energy hub design and Carbon Capture and Use (CCU) and Carbon Capture and Storage (CCS). The decarbonization techniques learned will then be applied as part of a study project. *Note*: This lecture takes place at the BTU Cottbus-Senftenberg and is digitally and interactively transmitted for the module at the TU Darmstadt.
3	**Lernergebnisse / Learning Outcomes** Spezifische kognitive Lernziele sind: • Anwendung von Analysewerkzeugen wie der Pinch-Analyse, Techno-Ökonomie und Energy-Hub-Designs. • Analysieren ausgewählter industrieller Prozesse in Fallstudien. • Reifegrade und Potenziale aktueller und neuer Technologien diskutieren. • Identifizieren der Voraussetzungen für die Erreichung der Klimaziele im Industriesektor. • Ableitung und Bewertung geeigneter Dekarbonisierungsoptionen im Rahmen eines Gruppenprojekts. • Einblicke in Optionen für Prozessänderungen und Dekarbonisierung in den Sektoren Stahl, Chemie und Zement sowie Prozesswärme erhalten. • Verstehen der Rolle von Carbon Capture and Use (CCU) und Carbon Capture and Storage (CCS) für unvermeidbare CO_2-Emissionen. Affektive Lernziele sind: • Integration in ein Team und mögliche Konflikte, • Umgang mit Feedback in einer offenen Präsentationssitzung, • Umgang mit möglicher Frustration in einem Forschungsprojekt. Specific cognitive learning goals are: • Apply analysis tools like pinch analysis, techno-economics, and energy-hub designs. • Analyze selected industrial processes in case studies. • Discuss maturity levels and potentials of current and emerging technologies. • Identify prerequisites for achieving climate goals in the industrial sector. • Derive and evaluate suitable decarbonization options in a group-project • Get insights into options for process changes and decarbonization in the sectors steel, chemistry, and cement as well as process heat • Understand the role of Carbon Capture and Use (CCU) and Carbon Capture and Storage (CCS) for unavoidable CO_2-emissions. Affective learning goals are: • Integration in a team and potential conflicts, • deal with feedback in an open presentation session, • deal with potential frustration in a research project.
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** Empfohlen: Bachelor in einer Ingenieurs- oder Naturwissenschaft Recommended: Bachelor in Engineering or Natural Sciences
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Mündliche Prüfung (30 min), bestehend aus Fragen zur Vorlesung und zur Übung (20 Minuten, 2/3) sowie einer 10-minütigen elektronischen Präsentation des Studienprojekts zu Beginn der Prüfung (1/3). Die Studierenden haben die Wahl zwischen einer Prüfung an der BTU Cottbus-Senftenberg oder an der TU Darmstadt. Alternativ kann auch eine virtuelle Prüfung in Betracht gezogen werden. Oral exam (30 min) consisting of questions related to the lecture and the exercise (20 minutes, 2/3) plus a 10-minute electronic presentation of the study project at the beginning of the exam (1/3). Students decide between an exam at the BTU Cottbus-Senftenberg or at the TU Darmstadt. Alternatively, a virtual exam may be considered.

6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving credits** Bestehen der Prüfungsleistung Passing the examination
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft)
9	**Literatur / Literature** Ausgewählte Literatur wird zu Beginn des Moduls empfohlen. Option und Richtlinien für die Projektarbeit werden in der ersten Vorlesung gegeben. Selected literature will be recommended at the beginning of the module. Option and guidelines for the project work will be given in the first lecture.
	Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 6. Februar 2024. Module description accepted from academic department on 6 February 2024.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title **Defossilisierung von Industrieprozessen: Technologien und Kohlenstoffwirtschaft** Defossilisation of Industrial Processes: Technologies and Carbon Economy					
Modul Nr. / Code 16-20-4194	**Leistungspunkte / Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 97 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** SoSe
Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF/DQR)**: 7			**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Dr.-Ing. C. Heinze		

1	**Kurse des Moduls / Courses**			
	Kurs Nr. / Code	**Kursname / Course Title**	**Lehrform / Form of teaching**	**Kontaktzeit / Contact hours**
	-vl	Defossilisierung von Industrieprozessen	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Die Bedeutung von Kohlenstoff, Kohlenstoff-basierten Verbindungen, Rohstoffen sowie Erzeugnissen in den verschiedenen Sektoren der Wirtschaft mit dem Fokus auf die Industrie und die möglichen technischen und organisatorischen Maßnahmen, um eine Umstellung auf erneuerbare Rohstoffe zu ermöglichen.

The importance of carbon, carbon-based compounds, raw materials and products in the various sectors of the economy with a focus on industry and the possible technical and organisational measures to enable a switch to renewable raw materials.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

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

1. Die zugrundeliegenden Mechanismen des Treibhauseffektes zu erklären
2. Die wesentlichen Beiträge zum anthropogenen Treibhauseffekt sowie die Transformationsziele zur Klimaneutralität zu nennen und zu quantifizieren
3. Die Begriffe lineare Kohlenstoffwirtschaft und zirkuläre Kohlenstoffwirtschaft zu erläutern und exemplarisch mit Technologieansätzen zu hinterlegen
4. Wichtige Technologien für die Transformation im Energiesektor zu beschreiben (u.a. EE-Technologien, „Carbon Capture“-Technologien)
5. Für wichtige Emittenten im Industriesektor (Mineralwirtschaft, Chemie und Metallurgie) die aktuell genutzten Verfahren sowie möglich Verfahrensanpassung sowie Alternativverfahren zu skizzieren sowie Vor- und Nachteile zu nennen
6. anhand von Verfahrensbeschreibungen Kosten sowie CO_2-Vermeidungspotential zu berechnen und zu quantifizieren
7. Technologien für die Sektorkopplung zu beschreiben
8. Politische Maßnahmen zur Erreichung der Transformationsziele zu nennen und die Funktionsweise und Ziele des ETS zu erklären

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

1. Explain the underlying mechanisms of the greenhouse effect
2. Name and quantify the main contributions to the anthropogenic greenhouse effect and the transformation goals towards climate neutrality
3. Explain the terms linear carbon economy and circular carbon economy and provide examples of technology approaches
4. Describe important technologies for the transformation in the energy sector (e.g. renewable energy technologies, carbon capture technologies)

	5. Outline the processes currently used for important emitters in the industrial sector (minerals, chemicals and metallurgy) and possible process adaptations as well as alternative processes and name advantages and disadvantages 6. Calculate and quantify costs and CO_2 avoidance potential based on process descriptions 7. Describe technologies for sector coupling 8. Name political measures to achieve the transformation goals and explain the functioning and goals of the ETS
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation**
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Klausur (90 min) oder mündliche Prüfung (30 min) / Written (90 min) or oral exam (30 min.) Wird zu Beginn der Veranstaltung abhängig von den Umständen (Anzahl der Studierenden, Pandemie etc.) bekanntgegeben / Will be announced at the beginning of the term depending on the circumstances (number of students, pandemic etc.).
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving credits** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft)
9	**Literatur / Literature**
	Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 6. Februar 2024. Module description accepted from academic department on 6 February 2024.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Digitale Drucktechnologien

Digital Printing

Modul Nr. / Code	Leistungspunkte / Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-17-5030	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. 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 Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB 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 16-11-3224	**Leistungspunkte / Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 97 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** SoSe
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 Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points

	Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB 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 / Module description

Modulname / Module Title **Einführung in die chemische Verfahrenstechnik mit Programmieraufgaben** Introduction to Chemical Process Engineering with programming tasks					
Modul Nr. / Code 16-13-3274	**Leistungspunkte / Credit Points** 6 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 180 h	**Selbststudium / Individual study** 135 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** 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 Leistungspunkten / Requirement for receiving credits** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB 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 Studierenden Matlab Lizenzen zur eigenständigen Bearbeitung der Programmierprojekte zur Verfügung. Die Veranstaltung ist begrenzt auf 24 Teilnehmende!

Modulbeschreibung / Module Description

Modulname / Module Title

Einführung in die Methoden des „Reliability Engineering“

Introduction to the Methods of Reliability Engineering

Modul Nr. / Code	**Leistungspunkte / Credit Points**	**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 Engineer-ing“	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) Wird zu Beginn der Veranstaltung abhängig von den Umständen (Anzahl der Studierenden, Pandemie etc.) bekanntgegeben / Will be announced at the beginning of the term depending on the circumstances (number of students, pandemic etc.).
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Kreditpunkten / Condition for credits** Bestehen der Prüfungsleistung / passing the examination
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB 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

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Einführung in die Quantenmechanik und Spektroskopie

Introduction to Quantum Mechanics and Spectroscopy

Modul Nr. / Code	**Leistungspunkte / Credit Points**	**Arbeitsaufwand / Work load**	**Selbststudium / Individual study**	**Moduldauer / Duration**	**Angebotsturnus / Semester**
16-13-5090	4 CP	120 h	86 h	1 Semester	SoSe

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 Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB 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 **Energieeffizienz und Energieflexibilität in der Produktion** Energy Efficiency and Energy Flexibility in Production					
Modul Nr. / Code 16-09-3204	**Leistungspunkte / Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 97 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** WiSe
Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF/DQR)**: 7			**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Dr.-Ing. P. Schraml		

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 Leistungspunkten / Requirement for receiving credits** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.

