Masterstudiengänge
Aerospace Engineering (M.Sc.)
Maschinenbau (M.Sc.)
Tutorials / Tutorien

Ergänzung zum Modulhandbuch / Supplement Module Handbook
Stand: 28.02.2024

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

© TU Darmstadt, Fachbereich Maschinenbau 2024

MASCHINENBAU
We engineer future

Übersicht

Tutorial 3D-Bioprinting Technology and its Applications ... 3
Tutorial Aeroelastic Analysis in Flight Propulsion ... 5
Tutorial Application and Characterization of Biomaterials ... 7
Tutorial CFD in Turbomachinery ... 9
Tutorial CFD-based simulation and optimization of microfluidic components ... 11
Tutorial Conceptual Design of Space Systems using Concurrent Engineering ... 13
Tutorial Design for Diversity ... 15
Tutorial Development of Mechatronic Systems “Inverse Pendulum” ... 17
Tutorial Electrical Powertrain ... 19
Tutorial FEM-Simulation in Forming Technology ... 21
Tutorial Finite Element Simulation in Structural and Solid Mechanics ... 23
Tutorial Fluidmechanical Measurement Techniques in the Turbomachinery Laboratory ... 25
Tutorial in Cockpit Design ... 27
Tutorial Introduction to Design of Experiments ... 29
Tutorial MACH4.0 – Application of Data Analytics in machining production ... 31
Tutorial Machine Learning in Forming Technology ... 33
Tutorial Machine Learning in Solid Mechanics ... 35
Tutorial Numerical Methods in Applied Dynamics ... 37
Tutorial Numerical Simulation of Flow Problems ... 39
Tutorial on Flight Mechanics ... 41
Tutorial on Unmanned Aircraft Systems ... 43
Tutorial Programming Tools for Scientific Computing ... 45
Tutorial Selective Laser Melting in Lightweight Engineering ... 47
Tutorial Software Engineering for Machine Learning Applications in Manufacturing ... 49
Tutorium 3D-Druck ... 51
Tutorium Advanced Systems Engineering (ASE) ... 53
Tutorium Analysis und Numerik in der Strömungsmechanik ... 55
Tutorium Anwendung von Industrie 4.0-Methoden in der Verfahrenstechnik ... 57
Tutorium Anwendung von Lasermesstechnik in turbulenten Flammen ... 59
Tutorium Arbeitswissenschaft ... 61
Tutorium Automatisierung energie- und verfahrenstechnischer Anlagen (AEVA) ... 63
Tutorium CAD-/CAM-Prozesskette ... 65
Tutorium Digitalisieren einer vollautomatischen Brauanlage ... 67
Tutorium Drucktechnologie und Anwendung in der gedruckten Elektronik ... 69
Tutorium Energieeffiziente Fluidsysteme: Optimierung und Validierung mittels Technical Operations Research ... 71
Tutorium Energiesysteme ... 73
Tutorium Fahrzeugtechnik ... 75
Tutorium Fluidenergiemaschinen ... 77
Tutorium Fortgeschrittene Cax Methoden ... 79
Tutorium GoIng Digital - Digitalisierung in der Produktion am Beispiel Lernfabrik ... 81
Tutorium Grundlagen der Roboterprogrammierung ... 83
Tutorium Maschinenakustik ... 85
Tutorium Maschinenelemente im Fahrzeuggetriebe ... 87
Tutorium Modellbildung in der Umformtechnik ... 89
Tutorium Numerische Berechnungsverfahren im Maschinenbau ... 91
Tutorium Pneumatik ... 93
Tutorium Physikalisch Informierte Neuronale Netze in der Chemischen Verfahrenstechnik ... 95
Tutorium Simulation von Versorgungssystemen in der Produktion ... 97
Tutorium „Stahl fliegt” in der Umformtechnik (Wettbewerb "Stahl fliegt") ... 99
Tutorium Steuerung und Regelung von Umformmaschinen ... 101
Tutorium Verbrennungskraftmaschinen ... 103
Tutorium Werkstoffkunde ... 105
Tutorium Werkzeugmaschinen und Automatisierung ... 107

Pflichttutorien im Masterstudiengang PST

Praktikum Papierprüfung ... 109
Praktikum Papiertechnik ... 111

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title					
Tutorium 3D-Biodruck Technologie und seine Anwendungen **Tutorial 3D-Bioprinting Technology and its Applications**					
Modul Nr. / Code 16-17-3314	**Leistungspunkte / Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 75 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**
	-tt	Tutorial 3D-Bioprinting Technology and its Applications	Tutorium / Tutorial	45 h (4 SWS)
2	**Lehrinhalt / Syllabus** Herstellung von Biotinten; Design von 3D-druckbaren Datensätzen mittels CAD und Slicing-Software; 3D-Biodruck Prozessentwicklung; Anwendung von Drop-on-demand-basiertem 3D-Bioprinting und Mikroextrusions-basiertem 3D-Bioprinting; Production of bioinks; design of 3D printable data sets using CAD and slicing software; 3D bioprinting process development; application of drop-on-demand based 3D-bioprinting and microextrusion based 3D-bioprinting			
3	**Lernergebnisse / Learning Outcomes** Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein: 1. Die grundlegende 3D-Bioprinting-Prozesskette (3D-Datensatz, Bioink, Slicing, 3D-Biodruck) zu erläutern und zu differenzieren. 2. Biotinten und druckbare 3D-Datensätze herzustellen und zu beschreiben. 3. Unterschiedlicher 3D-Biodruckmethoden (Drop-on-demand und Mikroextrusion) unter Nennung von Vor- und Nachteilen für spezielle Anwendungsfälle zu vergleichen. 4. Vorschläge zur Gewebe-spezifischen Anwendung unterschiedlicher 3D-Biodruck Technologien anhand charakteristischer Merkmale und Auswahlkriterien zu unterbreiten. 5. Voraussagen zur Überlebensrate mittels unterschiedlicher 3D-Biodruckverfahren verarbeiteter Zellen zu treffen. 6. Exemplarische *In-Vitro*- und *In-Vivo*-Anwendungen der 3D-Biodruck-Technologie zu benennen und an einem einfachen Beispiel in die Praxis zu überführen. 7. Die wesentlichen Elemente und Komponenten von 3D-Bioprinting-Software und -Hardware zu erläutern. On successful completion of the course unit, the students should be able to 1. Explain and differentiate the basic 3D bioprinting process chain (3D data set, bioink, slicing, 3D bio-printing). 2. Produce and describe bioinks and printable 3D datasets. 3. Compare different 3D bioprinting methods (drop-on-demand and microextrusion), naming the advantages and disadvantages for special applications.			

	4. Offer proposals for the tissue-specific application of different 3D-bioprinting technologies on the basis of characteristic features. 5. Make predictions on the post-printing survival rate of cells processed using different 3D-bioprinting techniques. 6. Name exemplary in-vitro and in-vivo applications of 3D- bioprinting technology and to transfer them into practice by means of a simple example. 7. Explain the essential elements and components of 3D-bioprinting software and hardware.
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** Keine / none
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Sonderform: Kolloquium mit Präsentation der Ergebnisse; Erstellung Handout Special form: presenting results in a colloquium; creating a handout
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving credits** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung; Standard (Ziffernote) / Technical Examination; Standard (Number grades) Die Fachprüfung umfasst unterschiedliche Komponenten (siehe Prüfungsform). Der Anteil der einzelnen Prüfungsbestandteile zur Bildung der Gesamtnote wird beim ersten Treffen erläutert. / The technical examination consists of different components (see assessment methods). The proportion of the individual examination components that make up the overall grade is explained at the first meeting.
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** Master Maschinenbau Tutorium
9	**Literatur / Literature** Lehrmaterialien und Literaturhinweise werden ausgegeben. Educational material and references will be supplied.
	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

Tutorium Aeroelastische Analyse in Flugantrieben

Tutorial Aeroelastic Analysis in Flight Propulsion

Modul Nr. / Code	Leistungspunkte / Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-04-3124	4 CP	120 h	75 h	1 Semester	WiSe

Sprache / Language: Englisch / English **Level (EQF/DQR)**: 7	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. H.-P. Schiffer

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Tutorial Aeroelastic Analysis in Flight Propulsion	Tutorium / Tutorial	45 h (4 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Einführung in Problemstellung und Begrifflichkeiten der Aeroelastik; Fluid-Struktur-Interaktion; Campbell und Haigh Diagramm; Synchrone Schwingungen (Forced Response); Flutter; Nicht-synchrone Schwingungen; Aerodynamische Dämpfung; Einfluss auf Bauteillebensdauer/ -versagensverhalten; Gegenmaßnahmen (bspw. Mistuning); Beispiele aus dem Bereich der Triebwerks-Aeroelastik; Simulationsmethoden zur Analyse von aerodynamischen (CFD) und strukturellen (FEM) Phänomenen; Entwicklung, Durchführung und Bewertung einer vollständigen Aeroelastik-Analyse

Introduction to problems and terminology of aeroelasticity; fluid-structure-interaction; Campbell and Haigh diagram; synchronous vibration (forced response); flutter; non-synchronous vibration; aerodynamic damping; Influence on component life/ fatigue behavior; countermeasures (e.g. mistuning); examples related to aerospace propulsion aeroelasticity; simulation methods to analyze aerodynamic (CFD) and structural (FEM) phenomena; Implementation, execution and assessment of an entire aeroelastic analysis

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

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

1. Typische aerodynamische und strukturelle Phänomene im Bezug zu Aeroelastik zu erläutern.
2. Prozessketten zur Simulation und Analyse zu erstellen.
3. Die Einflussgrößen und relevanten Parameter zu beurteilen.
4. Die Ergebnisse zu analysieren und interpretieren sowie deren Qualität einzuschätzen.
5. Die Ergebnisse in geeigneter Form darzustellen und kritisch zu bewerten.

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

1. Explain typical aerodynamic and structural phenomena with respect to aeroelasticity.
2. Develop corresponding simulation and analysis process chains.
3. Assess influencing variables and relevant parameters.
4. Analyze and interpret the results as well as its quality.
5. Present the results appropriately.

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

Vorkenntnisse in Flugantriebe und numerischen Methoden empfohlen/ Prior knowledge in the flight propulsion and numerical methods recommended

5	**Prüfungsform / Assessment methods** Sonderform: Schriftliche Ausarbeitung und Präsentation / Written report and presentation
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving credits** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung; Standard (Ziffernote) / Technical Examination; Standard (Number grades) Die Fachprüfung umfasst unterschiedliche Komponenten (siehe Prüfungsform). Der Anteil der einzelnen Prüfungsbestandteile zur Bildung der Gesamtnote wird beim ersten Treffen erläutert. / The technical examination consists of different components (see assessment methods). The proportion of the individual examination components that make up the overall grade is explained at the first meeting.
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** Master Maschinenbau Tutorium Empfohlen Master Aerospace Engineering / Master Aerospace Engineering recommended
9	**Literatur / Literature** Lehrmaterialien und Literaturhinweise werden im Rahmen der Veranstaltung zur Verfügung gestellt. Education material and references will be provided during the course.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title					
Tutorium Anwendung und Charakterisierung von Biomaterialien **Tutorial Application and Characterization of Biomaterials**					
Modul Nr. / Code 16-17-3304	**Leistungspunkte / Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 75 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**
	-tt	Tutorial Application and Characterization of Biomaterials	Tutorium / Tutorial	45 h (4 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Herstellung von Hydrogelen und Biomaterialproben; Rheologische Charakterisierung von Hydrogelen und Biomaterialien (Viskosität, Oberflächenspannung, viskoelastisches Verhalten, Polymerisationszeit), Mechanische Charakterisierung von Hydrogelen und Biomaterialien (Elastizitätsmodul, Zugfestigkeit, Druckfestigkeit).

Fabrication of hydrogels and biomaterial samples; Rheological characterization of hydrogels and biomaterials (viscosity, surface tension, viscoelastic behavior, polymerization time), Mechanical characterization of hydrogels and biomaterials (modulus of elasticity, tensile strength, compressive strength).

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

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

1. Die grundlegenden Methoden zur Synthese von Hydrogelen zu erläutern und zu differenzieren.
2. Hydrogel-Formulierungen mit unterschiedlichen mechanischen, rheologischen und biologischen Eigenschaften zu kennen, herzustellen und zu charakterisieren.
3. Unterschiedliche Hydrogele und Biomaterialien unter Nennung von Vor- und Nachteilen für spezielle Anwendungsfälle zu vergleichen.
4. Vorschläge zur Gewebe-spezifischen Anwendung unterschiedlicher Hydrogele und Biomaterialien anhand charakteristischer Merkmale und Auswahlkriterien zu unterbreiten.
5. Voraussagen zum Polymerisationsverhalten (Sol-Gel- und Gel-Sol-Transition) unterschiedlicher Hydrogelen anhand von messtechnischen Analysen zu treffen.
6. Exemplarische *In-Vitro*- und *In-Vivo*-Anwendungen der unterschiedlichen Materialklassen zu benennen und an einem einfachen Beispiel zu erläutern.
7. Die wesentlichen Bestandteile und Vernetzungsmechanismen von Hydrogelen zu erläutern.

On successful completion of the course unit, the students should be able to:

1. Explain and differentiate the basic methods for the synthesis of hydrogels.
2. Know, produce and characterize hydrogel formulations with different mechanical, rheological and biological properties.

	3. Compare different hydrogels and biomaterials, naming advantages and disadvantages for special applications. 4. Offer proposals for tissue-specific applications of different hydrogels and biomaterials based on characteristic features and selection criteria. 5. Make predictions on the polymerisation behaviour (sol-gel and gel-sol transition) of different hydrogels based on experimental analyses. 6. Name exemplary in-vitro and in-vivo applications of the different classes of materials and to explain them using a simple example. 7. Explain the essential components and crosslinking mechanisms of hydrogels.
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** Keine / none
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Sonderform: Kolloquium mit Präsentation der Ergebnisse; Erstellung Handout Special form: presenting results in a colloquium; creating a handout
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving credits** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung; Standard (Ziffernote) / Technical Examination; Standard (Number grades) Die Fachprüfung umfasst unterschiedliche Komponenten (siehe Prüfungsform). Der Anteil der einzelnen Prüfungsbestandteile zur Bildung der Gesamtnote wird beim ersten Treffen erläutert. / The technical examination consists of different components (see assessment methods). The proportion of the individual examination components that make up the overall grade is explained at the first meeting.
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** Master Maschinenbau Tutorium
9	**Literatur / Literature** Lehrmaterialien und Literaturhinweise werden ausgegeben. Educational material and references will be supplied.
	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					
Tutorium CFD in Turbomaschinen **Tutorial CFD in Turbomachinery**					
Modul Nr. / Code 16-04-5090	**Leistungspunkte / Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 75 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** WiSe + SoSe
Sprache / Language: Englisch / English, alternativ Deutsch /alternative 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**
	-tt	Tutorial CFD in Turbomachinery	Tutorium / Tutorial	45 h (4 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Computational Fluid Dynamics (CFD), Diskretisierung des Strömungsfeldes, Netzqualität, Randbedingungen, Pre-/Post-Processing, Fehlerbetrachtung, Turbulenzmodellierung, Stator-/Rotorschnittstelle, RANS und URANS Methode