7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB 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 / Module description

Modulname / Module Title

Energiemethoden der Strukturmechanik

Energy Methods in Structural Mechanics

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	WiSe

Sprache / Language: Englisch / English **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	Energy Methods in Structural Mechanics	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)
-ue	Energy Methods in Structural Mechanics	Übung / Recitation	11 h (1 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Arbeit und Energie; Virtuelle Arbeiten; Prinzip der virtuellen Verrückungen; Prinzip der virtuellen Kräfte; Einheitstheoreme; Sätze von Castigliano; Reziprozitätstheoreme; Näherungsverfahren: Galerkin, Ritz, Finite Elemente.

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 Strukturmechanik zu erklären und auf einfache Beispiele anzuwenden.
2. Eine selbstständige Auswahl erlernter Methoden für spezifische Anwendungen 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 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 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 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** Mittelstedt, C., 2021. Rechenmethoden des Leichtbaus. Berlin: Springer Vieweg. Mittelstedt, C., 2021. Structural Mechanics in Lightweight Engineering. Cham (Switzerland): Springer Nature.
	Geänderte Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 15. November 2022. Changed module description accepted from academic department on 15 November 2022.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title **Energieversorgung und Umweltschutz** Energy Supply and Environmental Protection					
Modul Nr. / Code 16-13-3294	**Leistungspunkte / Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 97 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** WiSe
Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF/DQR)**: 7			**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Dr.-Ing. C. 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 ~ 15 min / Person) / Written (90 min) or oral exam (45 min per group with 3 people ~ 15 min per participiant). Wird zu Beginn der Veranstaltung abhängig von den Umständen (Anzahl der Studierenden, Pandemie etc.) bekanntgegeben / Will be announced at the beginning of the term depending on the circumstances (number of students, pandemic etc.).
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Requirement for receiving credits** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB 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 / Module description

Modulname / Module Title

Entwicklung nachhaltiger Produkte

Development of sustainable products

Modul Nr. / Code	**Credit Points**	**Arbeitsaufwand / Work load**	**Selbststudium / Individual study**	**Moduldauer / Duration**	**Angebotsturnus / Semester**
16-05-4224	2 CP	60 h	32 h	1 Semester	WiSe

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

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	**Kursname / Course Title**	**Lehrform / Form of teaching**	**Kontaktzeit / Contact hours**
-vl	Entwicklung nachhaltiger Produkte	Vorlesung / Lecture	14 h (1 SWS)
-ue	Entwicklung nachhaltiger Produkte	Übung / Recitation	14 h (1 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

In einem wöchentlichen Rhythmus findet eine Vorlesung mit einer angeschlossenen Übung statt. In den Vorlesungen werden speziellen Kenntnisse zum jeweiligen Thema vermittelt. Im praxisnahen Übungsteil werden diese Kenntnisse direkt an einem semesterbegleitenden Projekt zum Thema „Nachhaltiges Re-Design“ eines selbst gewählten Produktes angewendet.
Vorlesungen: In den Vorlesungen wird die besondere Bedeutung der Entwicklungsphase für nachhaltige Produkte über deren gesamten Lebenszyklus herausgearbeitet. Es werden Lösungen auf methodischer, organisatorischer und informationstechnischer Ebene aufgezeigt und deren Anwendungsmöglichkeiten anhand verschiedener Beispiele vermittelt. Der Ablauf ist wie folgt:

1. Nachhaltige Entwicklung über den gesamten Produktlebenszyklus
2. DfX (Design for X) für Entwicklung nachhaltiger Produkte
3. Werkzeuge und Datenbanken für das Life Cycle Assessment (Ökobilanzierung)
4. Design Dependencies: Zusammenhänge zwischen Designparametern und Nachhaltigkeitseinflüssen
5. Datenbasierte Lösungsansätze
6. Digitale Zwillinge für die Entwicklung nachhaltiger Produkte
7. Beitrag der Produktentwicklung zur Kreislaufwirtschaft

Übungen: Studierende werden zu Beginn des Semesters in Gruppen eingeteilt. Die Gruppen bekommen individuelle Aufgaben zum Re-Design eines existierenden Produktes. Nach einem Kick-off finden regelmäßige Design Reviews statt. Am Ende präsentieren die Gruppen in einer Abschlussveranstaltung gegenseitig ihre Ergebnisse. Der Ablauf ist wie folgt:

1. Einführung: Gruppeneinteilung und Aufgabe
2. Design Review #1: Nachhaltigkeitskonzept
3. Design Review #2: Systementwurf
4. Design Review #3: Komponentenliste mit Sozial- und Umwelteinflüssen
5. Design Review #4: Design Dependencies
6. Design Review #5: Produktgestaltung
7. Abschlusspräsentation

Die Vorlesungen 2 bis 6 sowie die Übungen 2 bis 6 finden Remote statt.

In a weekly rhythm a lecture with a corresponding exercise takes place. In the lectures, special knowledge on the respective topic is taught. In the practical exercise, this knowledge is directly applied to a semester project on the topic of "sustainable re-design" of a self-selected product.
Lectures: In the lectures, the special importance of the development phase for sustainable products over their entire life cycle is elaborated. Solutions at the methodological, organizational and information technology levels are demonstrated and their possible applications are taught using various examples. The lectures include the following topics:

1. sustainable development over the entire product life cycle.
2. DfX (Design for X) for development of sustainable products

	3. tools and databases for Life Cycle Assessment (LCA) 4. design dependencies: relationships between design parameters and sustainability impacts 5. data-based approaches 6. digital twins for the development of sustainable products 7. contribution of product development to the circular economy Exercises: Students are divided into groups at the beginning of the semester. The groups are given individual tasks to re-design an existing product. After a kick-off, regular design reviews take place. At the end, the groups present their results to each other in a final event. The procedure is as follows: 1. introduction: group division and task 2. design review #1: sustainability concept 3. design review #2: system design 4. design review #3: component list with social and environmental impacts 5. design review #4: design dependencies 6. design review #5: product design 7. final presentation Lectures 2 to 6 and exercises 2 to 6 will be held remotely.
3	**Lernergebnisse / Learning Outcomes** Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein: 1. Unterschiedliche Ansätze zur Entwicklung nachhaltiger Produkte lösungsorientiert auszuwählen. 2. Methodische Lösungsansätze zum Entwickeln nachhaltiger Produkte für Neu- und Anpassungskonstruktionen identifizieren und anwenden. 3. Produkte über den gesamten Lebenszyklus hinsichtlich ihrer Umweltwirkung zu bewerten und umweltgerecht zu gestalten. 4. Notwendige organisatorische und prozessuale Abläufe in Entwicklungsprojekten festzulegen. 5. Die Potentiale informationstechnischer Lösungen zur Entwicklung nachhaltiger Produkte zu bewerten. After successfully completing the course unit, students should be able to: 1. Select different approaches for developing sustainable products in a solution-oriented manner. 2. Identify and apply methodical solution approaches for developing sustainable products for new and re-designs. 3. Evaluate products over the entire life cycle with regard to their environmental impact and design them in an environmentally compatible manner. 4. Determine necessary organizational and procedural processes in development projects. 5. Evaluate the potential of information technology solutions for the development of sustainable products.
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** Kenntnisse der methodischen Produktentwicklung (Werkzeuge und Methoden der Produktentwicklung) empfohlen / Knowledge of methodical product development (tools and methods) recommended
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Abschlusspräsentation mit Fragen (15-25 min.) und kombinierte schriftlich-mündliche Prüfung ((insges. 30 min (10 + 20 min.); mündliche Prüfung in Zweiergruppen) Final presentation with questions (15-25 min.) and combined written and oral examination (30 min. in total (10 + 20 min.); oral examination in pairs)
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 M.Sc. III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature** Tbd.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title **Fahrzeugaerodynamik** Vehicle Aerodynamics					
Modul Nr. / Code 16-11-5190	**Leistungspunkte / Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 97 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** WiSe + SoSe
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 Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB 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 **Fertigungsgerechte Maschinenkonstruktion I** Machine Design I					
Modul Nr. / Code 16-22-5150	**Leistungspunkte / Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 97 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** WiSe
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 min / Oral exam 30 min.
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB 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 16-22-5160	**Leistungspunkte / Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 97 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** SoSe
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 Auswahl-entscheidungen 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 min / Oral exam 30 min.
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB 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 **Fluidenergiemaschinen** Fluid Energy Machines					
Modul Nr. / Code 16-10-5120	**Leistungspunkte / Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 97 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** SoSe
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	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 Wird zu Beginn der Veranstaltung abhängig von den Umständen (Anzahl der Studierenden, Pandemie etc.) bekanntgegeben / Will be announced at the beginning of the term depending on the circumstances (number of students, pandemic etc.).			