Computational Fluid Dynamics (CFD), discretisation of the flow field, mesh quality, boundary conditions, Pre-/Post-Processing, error consideration, turbulence modelling, stator/rotor interface, RANS and URANS method

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

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

1. Das Strömungsfeld einer Turbomaschinenkomponente (z.B. Turbine, Verdichter) zu vernetzen und die Netzqualität zu beurteilen.
2. Eine Simulation aufzusetzen und Randbedingungen vorzugeben.
3. Die unterschiedlichen Turbulenz-Modelle zu erläutern und ein geeignetes Turbulenz-Modell auszuwählen.
4. Die Nachanalyse der Simulationsergebnisse vorzunehmen (Post-Processing)
5. Eine Fehlerbetrachtung vorzunehmen.

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

1. Mesh the flow field of a turbomachine component (e.g. turbine, compressor) and evaluate the mesh quality.
2. Set-up a numerical simulation and prescribe the boundary conditions
3. Explain the available turbulence models and select the most suitable model.
4. Carry out the analysis of the numerical results (post-processing).
5. Conduct an error assessment.

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

Grundkenntnisse in: Numerischen Methoden, im Bereich Turbomaschinen/Flugantriebe vor allem zu Verdichter- und Turbinenaerodynamik, im Bereich kompressible Strömungen; hilfreich: Grundkenntnisse in LINUX

	Basic knowledge in: in numerical methods, in turbomachinery/flight propulsion in particular about compressor and turbine aerodynamics, the area of compressible flow; helpful: basic knowledge in LINUX
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Basiert zu 80% auf dem abschließenden Bericht und zu 20% auf einer abschließenden mündlichen Kurzprüfung (15 Minuten) Based 80% on the final report and 20% on a final oral short exam (15 minutes)
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung; Standard (Ziffernote) / Technical Examination; Standard (Number grades) Die Fachprüfung umfasst unterschiedliche Komponenten (siehe Prüfungsform). / The technical examination consists of different components (see assessment methods).
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programmes** Master Maschinenbau Tutorium Empfohlen Master Aerospace Engineering / Master Aerospace Engineering recommended Master Computational Engineering Tutorium / Master Computational Engineering Tutorial
9	**Literatur / Literature**

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title					
Tutorium CFD-basierte Simulation und Optimierung mikrofluidischer Komponenten **Tutorial CFD-based simulation and optimization of microfluidic components**					
Modul Nr. / Code 16-15-3304	**Leistungspunkte / Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 75 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. S. Hardt		

1	**Kurse des Moduls / Courses**			
	Kurs Nr. / Code	**Kursname / Course Title**	**Lehrform / Form of teaching**	**Kontaktzeit / Contact hours**
	-tt	Tutorial CFD-based simulation and optimization of microfluidic components	Tutorium / Tutorial	45 h (4 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Betrachtet werden mikrofluidische Komponenten wie Mikromischer oder Mikrowärmeübertrager. Diese werden mit Hilfe von CFD-Methoden simuliert mit dem Ziel, optimierte Konfigurationen zu bestimmen.

Microfluidic components such as micromixers or micro heat exchangers will be considered. These will be simulated based on CFD methods, where the goal is to determine optimized configurations.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

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

1. Typische mikrofluidische Komponenten und Phänomene in Modelle abzubilden.
2. Geeignete mathematische Methoden zur Simulation mikrofluidischer Transportphänomene auszuwählen oder zu erstellen.
3. Die Signifikanz von Geometrie- und Prozessparametern zu beurteilen.
4. Die Berechnungsergebnisse zu analysieren und deren Qualität einzuschätzen.
5. Basierend auf den Simulationsergebnissen Vorschläge für die Optimierung mikrofluidischer Komponenten zu machen.

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

1. Formulate models for typical microfluidic components and phenomena.
2. Select or formulate suitable methematical methods for the simulation of microfluidic transport phenomena.
3. Assess the significance of geometry and process parameters.
4. Analyse and estimate the quality of the simulation results.
5. Formulate suggestions for the optimization of microfluidic components based on the simulation results.

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

Kenntnisse in Fluiddynamik, Wärme- und Stofftransport und in numerischer Strömungsmechanik

Knowledge in fluid dynamics, heat and mass transport, and in computational fluid dynamics

5 Prüfungsform / Assessment methods

Schriftliche Ausarbeitung und Kolloquium.

	Written report and colloquium.
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving credits** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung; Standard (Ziffernote) / Technical Examination; Standard (Number grades) Die Fachprüfung umfasst unterschiedliche Komponenten (siehe Prüfungsform). Der Anteil der einzelnen Prüfungsbestandteile zur Bildung der Gesamtnote wird beim ersten Treffen erläutert. / The technical examination consists of different components (see assessment methods). The proportion of the individual examination components that make up the overall grade is explained at the first meeting.
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** Master Maschinenbau Tutorium
9	**Literatur / Literature** Wird in der Veranstaltung bekannt gegeben Will be anounced in the course

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title					
Tutorium Konzeptentwurf von Raumfahrtsystemen mittels Concurrent Engineering **Tutorial Conceptual Design of Space Systems using Concurrent Engineering**					
Modul Nr. / Code 16-23-4214	**Leistungspunkte / Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 75 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**
	-tt	Tutorial Conceptual Design of Space Systems using Concurrent Engineering	Tutorium / Tutorial	45 h (4 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Im Tutorium werden Prinzipien, Prozesse, Methoden und Werkzeuge des Concurrent Engineering (CE) präsentiert und anhand des Vorentwurfs eines Raumfahrtsystems angewendet und erlernt. Vor der Kernphase des Tutoriums erlernen teilnehmende Studierende die Grundlagen des Entwurfsprozesses und der verwendeten Werkzeuge. Ausgehend von der Analyse einer vordefinierten Missionsbeschreibung werden anschließend in der Kernphase Anforderungen hergeleitet, eine geeignete Missionsarchitektur erstellt und durch die Anwendung von CE ein System konzipiert, welches die Anforderungen erfüllt. Hierzu gehören insbesondere die Identifikation der beteiligten Subsysteme, deren Interaktion miteinander und mit der Umgebung, sowie die Abschätzung von entwurfstreibenden Parametern.

The tutorial presents principles, processes, methods, and tools of Concurrent Engineering (CE) and provides a hands-on learning experience via applying these methods to the preliminary design of a space system. Before the core part of the tutorial, students will familiarize with the design process and the computer tools. During the core part and starting from the analysis of a predefined mission description, participants will derive requirements, define a suitable mission architecture, and by applying CE, conceptualize a compliant system. In particular, this entails the identification of the involved subsystems, their interaction with each other and their environment, as well as the estimation of design-driving parameters.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

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

1. Prinzipien, Prozesse, Methoden und Werkzeuge des Concurrent Engineering zu kennen und zu beschreiben.
2. Eine gängige Software für die Anwendung von CE zu bedienen.
3. Den Aufbau eines Raumfahrtsystems mit der Untergliederung in typische Subsysteme zu erläutern.
4. Prozesse und Systeme zum Betrieb von Raumfahrtsystemen zu analysieren.
5. Typische technische Parameter von Raumfahrtsystemen in Modellen abzubilden und diese in ein Standarddatenmodell zu implementieren.
6. CE auf relevante praktische Fragestellungen im Bereich der Vorentwurfsauslegung von Raumfahrtsystemen anzuwenden.
7. Die Auslegungsergebnisse zu analysieren und die gewählte Vorgehensweise schriftlich zu rechtfertigen.
8. Die Ergebnisse des CE Prozesses in geeigneter Form darzustellen und kritisch zu hinterfragen.

	On successful completion of this module, students should be able to: 1. Know and describe concepts, methods and tools of CE. 2. Operate a common software for the application of the CE. 3. Reflect the structure of a space system with the typical break-down into subsystems. 4. Analyse processes and systems needed to operate and exploit space systems. 5. Map typical technical parameters of space systems into models and implement them in a standard semantic data model 6. Apply CE to relevant practical issues in space system design 7. Analyse the design results and justify the chosen approach in written form. 8. Present the results of the CE process in an appropriate form.
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** Teilnahme an der Vorlesung *Grundlagen der Raumfahrtsysteme* und *Raumfahrtsysteme und Raumfahrtbetri*eb dringend empfohlen Participation of lecture *Foundations of Space Systems* and *Space Systems and Operations* strongly recommended
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Sonderform: Schriftliche Ausarbeitung und mündliche Prüfung (Ergebnispräsentation) Special Type: Written report and oral exam (presenting results in a colloquium)
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving credits** 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** Master MPE Tutorium Empfohlen Master Aerospace Engineering / Master Aerospace Engineering recommended
9	**Literatur / Literature** Skript und weitere Unterlagen online zum Download (moodle). Literaut: Messerschmid, Fasoulas: Raumfahrtsysteme, Springer Verlag - e-book Messerschmid, Bertrand: Raumstationen – Systeme und Nutzung, Springer Verlag Course notes and further material available online (moodle). Textbooks: Wertz, Everett, Puschell: Space Mission Engineering: the new SMAD Microcosm Press Space Wertz, Larson: Mission Analysis and Design, Space Technology Library Uhlig, Sellmaier, Schmidhuber: Spacecraft Operations, Springer Verlag Handouts will be available for download (moodle).
	Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 5. Juli 2022. Module description description accepted from academic department on 5 Jule 2022.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title					
Tutorium Design for Diversity **Tutorial Design for Diversity**					
Modul Nr. / Code 16-05-4234	**Leistungspunkte / Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 75 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** SoSe
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**
	-tt	Tutorial Design for Diversity	Tutorium	45 h (4 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Durch die Entwicklung und Produktion von Produkten prägen Ingenieurinnen und Ingenieure maßgeblich Gesellschaft und müssen demnach auch in der Entwicklung einen verstärkten Fokus auf diverse Nutzergruppen legen. Wichtige Aspekte von Diversität sind beispielsweise Geschlecht, Alter, ethnische Herkunft sowie geistige und physische Fähigkeiten.
Ziel des Tutoriums ist die Sensibilisierung für diese Verantwortung, die Vermittlung von Methoden für eine erfolgreiche Entwicklung von Produkten für eine vielfältige Gesellschaft und dem Aufbau und Testen von entsprechenden Prototypen.

1) Einführung: Verantwortung von Designingenieur*innen für Produkte, die Gesellschaft nutzt; Überblick diverser Nutzer*innengruppen und deren unterschiedlicher Bedürfnisse
2) Entwicklungsmethodik: VDI2221, VDI2206, Design Thinking, User-Centered Design
3) Problem- und Anforderungsdefinition: u.a. Anwendung des Design Thinkings (Phase „Beobachten“) und Systemmodellierung
4) Lösungsfindung: Lösungsgenerierung, z.B. über Wirkprinzipien, Morphologischer Kasten
5) Prototypenbau: z.B. Papier basierte Prototypen
6) Test: Test an der Nutzerschnittstelle und Auswertung
7) Erstellung eines Geschäftsmodells (u.a. Anwendung von Business Model Canvas)

By developing and producing products engineers shape society and thus need to focus during the development on divers user groups. Important aspects of diversity are e.g. gender, age, ethnical background as well as mental and physical abilities.
Scope of the tutorial is to sensitize for this responsibility, to teach methods for a successful development of products for a diverse society and the build as well as testing of prototypes.

1) Introduction: Responsibility of design engineers for products that are used by society; overview of different user groups and the diverse needs
2) Development methods: VDI2221, VDI2206, Design Thinking, User-Centered Design
3) Problem and requirements definition: e.g. application of design thinking (phase “observe”) and system modelling
4) Solution generation: Solution ideation, e.g. by physical principles, morphologic box
5) Prototype build: e.g. paper-based prototypes
6) Testing: Test at user interface and analysis
7) Generation of business model (e.g. application of business model canvas)

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nach dem Abschluss der Lerneinheit sollten die Studierenden in der Lage sein:

	1. Die Notwendigkeit einer auf Diversität ausgerichteten Produktentwicklung sowie wichtige Charakteristika eines Design for Diversity zu erläutern. 2. Relevante methodische Ansätze wie VDI2221, VDI2206, Design Thinking sowie User-Centered Design zu erklären und anzuwenden. 3. Eine Problem- sowie Anforderungsdefinition zu beschreiben und exemplarisch unter Verwendung oben genannter Methoden anzuwenden. 4. Eine Lösung zielgerichtet unter Verwendung ausgewählter Methoden wie Wirkprinzipien und Morphologischem Kasten zu generieren. 5. Die Lösungsidee prototypisch umzusetzen. 6. Einen Testablauf zu definieren, um den Prototypen an relevanten Nutzerschnittstellen zu testen, und die Ergebnisse auszuwerten. 7. Die Erkenntnisse aus Problemdefinition, Lösungsidee und Prototypentest in ein Geschäftsmodell zu überführen und eine redumentäre Strategie abzuleiten. On successful completion of this module, students should be able to: 1. Explain the necessity for a diversity-driven product development as well as explain main characteristics of Design for Diversity. 2. Explain the apply relevant methodological approaches such as VDI2221, VDI2206, Design Thinking as well as User-Centered Design. 3. Describe a problem and requirements definition and apply the shown methods exemplarily. 4. Generate target-oriented a solution by use of relevant methods such as physical principles and morphological box. 5. Realize the solution on prototype base. 6. Define test run to test the prototype at relevant user interfaces and evaluate the results. 7. Transfer the results out of problem definition, solution ideation and prototype tests into a business model and derive a basic strategy.
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** ./.
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Mündliche Prüfung im Team (je Teilnehmer*in 15 Minuten). Prüfungssprache Deutsch oder Englisch. Oral exam in team (per participant 15 minutes). Exam language German or English.
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination
7	**Benotung / Grading system** Standard (Ziffernote) / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** Master Maschinenbau Tutorium
9	**Literatur / Literature** Verlesungsunterlagen werden online zur Verfügung gestellt. Lecture material will be available online.
	Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 15. November 2022. Module description accepted from academic department on 15 November 2022.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title					
Tutorium Mechatronische Systementwicklung „Inverses Pendel“ **Tutorial Development of Mechatronic Systems “Inverse Pendulum”**					
Modul Nr. / Code 16-24-3104	**Leistungspunkte / Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 80 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** WiSe
Sprache / Language: Deutsch / German; 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	Tutorial Development of Mechatronic Systems “Inverse Pendulum”	Tutorium / Tutorial	40 h (4 SWS)
2	**Lehrinhalt / Syllabus** Inverses Pendel, modellbasierter Reglerentwurf, Zustandsraum, Validierung Inverse Pendulum, model based control design, state space, validation			
3	**Lernergebnisse / Learning Outcomes** Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein: 1. Die mechatronische Systementwicklung in die Phasen Simulation, Prototypen-/Prüfstand- und Realsystem-Entwicklung zu klassifizieren. 2. Verschiedene modellbasierte Reglerentwürfe im Zustandsraum anzuwenden. 3. Die Regelgüte unter Einfluss von Störgrößen und Modellunsicherheiten zu beurteilen. 4. Die Modellgüte anhand von Messwerten zu analysieren. 5. Den Nutzen und die Einschränkungen der jeweiligen Methoden der drei Entwicklungsphasen zu diskutieren. On successful completion of this module, students should be able to: 1. Classify mechatronic systems development into simulation, development of a prototype/test bench and of a real system. 2. Apply different model based control designs in state space. 3. Assess the control accuracy considering disturbances and model uncertainties. 4. Analyse the model accuracy by means of measuring data. 5. Discuss the benefits and the restrictions of the particular methods of the three development stages.			
	Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation Mechatronische Systemtechnik I / II wird empfohlen Mechatronic Systems I / II is recommended			
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Schriftliche Ausarbeitung und Kolloquium			

	Written elaboration and colloquium
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving credits** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung; Standard (Ziffernote) / Technical Examination; Standard (Number grades) Die Fachprüfung umfasst unterschiedliche Komponenten (siehe Prüfungsform). Der Anteil der einzelnen Prüfungsbestandteile zur Bildung der Gesamtnote wird beim ersten Treffen erläutert. / The technical examination consists of different components (see assessment methods). The proportion of the individual examination components that make up the overall grade is explained at the first meeting.
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** Master Maschinenbau Tutorium Empfohlen Master Aerospace Engineering / Master Aerospace Engineering recommended
9	**Literatur / Literature** Literaturhinweise werden mit den Tutoriums-Unterlagen ausgegeben. References will be supplied in the context of the documents of the tutorial.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Tutorium Elektrischer Fahrzeugantrieb

Tutorial Electrical Powertrain

Modul Nr. / Code	Leistungspunkte / Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-24-3114	4 CP	120 h	80 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
-tt	Tutorial Electrical Powertrain	Tutorium / Tutorial	40 h

2 Lehrinhalt / Syllabus

Elektrischer Fahrzeugantrieb, Fahrzeuggetriebe, Modellierung, Wirkungsgrad, Validierung

Electrical Powertrain, vehicle transmissions, modelling, efficiency, validation

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

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

1. Die Komponenten eines elektrischen Fahrzeugantriebs sowie deren Funktionsweise zu beschreiben.
2. Die Einflussfaktoren auf den Getriebewirkungsgrad zu klassifizieren.
3. Das Getriebe in einer geeigneten Simulationsumgebung zu modellieren und Wirkungsgradkennfelder zu generieren.
4. Die Modellgüte anhand von Messwerten zu analysieren und Abweichungen zu evaluieren.
5. Ein Modell der Fahrzeuglängsdynamik zu erstellen und das Betriebsverhalten des Antriebsstrangs zu bewerten.
6. Die Auslegung und Eigenschaften des elektrischen Fahrzeugantriebs anhand von Simulations- und Messergebnissen zu diskutieren.

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

1. Describe the components of an electrical powertrain and their operating principles.
2. Classify the factors influencing the efficiency of the transmission.
3. Model the transmission in a suitable simulation environment and generate the transmission´s efficiency.
4. Analyse the modelling accuracy by means of measuring data and evaluate the deviations.
5. Set up a longitudinal dynamic model of the vehicle and assess the operating performance of the powertrain.
6. Discuss the layout and characteristics of the electric powertrain by means of simulation results and measurements.

Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

Mechatronische Systemtechnik I / II wird empfohlen

Mechatronic Systems I / II is recommended

5 Prüfungsform / Assessment methods

Schriftliche Ausarbeitung und Kolloquium

	Written elaboration and colloquium
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving credits** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung; Standard (Ziffernote) / Technical Examination; Standard (Number grades) Die Fachprüfung umfasst unterschiedliche Komponenten (siehe Prüfungsform). Der Anteil der einzelnen Prüfungsbestandteile zur Bildung der Gesamtnote wird beim ersten Treffen erläutert. / The technical examination consists of different components (see assessment methods). The proportion of the individual examination components that make up the overall grade is explained at the first meeting.
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** Master Maschinenbau Tutorium
9	**Literatur / Literature** Literaturhinweise werden mit den Tutoriums-Unterlagen ausgegeben. References will be supplied in the context of the documents of the tutorial.
	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

Tutorium FEM-Simulation in der Umformtechnik

Tutorial FEM-Simulation in Forming Technology

Modul Nr. / Code	Leistungspunkte / Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-22-5090	4 CP	120 h	75 h	1 Semester	SoSe + WiSe

Sprache / Language: Englisch / English, alternativ Deutsch /alternative 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	Tutorial FEM-Simulation in Forming Technology	Tutorium / Tutorial	45 h (4 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Grundlegende Kenntnisse im Hinblick auf die Bedienung des Softwarepaketes ABAQUS. Sensibilisierung auf die häufigsten Fehlerquellen bei numerischen Simulationen und auf Techniken zum effizienten Aufbau von Finite-Elemente-Modellen. Die im Studienfach "numerische Berechnungsverfahren im Maschinenbau" erworbenen Kenntnisse werden zunächst wiederholt und durch entsprechende Übungen am Rechner vertieft.

Basic knowledge regarding the use of the Finite Element application ABAQUS. Sensitization with respect to the most common error possibilities in numerical simulations and to techniques, appropriate for set up of efficient Finite Element models. The knowledge acquired in the subject "numerical methods in mechanical engineering" is first refreshed and broadened through adequate exercises on the computer.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

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

1. Umformprozesse mit Hilfe der Finite Elemente Methode numerisch zu modellieren.
2. Geeignete Vereinfachungen bei der Modellerstellung zu treffen, sowie die dem jeweiligen Problem angepassten Elementtypen und Lösungsalgorithmen auszuwählen.
3. Die grundlegenden Funktionen eines Programmpaketes einzusetzen, um sowohl Blech- als auch Massivumformverfahren abzubilden.

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

1. Model forming processes numerically using the finite element method
2. Choose appropriate abstractions during modeling as well as element types and solvers that are adequate for computation of the particular forming process.
3. Use the basic functions of a Finite Element application to model both sheet and bulk metal forming processes.