6	**Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB 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
	Änderung der Modulverantwortung mit SoSe 2023: Prof. P. Pelz statt Dr.-Ing. C. Schänzle.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title **Fortgeschrittene Strömungsmechanik II** Advanced Fluid Mechanics II					
Modul Nr. / Code 16-64-5120	**Leistungspunkte / Credit Points** 6 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 180 h	**Selbststudium / Individual study** 135 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** SoSe
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** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB 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

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title
Grundlagen der Navigation I

Fundamentals of Navigation I

Modul Nr. / Code	Leistungspunkte / Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-23-5050	4 CP	120 h	86 h	1 Semester	SoSe

Sprache / Language: Englisch / English **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	Fundamentals of Navigation I	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)
-ue	Fundamentals of 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 ~ 20 min / Person

Oral exam (in a group with 3 students) 60 min ~ 20 min per participiant

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

	Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master AE III Nat_Ing-Bereich WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik) Master Mechatronik
9	**Literatur / Literature** Vorlesungsskript verfügbar. Course notes available.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title
Grundlagen der Navigation II

Fundamentals of Navigation II

Modul Nr. / Code	Leistungspunkte / Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-23-5060	4 CP	120 h	86 h	1 Semester	WiSe

Sprache / Language: Englisch / English **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	Fundamentals of Navigation II	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)
-ue	Fundamentals of 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 ~ 20 min / Person Oral exam (in a group with 3 students) 60 min ~ 20 min per participiant
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master AE III Nat_Ing-Bereich WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik) Master Mechatronik
9	**Literatur / Literature** Vorlesungsskript verfügbar. Course notes available.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title					
Zukünftige Luftverkehrssysteme **Future Air Transportation Systems**					
Modul Nr. / Code 16-23-3184	**Leistungspunkte / Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 97 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** WiSe
Sprache / Language: Englisch / English **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 Entwicklungschritte 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**
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Klausur (60 min) oder mündliche Prüfung (20 min) / Written exam (60 min) or oral exam (20 min) Wird zu Beginn der Veranstaltung abhängig von den Umständen (Anzahl der Studierenden, Pandemie etc.) bekanntgegeben / Will be announced at the beginning of the term depending on the circumstances (number of students, pandemic etc.).
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master AE III Nat_Ing-Bereich 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 / Module description

Modulname / Module Title **Gestaltung medizinischer und kritischer Benutzeroberflächen** User Interface Design for medical and critical Interfaces					
Modul Nr. / Code 16-21-3204	**Leistungspunkte / Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 97 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / 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) Wird zu Beginn der Veranstaltung abhängig von den Umständen (Anzahl der Studierenden, Pandemie etc.) bekanntgegeben / Will be announced at the beginning of the term depending on the circumstances (number of students, pandemic etc.).
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving credits** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB 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 / Module description

Modulname / Module Title **Gesundheitsmanagement im Betrieb** Health Management at work					
Modul Nr. / Code 16-21-3194	**Leistungspunkte / Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 97 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** WiSe + SoSe
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	23 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 Leistungspunkten / Requirement for receiving credits

	Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB 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 / Module description

Modulname / Module Title					
Globale Satellitennavigationssysteme und Bahnbestimmung **Global Satellite Navigation Systems and Orbit Determination**					
Modul Nr. / Code 16-23-3204	**Credits** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 97 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / 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 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 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** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master AE III Nat_Ing-Bereich 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 / Module description

Modulname / Module Title

Grundlagen der Messtechnik und Datenerfassung mit LabVIEW

Principles of Measurement Technique and Data Acquisition with LabVIEW

Modul Nr. / Code	Leistungspunkte / Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-13-3264	6 CP	180 h	146 h	1 Semester	SoSe

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 empfohlen Measurement Techniques, Sensors and Statistics recommended
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Mündliche Prüfung über die Grundlagen der Programmierung mit LabVIEW und die theoretischen Grundlagen der Messtechnik (50%, 30 min) und Sonderform (Projekt): Abgabe elektronischer Schaltungen, Software und Bericht (50%) 50 % oral examination, theoretical basics and 50 % special type: product development project (electronics, software, test stand): Examination is based delivered electronic circuits, the software project and the final report.
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistungen / Passing the examinations
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfungen: Mündliche Prüfung (50%) und Sonderform Projekt (50%); Standard (Ziffernote) / Technical Examinations (both 50%): Oral and special tapy (project/practical exam); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB 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 Papiertechnik** Fundamentals of Paper Science					
Modul Nr. / Code 16-16-5020	**Leistungspunkte / Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 97 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** WiSe
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**			
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Mündliche Prüfung 25 min / Oral exam 25 min.			
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points**			

	Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master PST IV (Kernlehrveranstaltungen der Papiertechnik) WPB Master MB 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	Leistungspunkte / Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-07-5060	4 CP	120 h	86 h	1 Semester	WiSe

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

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 Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB 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 Hochtemperaturwerkstoff- und Bauteilverhalten II **High Temperature Materials Behaviour II**					
Modul Nr. / Code 16-08-3284	**Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 90 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / 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 abhängig von den Umständen (Anzahl der Studierenden, Pandemie etc.) bekanntgegeben / Will be announced at the beginning of the term depending on the circumstances (number of students, pandemic etc.).
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programm** WPB Master MB III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master AE III Nat_Ing-Bereich 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

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title					
Hochgenaue Verfahren zur numerischen Strömungssimulation **High-Accuracy Methods for Computational Fluid Dynamics**					
Modul Nr. / Code 16-64-3264	**Leistungspunkte / Credit Points** 6 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 180 h	**Selbststudium / Individual study** 135 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** SoSe
Sprache / Language: Englisch / English **Level (EQF/DQR)**: 7			**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Dr.-Ing. F. Kummer		

1	**Kurse des Moduls / Courses**			
	Kurs Nr. / Code	**Kursname / Course Title**	**Lehrform / Form of teaching**	**Kontaktzeit / Contact hours**
	-vl	High-Accuracy Methods for Computational Fluid Dynamics	Vorlesung / Lecture	34 h (3 SWS)
	-ue	High-Accuracy Methods for Computational Fluid Dynamics	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 1) Basic knowledge of ordinary and partial differential equations 2) Lecture Numerical Computation Methods recommended 3) Elementary programming knowledge (e.g. MATLAB, C/C++, Java, C#) for exercise recommended
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Mündliche Prüfung 30 min / Oral exam 30 min.
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Requirement for receiving credits** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master AE III Nat_Ing-Bereich 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

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title Human Factors in Air Traffic Management **Human Factors in Air Traffic Management**					
Modul Nr. / Code 16-21-5170	**Leistungspunkte / Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 97 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** WiSe
Sprache / Language: Englisch / English **Level (EQF / DQR):** 7			**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** NF 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 Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature** Hinweise zu Beginn der Vorlesung. / References at the beginning of the lecture.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title					
Mensch-Mechatronik Systeme **Human-Mechatronics Systems**					
Modul Nr. / Code 16-24-3134	**Leistungspunkte / Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 97 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** SoSe
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**
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Mündliche (30 min) oder schriftliche Prüfung (60 min) / Oral (30 min) or written exam (60 min). Wird zu Beginn der Veranstaltung abhängig von den Umständen (Anzahl der Studierenden, Pandemie etc.) bekanntgegeben / Will be announced at the beginning of the term depending on the circumstances (number of students, pandemic etc.).
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB 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 / Module description

Modulname / Module Title Inkjet-Druck für die digitale Fertigung **Inkjet Printing for Digital Fabrication**					
Modul Nr. / Code 16-17-3274	**Leistungspunkte / Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 97 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** SoSe
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** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB 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 / Module description

Modulname / Module Title **Kavitation** Cavitation					
Modul Nr. / Code 16-10-5040	**Leistungspunkte / Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 97 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** WiSe
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 Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination

7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB 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	Leistungspunkte / Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-12-5070	4 CP	120 h	97 h	1 Semester	SoSe

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 Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points

Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.

7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB 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	Leistungspunkte / Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-03-5050	4 CP	120 h	97 h	1 Semester	SoSe

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** Schriftlichle (90 min) oder mündliche Prüfung (90 min; pro 4er-Gruppe ~ 22,5 min / Person) / written exam 90 min oral exam 90 min (per group of 4 ~ 22,5 min per participiant) Wird zu Beginn der Veranstaltung abhängig von den Umständen (Anzahl der Studierenden, Pandemie etc.) bekanntgegeben / Will be announced at the beginning of the term depending on the circumstances (number of students, pandemic etc.).
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik)
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	Leistungspunkte / Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-03-5060	4 CP	120 h	97 h	1 Semester	WiSe

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** Schriftlichle (90 min) oder mündliche Prüfung (90 min; pro 4er-Gruppe ~ 22,5 min / Person) / written exam 90 min oral exam 90 min (per group of 4 ~ 22,5 min per participiant) Wird zu Beginn der Veranstaltung abhängig von den Umständen (Anzahl der Studierenden, Pandemie etc.) bekanntgegeben / Will be announced at the beginning of the term depending on the circumstances (number of students, pandemic etc.).
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik) 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 16-17-5010	**Leistungspunkte / Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 97 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** WiSe
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 Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB 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.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title **Konvektive Wärmeübertragung** Convective Heat Transfer					
Modul Nr. / Code 16-14-5100	**Leistungspunkte / Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 97 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** WiSe
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 Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB 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	Leistungspunkte / Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-08-5131	4 CP	120 h	97 h	1 Semester	SoSe

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 einzu-schätzen.
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 Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master AE III Nat_Ing-Bereich 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					
Zerspanungstechnologie – Grundlagen und Anwendung **Machining Technology - Basics and Application**					
Modul Nr. / Code 16-09-3234	**Leistungspunkte / Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 74 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** WiSe
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** Bericht (Praxisübung) (30%); Mündliche Prüfung (70%, 30 min.) Report (practical exercise) (30%); Oral exam (70%, 30 min.)
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Requirement for receiving credits** Bestehen der Prüfungsleistungen und Sicherheitseinweisung / Passing the examinations and safety instruction
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfungen (30% Praxisübung: Bericht , 70% mündliche Prüfung); Standard (Ziffernote) / Technical Examinations (30% report [practical exercise], 70% oral exam); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB 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 / Module description

Modulname / Module Title Management von Entwicklungsprozessen **Management of Engineering Design**					
Modul Nr. / Code 16-05-4204	**Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 97 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** WiSe
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	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** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB 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

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Management von Anlagenbau-Projekten im Energiesektor

Management of Plant Construction Projects in the Energy Sector

Modul Nr. / Code	Leistungspunkte / Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-20-5120	4 CP	120 h	97 h	1 Semester	SoSe

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	Management von Anlagenbau-Projekten im Energiesektor	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Kundenanforderungen, Markt- und Rahmenbedingungen für Projekte, Grundlagen der Energiewirtschaft und der Energie- und Umweltpolitik
Rechtliche Grundlagen für Bau und Betrieb von Anlagen (u.a. Genehmigungsrecht, Vertragsrecht),
Betriebswirtschaftl. Grundlagen (u. a. Investitionsrechnung, Stromerzeugungskosten, Investitionsentscheidung, Projektbudgetierung)
Projektmanagement (Ent- und Abwicklung, Strukurierung und Organisation von Projekten, Planung und Steuerung von Terminen, Kosten- und Qualität)
Anlagenbetrieb (Grundlagen, Betriebsbsführung, Organisation, Instandhaltung)
Zukünftige Anforderungen durch die Transformation der Industrie

Customer requirements, market and general conditions for projects, basics of the energy industry and energy and environmental policy
Legal basics for construction and opreation of plants (i. a. permission law, contract law)
Business basics (i.a. investment calculation, levelized cost of electricity (LCOE), imvestment decision, project budgeting)
Project management (development, implementation, structuring and organisation of projects, time scheduling and monitoring, planning and control of costs and quality)
Plant operation (basics, operational management, personnel, organisation, maintenance)
Future requirements due to transformation of the industry

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

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

1. Die notwendigen Realisierungsschritte von der Idee eines Anlagenbauprojekts bis zum Betrieb der Anlage zu beschreiben, insbesondere
2. Inhalte und Ziele einer Machbarkeitsstudie einschließlich der Wirtschaftlichkeitsuntersuchung (Investitionsrechnung) als Basis für die investitionsentscheidung zu formulieren und die Eigenheiten der involvierten Fachgebiete zu erklären, die Anlagenplanung und -bau zu einer äußerst komplexen Aufgabe machen.
3. Die Beschaffung, das Genhemigungsverfahren, die Errichtung und Inbetriebnahme eines komplexen Anlagenbauprojektes und die die Ziele und Herausforderungen des Betriebs der Anlage darzustellen.
4. Die Verfahren der Investitionsrechnung zu erklären und eine Investitionsrechnung für ein Anlagenbauprojekt durchzuführen.

	On successful completion of this module, students should be able to 1. Describe the necessary realisation steps from the initial idea of a power plant project to its operation, in particular, 2. Formulate the contents and objectives of a feasibility study including an economic feasibility study (investment calculation) as a basis for investment decision and to explain the peculiarities of the disciplines involved which make plant planning and an extremely complex task. 3. Describe the procurement, the approval process, the construction and commissioning of a complex plant construction project and the objectives and challenges of plant operation. 4. Explain the procedure of dynamic investment calculations for the economic analyses of a project and to carry out an investment calculation for a plant construction project.
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 Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB 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 6. Februar 2024. Titel bisher: Planung, Bau, Inbetriebnahme und Betrieb von Großanlagen. Changed module description accepted from academic department on 6 February 2024. Previous title: Design, Building, Commissioning, and Operation of large-scale Plants.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title Fertigungs- und beanspruchungsgerecht urgeformte Bauteile **Manufacturing and Load optimized Cast Components**					
Modul Nr. / Code 16-26-3214	**Credits** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 97 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / 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 abhängig von den Umständen (Anzahl der Studierenden, Pandemie etc.) bekanntgegeben / Will be announced at the beginning of the term depending on the circumstances (number of students, pandemic etc.).
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving credits** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB 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 / Module description

Modulname / Module Title

Mathematische Methoden in der Strömungsmechanik: Exakte und Symmetrie-Methoden

Mathematical Methods in Fluid Mechanics: Exact and Symmetry Methods

Modul Nr. / Code	Leistungspunkte / Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-64-5230	6 CP	180 h	135 h	Semester	SoSe

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 Strömungsmechanik: Exakte und Symmetrie-Methoden	Vorlesung / Lecture	34 h (3 SWS)
-ue	Mathematische Methoden in der Strömungsmechanik: 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 Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB 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.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Mathematische Methoden in der Strömungsmechanik: Störungsrechnung

Mathematical Methods in Fluid Mechanics: Regular and Singular Perturbations

Modul Nr. / Code	Leistungspunkte / Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-64-3254	6 CP	180 h	135 h	Semester	WiSe

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 Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB 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	Leistungspunkte / Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-64-5220	6 CP	180 h	135 h	1 Semester	WiSe

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 Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature** Vorlesungsskript / Lecture Notes

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title **Messtechniken in der Strömungsmechanik** Measurement Techniques in Fluid Mechanics					
Modul Nr. / Code 16-11-5160	**Leistungspunkte / Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 97 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** WiSe
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 Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points

	Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (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 16-14-5050	**Leistungspunkte / Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 86 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** WiSe
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 Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB 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 16-25-3194	**Leistungspunkte / Credit Points** 6 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 180 h	**Selbststudium / Individual study** 135 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** WiSe
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.) Wird zu Beginn der Veranstaltung abhängig von den Umständen (Anzahl der Studierenden, Pandemie etc.) bekanntgegeben / Will be announced at the beginning of the term depending on the circumstances (number of students, pandemic etc.).
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB 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 / Module description

Modulname / Module Title					
Mikromechanik von Verbundwerkstoffen **Micromechanics of Composite Materials**					
Modul Nr. / Code 16-12-4224	**Leistungspunkte / Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 97 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** SoSe
Sprache / Language: Englisch / English **Level (EQF/DQR)**: 7			**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Dr. habil. L. Mishnaevsky Jr.		