4 Voraussetzung für die Teilnahme -/ Prerequisites for participation

keine / none

5 Prüfungsform / Assessment methods

Ergebnispräsentation 30 min / Presentation of results 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** Fachprüfung; Standard (Ziffernote) / Technical Examination; Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** Master Maschinenbau Tutorium Empfohlen Master Aerospace Engineering / Master Aerospace Engineering recommended
9	**Literatur / Literature** werden nach Bedarf vom Institut gestellt will be provided according to requirements

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Tutorium Finite Elemente Simulation in der Struktur- und Festkörpermechanik

Tutorial Finite Element Simulation in Structural and Solid Mechanics

Modul Nr. / Code	Leistungspunkte / Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-73-5070	4 CP	120 h	75 h	1 Semester	SoSe

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

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-vl	Tutorial Finite Element Simulation in Structural and Solid Mechanics	Laborpraktikum / Laboratory practicum	45 h (4 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Nutzung des FEM-Programms ANSYS. Generierung von FEM-Gittern (Vernetzung). Berechnung praktischer Anwendungsfälle der Struktur- und Festkörpermechanik mit verschiedenen Elementtypen (2D/3D, Balken, Schalen). Berücksichtigung von Nichtlinearitäten (finite Deformationen, nichtlineares Materialverhalten, Kontakt). Dynamische und Modalanalyse. Formoptimierung. Ergebnisauswertung und Fehlerabschätzung. Dokumentation der Ergebnisse.

Usage of FEM software ANSYS. Generation of FEM grids (meshing). Computation of practical application cases from structural and solid mechanics using various element types (2D/3D, beams, shells). Consideration of nonlinearities (finite Deformations, nonlinear material behavior, contact) Dynamic and modal analysis. Form optimization. Evaluation of results and error estimation. Documentation of results.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

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

1. Das Finite-Element-Programm ANSYS auf praktische Problemstellungen der Struktur- und Festkörpermechanik anzuwenden
2. Finite Elemente Gitter aus CAD-Geometrien zu erzeugen und zu verfeinern
3. Den Einfluss verschiedener Modellierungsannahmen auf die Berechnungsergebnisse abzuschätzen und zu erläutern
4. Die Berechnungsergebnisse auszuwerten, zu analysieren und deren Qualität einzuschätzen
5. Die Ergebnisse in Schriftform zu präsentieren und kritisch zu würdigen

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

1. Apply the finite-element software ANSYS to practical problems in structural and solid mecahnics
2. Generate finite element meshes from CAD geometries and refine them
3. Describe and judge the influence of different modelling assumptions on the analysis results
4. Analyze numerical results and assess their quality
5. Formulate their results in the form of a written report and discuss them

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

Grundkenntnisse der Finite-Elemente-Methode

	Basic knowledge of the Finite Element Method
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Sonderform: Semesterbegleitende Ergebnisberichte Special form: Result reports during the semester
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung; Standard (Ziffernote) / Technical Examination; Standard (Number grades) Die Fachprüfung umfasst unterschiedliche Komponenten (siehe Prüfungsform). Der Anteil der einzelnen Prüfungsbestandteile zur Bildung der Gesamtnote wird beim ersten Treffen erläutert. The technical examination consists of different components (see assessment methods). The proportion of the individual examination components that make up the overall grade is explained at the first meeting.
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** Master Maschinenbau – Sustainable Engineering Master Aerospace Engineering Master Mechatronik Master Mechanik Master Computational Engineering
9	**Literatur / Literature** Wird im Laufe der Veranstaltung zur Verfügung gestellt Provided throughout the course
	Änderung der Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 08. Februar 2022. Changed module description accepted from academic department on 02 February 2022.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Tutorium Strömungsmechanische Messmethoden im Turbomaschinenlabor

Tutorial Fluidmechanical Measurement Techniques in the Turbomachinery Laboratory

Modul Nr. / Code	Leistungspunkte / Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-04-5030	4 CP	120 h	75 h	1 Semester	WiSe

Sprache / Language: Englisch/English, alternativ Deutsch / German **Level (EQF/DQR):** 7	**Modulverantwortliche/r / Module Coordinator** Prof. Dr.-Ing. H.-P. Schiffer

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	Kursname / Course Title	Lehrform / Form of teaching	Kontaktzeit / Contact hours
-tt	Tutorium Strömungsmechanische Messmethoden im Turbomaschinenlabor/ Tutorial Fluidmechanical Measurement Techniques in the Turbomachinery Laboratory	Tutorium / Tutorial	45 h (4 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Experimente an ausgewählten Komponenten-Prüfständen; Anwendung moderner Messtechnik; Druck- und Temperaurmessung; Geschwindigkeitsbestimmung; Sondenmesstechnik; Massenstrombestimmung; Laseroptische Messtechnik; stationäre und instationäre Messmethoden; Datenerfassung und Auswertung

Experiments on selected component test facilities; application of modern measurement techniques; pressure and temperature measurement; velocity determination; probe measurement technology; mass flow measurement; laser optical measurement technology; steady and unsteady/time resolving measuring methods; data acquisition and analysis

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

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

1. Die wesentlichen Messmethoden bei thermischen Turbomaschinen zu unterscheiden, die spezifischen Probleme dieser Methoden zu benennen und die den Messmethoden zugrunde liegenden Verfahren zu erklären.
2. Labormessmethoden anzuwenden und Fehlerbetrachtungen durchzuführen.
3. Die Funktionsweise elektronischer Messdatenerfassungsanlagen zu erklären.
4. Messergebnisse auszuwerten, in geeigneter Form zu präsentieren und kritisch zu hinterfragen.
5. Eine Messkette in der Strömungsmesstechnik zu erklären, zu entwerfen und zielgerichtet zur Lösung einer Messaufgabe im Turbomaschinenlabor anzuwenden.

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

1. Differentiate the essential measuring methods for thermal turbomachinery, name the specific problems and explain the procedures underlying these measuring methods.
2. Apply laboratory measuring methods and carry out error analysis.
3. Explain the operation of electronic data acquisition systems.
4. Evaluate measurement results, present them in a suitable form and question them critically.
5. Explain and design a measurement chain in flow measurement technology and to apply it purposefully to solve a measurement task in the turbomachinery laboratory.