1	**Kurse des Moduls / Courses**			
	Kurs Nr. / Code	**Kursname / Course Title**	**Lehrform / Form of teaching**	**Kontaktzeit / Contact hours**
	-vl	Micromechanics of Composite Materials	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

In dem Modul werden Kenntnisse über neue Verbundwerkstoffe, ihre Anwendungen, Einfluss von ihren Mikrostrukturen und Möglichkeiten der weiteren Optimierung mittels folgender Themenbereiche vermittelt:

1. Verbundwerkstoffe und ihre Anwendungen
2. Mikrostrukturmechanik von Polymerverbundwerkstoffen: Analyse des mechanischen Verhaltens von Materialien anhand ihrer Mikrostruktur
3. Biologische Werkstoffe, ihre Strukturen und Eigenschaften
4. Verformungsverhalten und nichtlineares Materialverhalten. Schädigungsmodellierung
5. Composite-Strukturen. Rotorblätter von Windkraftanlagen
6. Reparatur und Recycling von Polymerverbundwerkstoffen
7. Nanowerkstoffe, intelligente und multifunktionale Verbundwerkstoffe. Sensing und selbstheilende Verbundwerkstoffe
8. Potenzial des computergestützten Designs von Verbundwerkstoffen

This course includes the following topics:

1. Composite materials and their application
2. Microstructural mechanics of polymer composites: Analysis of mechanical behavior of materials based on their microstructure
3. Biological structural materials, their structures and unusual performance
4. Deformation and nonlinear material behaviour. Damage modelling
5. Composite structures: Examples of wind turbine blades
6. Repair and recycling of polymer composites
7. Nano engineered materials, smart and multifunctional materials. Sensing and self-healing composites
8. Potential of computational design of composite materials

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

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

1. Typische Merkmale und Strukturen der modernen Verbundwerkstoffe und ihre Anwendungen zu erklären
2. Typische Mikrostrukturen biologischer Strukturmaterialien und deren Auswirkung auf die Leistung der Werkstoffe zu beschreiben

	3. Den Effekt von Einschlüssen und Hohlräumen auf den Spannungszustand und Schädigung von Verbundwerkstoffen unter mechanischer Belastung mit FE Code Abaqus (Studentenversion) zu berechnen 4. Methoden der Modellierung von Schädigung und Defekten in Verbundwerkstoffen zu beschreiben 5. End-of-Life-Szenarien von Polymerverbundstrukturen zu beschreiben, einschließlich Reparatur und Recycling 6. Typische Strukturen neuer multifunktioneller Verbundwerkstoffe, einschl. Nanoverbundwerkstoffe und intelligente Verbundwerkstoffe sowie ihre Modellierungsmethoden zu beschreiben. On successful completion of this module, students should be able to: 1. Describe the main groups of advanced composites and their applications, 2. Describe common microstructures of biological structural materials and their effect of their performance, 3. Evaluate the effect of simple structural elements in composites (inclusions and voids) on stress state of and damage initiation in composites, using finite element (Abaqus) model of composite, 4. Explain the methods of modelling of damage and defects in composite materials, 5. Describe the end of life scenarios of polymer composite structures, including repair and recycling, 6. Describe the typical structures of new groups of composites, nanoengineered and smart composites, and methods of modelling.
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** Vorteilhaft: grundlegende Progammierkenntnisse Recommended: Basic programming skills
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Klausur (90 min) oder mündliche Prüfung (30 min) / Written (90 min) or oral (30 min) exam Wird zu Beginn der Veranstaltung abhängig von den Umständen (Anzahl der Studierenden, Pandemie etc.) bekanntgegeben / Will be announced at the beginning of the term depending on the circumstances (number of students, pandemic etc.).
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving credits** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft)
9	**Literatur / Literature** L. Mishnaevsky Jr, Computational Mesomechanics of Composites, Wiley, 2007, 280 pp. (available as pdf on request) T. W. Clyne, D. Hull, An Introduction to Composite Materials
	Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 6. Februar 2024. Module description accepted from academic department on 6 February 2024.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title **Modellbildung in der Maschinenakustik** Modeling techniques in machine acoustics					
Modul Nr. / Code 16-26-3194	**Leistungspunkte / Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 97 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** SoSe
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** Klausur 120 min oder mündliche Prüfung 30 min. Written exam 120 min or oral exam 30 min. Wird zu Beginn der Veranstaltung abhängig von den Umständen (Anzahl der Studierenden, Pandemie etc.) bekanntgegeben / Will be announced at the beginning of the term depending on the circumstances (number of students, pandemic etc.).
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Requirement for receiving credits** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB 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 / Module Description

Modulname / Module Title **Motorräder** Motor Cycles					
Modul Nr. / Code 16-27-5070	**Leistungspunkte / Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Private study** 97 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Frequency** SoSe
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 Wird zu Beginn der Veranstaltung abhängig von den Umständen (Anzahl der Studierenden, Pandemie etc.) bekanntgegeben / Will be announced at the beginning of the term depending on the circumstances (number of students, pandemic etc.).
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Kreditpunkten / Requirement for receiving credits** Bestehen der Prüfungsleistung /Passing the examination
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Assoziated study programme** WPB Master MB 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

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Multiskalen-Methoden in der Festkörpermechanik

Multiscale Methods in Solid 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	WiSe

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 Solid Mechanics	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)
-ue	Multiscale Methods in Solid 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 Festkörpermechanik 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 solid 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** Klausur (90 min) oder mündliche Prüfung (30 min) / Written exam (90 min) or oral exam (30 min) Wird zu Beginn der Veranstaltung abhängig von den Umständen (Anzahl der Studierenden, Pandemie etc.) bekanntgegeben / Will be announced at the beginning of the term depending on the circumstances (number of students, pandemic etc.).
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** Master MBSE WPB III 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
	Geänderte Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 7. November 2023. Titel bisher: Multiscale Methods in Computational Mechanics. Vorher im WPB II. Changed module description accepted from academic department on 7 November 2023. Previous title: Multiscale Methods in Computational Mechanics. Previous: Electives Area II.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title **Nichtlineare Dynamik** Nonlinear Dynamics					
Modul Nr. / Code 16-25-5160	**Leistungspunkte / Credit Points** 6 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 180 h	**Selbststudium / Individual study** 135 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** SoSe
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

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

	Wird zu Beginn der Veranstaltung abhängig von den Umständen (Anzahl der Studierenden, Pandemie etc.) bekanntgegeben / Will be announced at the beginning of the term depending on the circumstances (number of students, pandemic etc.).
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB 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.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title					
Nichtlineare Finite-Elemente-Analyse im Leichtbau Nonlinear Finite Element Analysis in Lightweight Design					
Modul Nr. / Code 16-12-3154	**Leistungspunkte / Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 86 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** SoSe
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 Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master AE III Nat_Ing-Bereich 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 / Module description

Modulname / Module Title **Numerische Methoden der Aerodynamik** Computational Aerodynamics					
Modul Nr. / Code 16-11-5091	**Leistungspunkte / Credit Points** 6 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 180 h	**Selbststudium / Individual study** 146 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** SoSe
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 Leistungspunkten / Requirement for receiving credits** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB 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 / Module description

Modulname / Module Title

Numerische Modellierung von Transportprozessen in Fluiden

Computational modelling of transport processes in fluids

Modul Nr. / Code	Leistungspunkte / Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-11-5141	6 CP	180 h	146 h	1 Semester	WiSe

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 Leistungspunkten / Requirement for receiving credits** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB 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 / Module description

Modulname / Module Title **Oberflächentechnik II** Surface Technologies II					
Modul Nr. / Code 16-08-5070	**Leistungspunkte / Credit Points** 6 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 180 h	**Selbststudium / Individual study** 146 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** SoSe
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. Wird zu Beginn der Veranstaltung abhängig von den Umständen (Anzahl der Studierenden, Pandemie etc.) bekanntgegeben / Will be announced at the beginning of the term depending on the circumstances (number of students, pandemic etc.).
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB 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 16-16-5190	**Leistungspunkte / Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 97 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** WiSe
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 25 min / Oral exam 25 min.
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** Master PST Pflicht WPB Master MB 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	Leistungspunkte / Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-16-5070	4 CP	120 h	97 h	1 Semester	WiSe

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 Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB 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

Printed Electronics

Printed Electronics

Modul Nr. / Code	Leistungspunkte / Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-17-5110	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. 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 Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB 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	Leistungspunkte / Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-17-5210	4 CP	120 h	74 h	1	SoSe

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 Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB 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.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title **Schadenskunde** Failure Analysis					
Modul Nr. / Code 16-08-5050	**Leistungspunkte / Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 97 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** WiSe
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 Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB 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					
Ausgewählte Kapitel der Raumfahrtantriebe **Selected Topics of Space Propulsion**					
Modul Nr. / Code 16-04-4154	**Credits** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 97 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** WiSe
Sprache / Language: Englisch / English **Level (EQF/DQR)**: 7			**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Dr.-Ing. M. Börner		

1	**Kurse des Moduls / Courses**			
	Kurs Nr. / Code	**Kursname / Course Title**	**Lehrform / Form of teaching**	**Kontaktzeit / Contact hours**
	-vl	Selected Topics of Space Propulsion	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Der Kurs "Selected Topics of Space Propulsion" besteht aus Vorträgen von unterschiedlichen Experten, die sich mit verschiedenen wichtigen Aspekten der Raumfahrtantriebe befassen. Dazu zählen z.B. die Themen Turbopumpen, Zündungstechnologien, Lebenszyklusanalyse, Besonderheiten von Stufung und Trägerraketenstufen, Treibstoffe, Strukturmechanik, Verbrennung, Trägerraketen- und Missionsdesign und Architektur. Der Schwerpunkt der Veranstaltung liegt auf der Vermittlung dieser wichtigen fachlichen Inhalte und der Vermittlung der Vielfalt der involvierten Disziplinen und ihrer Zusammenarbeit, die für die erfolgreiche Entwicklung und den Betrieb von Raumtransportsystemen wichtig sind und zeigt somit die Pluridisziplinarität des Themenfeldes.

Die Vorträge werden von Experten als Online-Präsentationen gehalten. Ein Schwerpunkt liegt dabei auf den technischen Herausforderungen von Raumfahrtantrieben. Nach jedem Vortrag werden Fragen des Auditoriums mit den Referenten diskutiert. Durch die Gespräche mit Experten aus der Praxis lernen die Studierenden die aktuellen technischen Herausforderungen und Probleme kennen und erfahren wie diese in Industrie, Agenturen und Forschungseinrichtungen gelöst werden.

Die Lehrveranstaltung soll als kollaborative Veranstaltung zusammen mit der Technischen Universität München (Prof. Manfletti) durchgeführt werden.

The course "Selected Topics of Space Propulsion" consists of lectures by experts which present different important aspects of space propulsion technology such as turbo pumps, ignition technology, life cycle analysis, specifics of staging and stages, propellants, structural mechanics, combustion, launcher and mission design and architecture. A focus is put on the variety of disciplines and their interaction which are all important for successful space transportation systems and therefore demonstrates the multi-disciplinarily of this domain.

The lectures will be hold by internal and external experts by online presentations. A focus will be on technical challenges of space propulsion applications. Specific questions may be discussed with the lecturers after each lecture. Through the talks to experts from the field, the students will get in contact with current technical issues and how these are handled in industry, agencies and research institutes.

The course is planned as a collaborative event together with Technische Universität München (Prof. Manfletti).

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

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

1. Die in den Vorträgen formulierten, aktuellen Herausforderungen im Bereich der Raumfahrtantriebe darzustellen und in den Kontext der Zielsetzungen des Raumtransports zu setzen.

	2. Die ingenieurwissenschaftlichen und naturwissenschaftlichen Methoden zur Lösung dieser technischen Aufgaben wiederzugeben und jeweils in Bezug auf finanziellen und zeitlichen Aufwand gegeneinander abzuwägen. 3. Die sich durch unterschiedliche Problemlösungen ergebenen Zielkonflikte bei Auslegung und Betrieb von Raumfahrtantrieben zu identifizieren und zu bewerten. 4. Die vermittelten Lösungsansätze auf technische Probleme für neue Raumfahrtantriebskonzepte zu transferieren. On successful completion of this module, students should be able to: 1. Decipt the current challenges in the field of space propulsion as formulated in the presentations and place these challenges in the context of the objectives of space transportation. 2. State the engineering and scientific methods for solving these technical tasks and to weigh them against each other in terms of financial and time expenditure. 3. Identify and evaluate the conflicts of objectives arising from different problem solutions in the design and operation of space propulsion systems. 4. Transfer the solution approaches taught to technical problems for new space propulsion concepts.
4	**Voraussetzung für die Teilnahme -/ Prerequisites for participation** Empfohlen: Vorlesung “Raumfahrtantriebe und Raumtransportsysteme”. Grundlagen der Strömungslehre und Thermodynamik Recommended: Lecture “Rocket propulsion and space transportation systems”. Basics in fluid dynamics and thermodynamics
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Klausur (60 min) oder mündliche Prüfung (30 min) / Written (60 min) or oral exam (30 min) Wird zu Beginn der Veranstaltung abhängig von den Umständen (Anzahl der Studierenden, Pandemie etc.) bekanntgegeben / Will be announced at the beginning of the term depending on the circumstances (number of students, pandemic etc.).
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 AE III Nat_Ing-Bereich WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature** Vorlesungsunterlagen werden elektronisch (pdf) zur Verfügung gestellt. Lecture notes will be provided electronically (pdf)
	Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 7. Juni 2022. Module description accepted from academic department on 7 June 2022.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title					
Raumfahrtrückstände – Risiken, Überwachung und Vermeidung **Space Debris – Risks, Surveillance and Mitigation**					
Modul Nr. / Code 16-23-3164	**Leistungspunkte / Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 97 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** SoSe
Sprache / Language: Englisch / English **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	Space Debris – Risks, Surveillance and Mitigation	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 Leistungspunkten / Requirement for receiving credits** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master AE III Nat_Ing-Bereich 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 / Module description

Modulname / Module Title					
Raumfahrtmechanik **Space Flight Mechanics**					
Modul Nr. / Code 16-23-4234	**Leistungspunkte / Credit Points** 6 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 180 h	**Selbststudium / Individual study** 135 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** WiSe
Sprache / Language: Englisch /English **Level (EQF / DQR):** 7			**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Dr.-Ing. F. Renk		

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; Bahnwechselmanöver, interplanetare Missionen; Bemerkungen zum Drei-Körper-Problem; derzeitige Missionen im europäischen Raumfahrtprogramm und die dazugehörigen Bahnen.

Kepler's laws, two-body problem; satellite orbits and orbital elements, perturbation of the orbital elements; orbital transfer manoeuvres, interplanetary trajectories, the three-body problem and current missions and trajectory design problems 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 von Raumflugkörper mittels geometrischer Analyse, algebraischer und/oder numerischer Analyse zu beschreiben.
2. Die grundlegenden himmelsmechanischen Gesetze zu erläutern, wie die Anwendbarkeit und Beschränkungen der Keplerschen Gesetze und die Methoden der Störungsrechung.
3. Kegelschnitten zur Abschätzung von interplanetaren Bahnen anzuwenden.
4. Die Probleme und die Möglichkeiten des erdnahen und interplanetaren Raumflugs zu beschreiben.
5. Die operationellen Einschränkungen zu verstehen und zu beschreiben, die die Auswahl der Flugbahnen beschränken könnten.
6. Die besondere Terminologie und Einheitensystematik der Raumfahrtmechanik zu benennen und zu verwenden.
7. 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. Describe the orbit of spacecraft by means of geometric analysis, 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. Use the principle of the patched conics approach for trajectory design.
4. Describe the challenges and capabilities of planetary and inter-planetary space flight.
5. Understand and apply the operational constraints that can affect the trajectory design.
6. Name and apply the special nomenclature and system of units that appear in celestial mechanics.

	7. 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** Erfolgreiche Teilnahme an der Vorlesung/Prüfung „Grundlagen der Raumfahrtsysteme“ empfohlen Recommended Successful participation in the course/examination „Foundations of Space Stations“
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Schriftliche Endklausur (90 min.) oder mündliche Prüfung 20 min. / Written final exam (90 min) or oral exam 20 min. Wird zu Beginn der Veranstaltung abhängig von den Umständen (Anzahl der Studierenden, Pandemie etc.) bekanntgegeben / Will be announced at the beginning of the term depending on the circumstances (number of students, pandemic etc.).
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung; Standard (Ziffernote) / Technical Examination; Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master AE III Nat_Ing-Bereich 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
	Geänderte Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 11. Juli 2023. Changed module description accepted from academic department on 11 July 2023.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title
Raumfahrtantriebe und Raumfahrttransportsysteme

Space Propulsion and Space Transportation Systems

Modul Nr. / Code	Leistungspunkte / Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-04-3114	4 CP	120 h	97 h	1 Semester	SoSe

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

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** Klausur (60 min) oder mündliche Prüfung (30 min) / Written (60 min) or oral exam (30 min) Wird zu Beginn der Veranstaltung abhängig von den Umständen (Anzahl der Studierenden, Pandemie etc.) bekanntgegeben / Will be announced at the beginning of the term depending on the circumstances (number of students, pandemic etc.).
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Kreditpunkten / Requirement for receiving credits** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master AE III Nat_Ing-Bereich WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature** Vorlesungsunterlagen werden elektronisch (pdf) zur Verfügung gestellt. Lecture notes will be provided electronically (pdf)
	Geänderte Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 8. Februar 2022. Changed module description accepted from academic department on 8 February 2022.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title
Systemische Betrachtung des Luftverkehrs

Systemic Evaluation of Air Traffic

Modul Nr. / Code	Leistungspunkte / Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-23-3144	4 CP	120 h	97 h	1 Semester	SoSe

Sprache / Language: Englisch / English **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	Systemic Evaluation of Air Traffic	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**
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Klausur (60 min) oder mündliche Prüfung (20 min) / Written (60 min) or oral exam (20 min) Wird zu Beginn der Veranstaltung abhängig von den Umständen (Anzahl der Studierenden, Pandemie etc.) bekanntgegeben / Will be announced at the beginning of the term depending on the circumstances (number of students, pandemic etc.).
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master AE III Nat_Ing-Bereich 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 / Module description

Modulname / Module Title

Technologie und Management im Werkzeug- und Formenbau

Technology and Management in Tool and Mold Making Industry

Modul Nr. / Code	Leistungspunkte / Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-09-5130	4 CP	120 h	97 h	1 Semester	WiSe

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 Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points

Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.