4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** Grundlagenkenntnisse in Thermodynamik und Strömungslehre (hier insbesondere kompressible Strömung), Flugantriebe, Thermische Turbomaschinen, Matlab Basic knowledge in thermodynamics and fluid mechanics (especially compressible flow), Flight Propulsion, Thermal Turbomachinery, Matlab
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Basiert zu 80% auf dem abschließenden Bericht, gemeinsam erstellt durch die teilnehmende Gruppe, und zu 20% auf einer abschließenden mündlichen Einzelprüfung (15 Minuten) Based 80% on the final report, jointly prepared by the participating group, and 20% on a final individual oral exam (15 minutes)
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung; Standard (Ziffernote) / Technical Examination; Standard (Number grades) Die Fachprüfung umfasst unterschiedliche Komponenten (siehe Prüfungsform). / The technical examination consists of different components (see assessment methods).
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programmes** Master Maschinenbau Tutorium Empfohlen Master Aerospace Engineering / Master Aerospace Engineering recommended
9	**Literatur / Literature**

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title Tutorium Cockpitgestaltung **Tutorial in Cockpit Design**					
Modul Nr. / Code 16-23-3154	**Leistungspunkte / Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 75 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** WiSe
Sprache / Language: Englisch / English **Level (EQF/DQR)**: 7			**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Dr.-Ing. J. Schiefele		

1	**Kurse des Moduls / Courses**			
	Kurs Nr. / Code	**Kursname / Course Title**	**Lehrform / Form of teaching**	**Kontaktzeit / Contact hours**
	-tt	Tutorial in Cockpit Design	Tutorium / Tutorial	45 h (4 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Das Tutorium Cockpitgestaltung hat das Ziel den Studierenden die Komplexität und Vielschichtigkeit der Auslegung moderner Cockpits zu vermitteln. Die in der Aufgabenstellung definierten Probleme aus der Allgemeinen, Geschäfts- oder Kommerziellen Luftfahrt werden analysiert und operationelle, ergonomische sowie technische Anforderungen identifiziert. Aus den einzelnen Anforderungen wird ein einzelner Cockpitentwurf entwickelt und in einem CAD Programm visualisiert. Auf Basis des CAD Modells wird der Entwurf hinsichtlich der Anforderungen und ergonomischer Gesichtspunkte evaluiert. Die gewonnenen Erkenntnisse werden in einem Bericht zusammengefasst und präsentiert.

The objective of this tutorial is to convey a full understanding of the design complexity of modern flight decks. The problems from the field of General, Business and Commercial Aviation are analysed. Technical, ergonomic and operational requirements towards the flight deck are identified. The requirements are combined into a single flight deck design, which is visualized in a CAD tool. Based on the CAD model the design is evaluated regarding the compliance with all technical, operational and ergonomic requirements. The results are summarized in a report and presented.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

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

1. Eine Problemstellung aus dem Bereich des Cockpitentwurfs hinsichtlich einzelner Themenbereiche zu analysieren.
2. Aus den Themenbereiche Anforderungen an den Cockpitentwurf zu entwickeln.
3. Geeignete Gestaltungsmethoden anzuwenden um die Anforderungen an den Entwurf zu erfüllen.
4. Den erstellten Cockpitentwurf hinsichtlich der Erfüllung technischer und ergonomischer Anforderungen zu bewerten.
5. 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. Analyse a problem out of the field of flight deck design regarding different design aspects.
2. Develop requirements on the flight deck concept from the selected problem.
3. Apply suitable design methods to comply with all stated requirements.
4. Assess the flight deck design, regarding the fulfilment of the previously derived requirements.
5. Present and critically review the results in written and visual form.

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

5	**Prüfungsform / Assessment methods** Mündliche Prüfung 30 min / Oral exam 30 min.
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving credits** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung; Standard (Ziffernote) / Technical Examination; Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** Master Maschinenbau Tutorium Empfohlen Master Aerospace Engineering / Master Aerospace Engineering recommended
9	**Literatur / Literature**

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Tutorium Einführung in die statistische Versuchsplanung

Tutorial Introduction to Design of Experiments

Modul Nr. / Code	Leistungspunkte / Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-26-5160	4 CP	120 h	75 h	1 Semester	SoSe + WiSe

Sprache / Language: Englisch / English **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
-tt	Tutorial Introduction to Design of Experiments	Tutorium / Tutorial	45 h (4 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Dieses Tutorium vermittelt die Grundlagen der Statistik und der statistischen Versuchsplanung. Die Herangehensweise an praktische statistische Auswertungen werden anhand von Übungsaufgaben erlernt. Dabei werden einschlägige Fachbegriffe der Statistik vermittelt und die Anwendung statistischer Methoden eingeübt. Außerdem werden häufige Fehler in der Versuchsplanung und Versuchsauswertung thematisiert. Schließlich werden die Methoden an einem Beispielsystem in Gruppenarbeit durchgeführt. Hier werden die Kenntnisse der Studenten in der Praxis erprobt.

This tutorial teaches the basics of statistics and statistical experimental design. The approach to practical statistical analyses is learned by means of exercises. Relevant technical terms of statistics are taught and the application of statistical methods is practiced. In addition, common errors in experimental design and experimental evaluation are addressed. Finally, the methods are applied to an example system in group work. Here, the students' knowledge is tested in practice.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

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

1. Die grundlegenden Methoden der statistischen Versuchsplanung anzuwenden.
2. Unkontrollierbare Störgrößen zu identifizieren und deren Einfluss auf betrachtete Ausgangsgrößen statistisch abzuschätzen.
3. Voll- und teilfaktorielle Versuchspläne aufzustellen, die entstehenden überlagerten Parameter zu bestimmen und dieses Wissen auch auf komplexere Versuchspläne zu übertragen.
4. Die prinzipielle Vorgehensweise von Hypothesentests und der zugehörigen wichtigsten Methoden (T-Test, F-Test) darzustellen.
5. Lösungsansätze bei Verletzung der mathematischen Voraussetzungen der Hypothesentests zu benennen.

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

1. Apply the basic methods of statistical design of experiments.
2. Identify uncontrollable disturbance variables and to statistically estimate their influence on considered output variables
3. Set up full and partial factorial experimental designs, to determine the resulting superimposed parameters and to transfer this knowledge to more complex experimental designs.
4. Describe the basic procedure of hypothesis testing and the most important methods (T-test, F-test).
5. Name possible solutions in case of violation of the mathematical requirements of hypothesis tests.

4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** Die Teilnahme an der Vorlesung Systemzuverlässigkeit im Maschinenbau und/oder Zuverlässigkeit im Maschinenbau wird empfohlen. The participation in the courses System Reliability in mechanical engineering and/or Reliability in mechanical engineering is recommended.
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Schriftlichen Ausarbeitung (50%) und 20-minütigen Präsentation inklusive anschließendem Kolloquium (50 %) Written work (50 %) and 20-minute presentation including a colloquium (50 %).
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 %, mit zwei Teilkomponenten); Standard (Ziffernote) / Technical Examination (100% with two components); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** Master Maschinenbau Tutorium Empfohlen Master Aerospace Engineering / Master Aerospace Engineering recommended
9	**Literatur / Literature** Skript, Aufgabenstellungen, Ausdruck der Präsentationsfolien. Douglas C. Montgomery: Design and Analysis of Experiments, John Wiley & Sons, 2008. Lecture notes, problem sets, presentation slides. Douglas C. Montgomery: Design and Analysis of Experiments, John Wiley & Sons, 2008.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Tutorium MACH4.0 – Anwendung von Data Analytics in der spanenden Fertigung

Tutorial MACH4.0 – Application of Data Analytics in machining production

Modul Nr. / Code	**Leistungspunkte / Credit Points**	**Arbeitsaufwand / Work load**	**Selbststudium / Individual study**	**Moduldauer / Duration**	**Angebotsturnus / Semester**
16-09-3244	4 CP	120 h	75 h	1 Semester	SoSe

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

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	**Kursname / Course Title**	**Lehrform / Form of teaching**	**Kontaktzeit / Contact hours**
-tt	Tutorial MACH4.0 – Application of Data Analytics in machining production	Tutorium / Tutorial	45 h (4 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Das Ziel ist die Vermittlung und Anwendung moderner Methoden aus dem Bereich Data Science für die Auswertung von Produktionsdaten einer Werkzeugmaschine. Ein Anwendungsfall ist die Erkennung von Prozessabweichungen. Als Grundlage dafür werden die Anforderungen an Automatisierung und Vernetzung von Werkzeugmaschinen im Rahmen von Industrie 4.0 behandelt. Für ein tieferes Prozessverständnis wird außerdem Domänenwissen aus dem Bereich Zerspanung thematisiert.