7 Benotung / Grading system

Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)

8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature** Hinweise zu Beginn der Vorlesung. / References at the beginning of the lecture.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title Stabilitätstheorie **Theory of Elastic Stability**					
Modul Nr. / Code 16-12-3144	**Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 86 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** WS
Sprache / Language: Englisch / English **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	Theory of Elastic Stability	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)
	-ue	Theory of Elastic Stability	Übung / Recitation	11 h (1 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Typische Stabilitätsprobleme der Elastostatik; Knicken von Stäben; Biegedrillknicken und Kippen; Plattenbeulen.

Typical stability problems in elastostatics; Buckling of beams; Flexural torsional buckling and lateral buckling; Buckling of plates.

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 zu erklären und die entsprechenden Lösungsverfahren anzuwenden.
2. Stabilitätsprobleme von Stäben und Stabwerken exakt und näherungsweise zu lösen.
3. Stabilitätsprobleme von ebenen 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 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 in a secure way.

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** 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 15. November 2022. Changed module description accepted from academic department on 15 November 2022.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title					
Thermische Turbomaschinen Thermal Turbomachinery					
Modul Nr. / Code 16-04-4144	**Leistungspunkte / Credit Points** 8 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 240 h	**Selbststudium / Individual study** 194 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** SoSe
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**
	-vl	Thermische Turbomaschinen	Vorlesung / Lecture	46 h (4 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Kreisprozesse; Stationäre Gasturbine (GT); GT mit Zwischenüberhitzung; GT mit Zwischenkühlung; Wellenleistungstriebwerk; Strahltriebwerk mit Nachverbrennung; Zweistromtriebwerk; Aeroderivat; Dampfturbine; Radialverdichter; Radialturbine; Turbolader.

Thermal cycles; gas turbine (GT); GT with reheat; GT with intercooling; turboshaft engine; jet engine with afterburner; by-pass engines; aeroderivative; steam trubine; radial compressor; radial turbine; turbo charger

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. Spezielle Turbomaschinenarten wie stationäre Gasturbine, Strahltriebwerke, Wellenleistungstriebwerke, Dampfturbine 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) abzuleiten.
4. Die Betriebsweise einer Gasturbine zu erklären
5. Zwischen der Betriebsweise eine Gasturbine und der eines Triebwerks zu unterscheiden.
6. Zwischen einer axialen und radialen Bauweise einer Turbomaschine zu unterscheiden, die Vor- und Nachteile dieser Bauweisen zu benennen
7. Die Herausforderungen an zukünftige Turbomaschinen zu benennen und Lösungsmöglichkeiten hierfür aufzuzeigen.

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, jet engines, turboshaft engines, steam 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 operating mode of a gas turbine. 5. Distinguish between the operating mode of a gas turbine and a jet engine. 6. Distinguish between an axial and a radial design of a turbomachine, to name the advantages and disadvantages of these designs. 7. Identify the challenges facing future turbomachines and to point out possible solutions.
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** Grundlagenkenntnisse in Thermodynamik und Strömungslehre (hier insbesondere kompressible Strömung sowie Grundlagen der Turbomaschinen) werden empfohlen Basic knowledge in thermodynamics and fluid mechanics (especially compressible flow) as well as fundamentals in turbomachinery are recommended
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Klausur (90 min) oder mündliche Prüfung 30 min / Written (90 min) or oral exam 30 min. Wird zu Beginn der Veranstaltung abhängig von den Umständen (Anzahl der Studierenden, Pandemie etc.) bekanntgegeben / Will be announced at the beginning of the term depending on the circumstances (number of students, pandemic etc.).
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft)/ WPB Master MPE III (courses of natural and engineering science) WPB Master Aerospace Engineering III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) / WPB Master Aerospace Engineering III (courses of natural and engineering science)
9	**Literatur / Literature** Skript: Flugantriebe und Gasturbinen (Deutsch) Vorlesungsfolien inklusive der Tonaufnahme von der Vorlesung (auf der Homepage des Fachgebiets abrufbar, www.glr.maschinenbau.tu-darmstadt.de) Rick, H.: Gasturbinen und Flugantriebe, Springer Vieweg (Deutsch) Lechner, C.; Seume, J.: Stationäre Gasturbinen , Springer Verlag (Deutsch) Baines, N.C.:Fundamentals of Turbocharging, Concepts/NREC (Englisch) Saravanamuttoo, H.I.H..; Cohen, H.; Roger, G.F.C.: Gas Turbine Theory, Pearson Education (Englisch) Lecture notes: Flugantriebe und Gasturbinen (German) Lecture slides including voice recording of the lecture (accessible via homepage of the institute, www.glr.maschinenbau.tu-darmstadt.de). Rick, H.: Gasturbinen und Flugantriebe, Springer Vieweg (German) Lechner, C.; Seume, J.: Stationäre Gasturbinen , Springer Verlag (German) Baines, N.C.:Fundamentals of Turbocharging, Concepts/NREC (Englisch) Saravanamuttoo, H.I.H..; Cohen, H.; Roger, G.F.C.: Gas Turbine Theory, Pearson Education (English)

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title **Thermische Verfahrenstechnik** Thermal Process Engineering					
Modul Nr. / Code 16-16-3264	**Leistungspunkte / Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 97 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** Vorlesung ausgesetzt
Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF/DQR)**: 7			**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** N.N. (Dr.-Ing. K. Wekenborg bis einschl. SoSe 2023)		

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**
5	**Prüfungsform / Assessment methods** mündliche Prüfung (25 min) / oral exam (25 min)
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Requirement for receiving credits** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB 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 / Module description

Modulname / Module Title

Trends in Automotive Engineering (a unite!-Lecture)

Trends in Automotive Engineering (a unite!-Lecture)

Modul Nr. / Code	Leistungspunkte / Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-27-5030	4 CP	120 h	102 h	1 Semester	SoSe

Sprache / Language: Englisch / English **Level (EQF / DQR):** 7	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr.-Ing. S. Peters (supported by TU Graz and others from unite!)

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

Diese (i.d.R. virtuell angebotene) „Europa-Vorlesung“ behandelt Entwicklungstendenzen der globalen Automobilindustrie und aktuelle Forschungsthemen fahrzeugtechnischer Institute im unite!-Verbund führender technischer Universitäten der EU: System und Funktionsentwicklung in der Fahrassistenz bzw. beim automatisierten Fahren, nachhaltige Antriebstechnik, etc.

This (usually virtually offered) "European Lecture" covers development trends in the global automotive industry and current research topics of vehicle technology institutes in unite!: system and function development in advanced driving assistance systems or automated driving systems, sustainable powertrain technology, etc.

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 Fahrassistenzsysteme und automatisiertes Fahren sowie nachhaltiger Antriebstechnik zu diskutieren.
2. Die aktuellen Entwicklungen in diesen Bereichen zu erläutern.
3. Die Grenzen und Möglichkeiten verschiedener Ansätze einzuschätzen.

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

1. Report and discuss about present and forward-looking technologies in the fields of driver assistance systems and automated driving technology as well as sustainable powertrain solutions.
2. Explain current developments.
3. Evaluate possibilities and limitations of distinct approaches.

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

Kraftfahrzeugtechnisches Grundlagenwissen empfohlen

Fundamentals of automotive engineering recommended

5 Prüfungsform / Assessment methods

Schriftliche Prüfung 90 min oder mündliche Prüfung 30 min / Written Exam 90 min or oral Exam 30 min.

	Wird zu Beginn der Veranstaltung abhängig von den Umständen (Anzahl der Studierenden, Pandemie etc.) bekanntgegeben / Will be announced at the beginning of the term depending on the circumstances (number of students, pandemic etc.).
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB 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 15. November 2022. Changed module description accepted from academic department on 15 November 2022.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Uncertainty Quantification: Methods, Applications, Challenges

Quantifizierung von Unsicherheit: Methoden, Anwendungen, Herausforderungen

Modul Nr. / Code	**Leistungspunkte / Credit Points**	**Arbeitsaufwand / Work load**	**Selbststudium / Individual study**	**Moduldauer / Duration**	**Angebotsturnus / Semester**
16-26-4224	4 CP	120 h	86h	1 Semester	WiSe

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

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	**Kursname / Course Title**	**Lehrform / Form of teaching**	**Kontaktzeit / Contact hours**
-vl	Uncertainty Quantification: Methods, Applications, Challenges	Vorlesung / Lecture	23 h (2 SWS)
-ue	Uncertainty Quantification: Methods, Applications, Challenges	Übung / Recitation	11 h (1 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Im modernen Produktenwicklungsprozess gerät die vorherrschende Unsicherheit immer mehr in den Blickpunkt. Häufig können für Modellparameter, wie z.B. Reibungs- und Dämpfungsparameter, oft keine Einzahlwerte, sondern lediglich Intervalle bzw. Verteilungen angegeben werden. Um die Vorhersagegenauigkeit von Modellen zu erhöhen, ist es daher wichtig, die Unsicherheit zu quantifizieren und zu verringern. Die dadurch erhöhte Vorhersagefähigkeit der Modelle trägt dazu bei, Produkte entwickeln zu können, deren Belastbarkeit besser auf die Belastung abgestimmt sind und hierdurch ressourceneffizienter gestaltet werden können. In dieser Lehrveranstaltung werden den Studierenden die grundlegenden Methoden vermittelt, um die Unsicherheit in realen technischen Systemen zu beschreiben, quantifizieren und zu bewerten.

In the modern product development process, the prevailing uncertainty is increasingly coming into focus. In many cases, it is not possible to specify single number values for model parameters, such as friction and damping parameters, but only intervals or distributions. To increase the predictive accuracy of models, it is therefore important to quantify and reduce uncertainty. The resulting improvement in the predictive ability of models contributes to the development of products whose load capacity is better adapted to the load and can thus be designed in a more resource-efficient way. In this course, students are taught the basic methods to describe, quantify, and evaluate uncertainty in real engineering systems.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

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

1. Die verschiedenen Typen von Unsicherheit an realen technischen Systemen zu erkennen und selbstständig eine Vorgehensweise zu deren Quantifizierung und Bewertung zu entwickeln.
2. Eine Sensitivitätsanalyse durchzuführen, um die wichtigsten Parameter eines Modells mit Hilfe von Methoden wie Sobol-Indizes und Morris-Screening zu ermitteln.
3. Die Unsicherheit von Modellen mithilfe von Markov-Chain-Monte-Carlo-Methoden zu quantifizieren und die Ergebnisse zu interpretieren.
4. Die quantifizierte Unsicherheit durch ein Modell (Monte-Carlo Simulation und Stochastische Spektrale Methoden) zu betrachten.
5. Schnelle Ersatzmodelle von komplexen rechenintensiven Modellen zu bilden, um auch diese einer Unsicherheitsquantifizierung zugänglich zu machen. Behandelt werden Methoden wie

	Gaussprozess-Regression (GPR), Support-Vector-Machines (SVM), Polynomial Chaos Expansion (PCE). 6. Die Ausfallwahrscheinlichkeit eines Systems anhand der quantifizierten Unsicherheit zu bewerten mithilfe der subset simulation. On successful completion of this module, students should be able to: 1. Recognize the different types of uncertainty in real technical systems and independently develop an approach to quantify and evaluate them 2. Perform a sensitivity analysis to identify the most important parameters of a model using methods such as Sobol Indices, Morris Screening 3. Quantify the uncertainty of models using Markov chain Monte Carlo methods and interpret the results 4. Consider the quantified uncertainty through a model (Monte-Carlo-Simulation and Stochastic Spectral Methods) 5. Build fast surrogate models of complex computationally intensive models to make them also amenable to uncertainty quantification using Gaussian Process Regression (GPR), Support-Vector-Machine (SVM), Polynomial Chaos Expansion (PCE) 6. Evaluate the failure probabilities of a system based on the quantified uncertainty using subset simulation
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** Empfohlen / Recommended: - Mathematische Grundlagen des Maschinellen Lernens / Mathematics of Machine Learning
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** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master AE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft)
9	**Literatur / Literature** [1] Smith, Ralph C. (2014): Uncertainty quantification. Theory, implementation, and applications. Philadelphia: siam Society for Industrial and Applied Mathematics (Computational science & engineering, 12). [2] Pelz, Peter F.; Groche, Peter; Pfetsch, Marc E.; Schaeffner, Maximilian (Hg.) (2021): Mastering Uncertainty in Mechanical Engineering. 1st ed. 2021. Cham: Springer International Publishing; Imprint Springer (Springer Tracts in Mechanical Engineering).
	Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 11. Juli 2023. Module description accepted from academic department on 11 July 2023.

MModulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title **Verbindungstechnik** Joining Technology					
Modul Nr. / Code 16-08-5080	**Leistungspunkte / Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 97 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** SoSe
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 Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB 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 **Virtuelle Produktentwicklung C – Produkt- und Prozessmodellierung** Virtual Product Development C					
Modul Nr. / Code 16-07-5050	**Leistungspunkte / Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 97 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** SoSe
Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF / DQR):** 7			**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr.-Ing. Dipl-Wirt.-Ing. B. Schleich		

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 Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master-Studiengang MPE III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik) 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 16-05-3184	**Leistungspunkte / Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 97 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / 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 Leistungspunkten / Requirement for receiving credits** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB 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 / Module description

Modulname / Module Title

Weiterführende Methoden der Strömungssimulation

Advanced Methods for Flow Simulation

Modul Nr. / Code	Leistungspunkte / Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-19-5100	4 CP	120 h	97 h	1 Semester	SoSe

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 Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB III (Wahlfächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft) WPB Master PST III (Fächer aus Natur- und Ingenieurwissenschaft für Papiertechnik)
9	**Literatur / Literature** Hinweise zu Beginn der Vorlesung. / References at the beginning of the lecture.

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	**Leistungspunkte / Credit Points**	**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. C. 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 ~ 15 min / Person) / Written (90 min) or oral exam (45 min per group with 3 people ~ 15 min per participiant). Wird zu Beginn der Veranstaltung abhängig von den Umständen (Anzahl der Studierenden, Pandemie etc.) bekanntgegeben / Will be announced at the beginning of the term depending on the circumstances (number of students, pandemic etc.).
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Requirement for receiving credits** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB 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 / Module description

Modulname / Module Title					
Work Organization in Intercultural Context **Work Organization in Intercultural Context**					
Modul Nr. / Code 16-21-5120	**Leistungspunkte / Credit Points** 2 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 60 h	**Selbststudium / Individual study** 40 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** SoSe + WiSe
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**
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 Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfungen (je 50%): Kolloquium und Hausarbeit; Standard (Ziffernote) / Technical Examinations (both 50%): Oral examination and homework; Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** WPB Master MB 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 / 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	Leistungspunkte / Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
07-08-0304	4 CP	120 h	86 h	1 Semester	WiSe

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 Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points

	Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (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	Leistungspunkte / Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
07-08-0305	4 CP	120 h	86 h	1 Semester	SoSe

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 Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (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	Leistungspunkte / Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
07-08-0314	4 CP	120 h	40 h	1 Semester	SoSe

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 Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (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	Leistungspunkte / Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
07-08-0315	4 CP	120 h	40 h	1 Semester	WiSe

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 Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (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	Leistungspunkte / Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
07-08-0310	4 CP	120 h	86 h	1 Semester	WiSe

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.

	Wird zu Beginn der Veranstaltung abhängig von den Umständen (Anzahl der Studierenden, Pandemie etc.) bekanntgegeben / Will be announced at the beginning of the term depending on the circumstances (number of students, pandemic etc.).
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (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** Hinweise zu Beginn der Vorlesung. / References at the beginning of the lecture.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Einführung in die Makromolekulare Chemie II

Basics of Macromolecular Chemistry II

Modul Nr. / Code	Leistungspunkte / Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
07-08-0313	4 CP	120 h	86 h	1 Semester	WiSe

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 Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (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	Leistungspunkte / Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
10-30-1100	4 CP	120 h	97 h	1 Semester	WiSe

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

5 Prüfungsform / Assessment methods

Mündliche Prüfung 30 min / Oral exam 30 min.

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

Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.

7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100%); Standard (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	Leistungspunkte / Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-16-3204	4 CP	120 h	75 h	1 Semester	WiSe

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 empfohlen Lecture Paper testing recommended
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Protokoll , Kolloquium und Demonstration von 1-3 Messmethoden (30 min)
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfungen (Protokoll 20%, Kolloquium 80 %) (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examinations (Protocol 20%, Colloquium 80%); Standard (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 16-16-3114	**Leistungspunkte / Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 75 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** SoSe
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** Protokoll, Kolloquium und praktische Bedienung der Piloteinrichtungen (30 min)
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfungen (Protokoll 20%, Kolloquium 80 %) (100%); Standard (Ziffernote) / Technical Examinations (Protocol 20%, Colloquium 80%); Standard (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 10-30-1000	**Leistungspunkte / Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 97 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** WiSe
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

5 Prüfungsform / Assessment methods

Klausur 30 min / Written exam 30 min.

6 Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / 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