The aim is to teach and implement modern methods from the field of data science for the evaluation of production data from machine tools. One use case is the detection of process anomalies. As a basis the requirements for automation and connection of machine tools in the context of Industry 4.0 will be dealt with. For a deeper understanding of the cutting processe, domain knowledge from the field of machining is also addressed.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

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

1. Grundlegende Konzepte für die Datenerfassung, -verarbeitung und -speicherung bei Werkzeugmaschinen im Rahmen von Industrie 4.0 zu erklären.
2. Mittels Domänenwissen aus dem Bereich Zerspanung relevante Produktionsdaten im Hinblick auf verschiedene Fragestellungen zu identifizieren und gegenüberzustellen.
3. Zeitreihendaten aus der Produktion mit der Programmiersprache Python zu analysieren und visuell aufzubereiten.
4. Methoden aus dem Bereich Data Science für eine Analyse von Produktionsdaten kritisch zu bewerten und mit Hilfe von Python anzuwenden.
5. Lösungsansätze für technische Problemstellungen in einem Team zu entwickeln und validieren.
6. Ergebnisse visuell aufzubereiten und zu präsentieren.

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

1. Explain basic concepts for data acquisition, processing and storage for machine tools in the context of Industry 4.0.
2. Using domain knowledge from the field of machining, to identify and evaluate relevant production data regarding various technical problems.
3. Process and visually prepare time series data from production using Python.
4. Critically evaluate methods from the field of data science for an analysis of production data and implement them with Python.

	5. Develop and validate solutions for technical problems in a team. 6. Prepare a visual presentation of the results.
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** Grundlegende Programmierkenntnisse / Basic programming skills
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Sonderform: mündliche (15 min) und schriftliche Prüfungsleistung (Bericht) / Oral (15 min) and written examination (Report)
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving credits** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung; Standard (Ziffernote) / Technical Examination; Standard (Number grades) Die Fachprüfung umfasst unterschiedliche Komponenten (siehe Prüfungsform). Der Anteil der einzelnen Prüfungsbestandteile zur Bildung der Gesamtnote wird beim ersten Treffen erläutert. / The technical examination consists of different components (see assessment methods). The proportion of the individual examination components that make up the overall grade is explained at the first meeting.
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** Master Maschinenbau Tutorium
9	**Literatur / Literature** Smith, G. T.: Cutting tool technology, Springer Verlag, 2008 Trent, E. M.; Wright, P.K.: Metal Cutting, 4th Edition, Butterworth-Heinemann, 2000 Witten, I. H.: Data mining - practical machine learning tools and techniques, Elsevier, 2017
10	**Kommentar / Annotation** Das Tutorium wird im Versuchsfeld des Instituts PTW durchgeführt. Lerninhalte werden über die Guided Learning Plattform des EIT bereitgestellt, welche in Zusammenarbeit mit 3 weiteren Universitäten in Europa erstellt worden sind. Die Anmeldung zum Tutorium erfolgt über das Institut. The tutorial is carried out in the experimental workshop of the institute PTW. Learning content has been developed in cooperation with 3 other universities in Europe and is provided via the EIT's Guided Learning Platform. Registration for the tutorial is done by the institute.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title Tutorium Machine Learning in der Umformtechnik **Tutorial Machine Learning in Forming Technology**					
Modul Nr. / Code 16-22-3194	**Leistungspunkte / Credits** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 75 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** SoSe + WiSe
Sprache / Language Deutsch / German und Englisch / English			**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Peter Groche		

1	**Kurse des Moduls / Courses**			
	Kurs Nr. / Code	**Kursname / Course Title**	**Lehrform / Form of teaching**	**Kontaktzeit / Contact hours**
	-tt	Tutorium Machine Learning in der Umformtechnik / Tutorial Machine Learning in Forming Technology	Tutorium / Tutorial	45 h
2	**Lehrinhalt / Syllabus** Das Tutorium wird als Blockveranstaltung (3 Wochen) durchgeführt. Am ersten Tag werden Grundlagen des maschinellen Lernens zur Analyse von Zeitreihen sowie der Nutzung von Programmiersprachen vermittelt. Im Anschluss lernen die Teilenehmenden in einer Praxisphase von 14 Tagen Machine Learning Ansätze zur Bewertung umformtechnischer Prozesse umzusetzen und in Form eines Programmcodes zu implementieren. Im ersten Teil der Praxisphase sollen dazu die bereitgestellten Daten gesichtet, strukturiert und durch geeignete Algorithmen skaliert, segmentiert oder auch gefiltert werden. Im zweiten Schritt, der Datentransformation, erfolgt die Anwendung unterschiedliche Transformationsansätze (Zeit-/ Frequenzbereich, modellbasiert, etc.) auf die bereitgestellten Datenanzuwenden, um so deren Dimensionalität und Komplexität zu reduzieren. Anschließend können die transformierten Daten als Eingangsgröße für das Training von Machine Learning Modellen zur Prädiktion und Klassifizierung von Prozesszuständen genutzt werden. This tutorial is offered as a block course (3 weeks). On the first day, participants learn the fundamentals of machine learning, time series analysis and programming languages parsing large data sets. Afterwards, in a practical phase of 14 days, the participants learn to implement machine learning approaches for the evaluation of forming process conditions and to implement them in a source code. In the first part of the practical phase, the data provided will be screened, organized and scaled, segmented or filtered using suitable algorithms. In the second phase, the data transformation, different transformation approaches (time/frequency domain, model-based, etc.) are applied to time signals in order to reduce their dimensionality and complexity. Afterwards, the transformed data can be used as input for the training of machine learning models predicting and classifying the state of forming processes.			
3	**Lernergebnisse / Learning Outcomes** Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein: 1. Durch ein methodisches Vorgehen (Datenvorbereitung und -transformation sowie Modellbildung) Machine Learning Ansätze zur Bewertung von Prozesszustände im realen Produktionsumfeld umzusetzten 2. Den Einfluss der Datenerfassung (Prozessgrößen, Datenqualität, Datenmenge, etc.) auf die Performanz von Machine Learning Modellen zu bewerten. 3. Grundlegenden Methoden und Verfahren zur Datenvorbereitung (Filterung, Skalierung, Segementierung, etc.) großer Datensätze zu unterscheiden und diese programmatisch in gängiger Software umzusetzen			

	4. Transformationsansätze (Zeit-/ Frequenzbereich, modellbasiert, etc.) auf Zeitsignale anzuwenden, um so die Dimensionalität dieser Daten für die anschließende Modellbildung zu reduzieren 5. Zwischen supervised / unsupervised sowie prognostizierenden / klassifizierenden Machine Learning Modellen zu unterscheiden und je nach Datenlage passende Modelle auszuwählen und zu implementieren 6. Große Datenmengen mittels gängiger Software (Python oder Matlab) zu analysieren und diese Programmierkenntnisse auf umformtechnische Problemstellungen zur Bewertung des Prozesszustandes zu transferieren After successfully completing the course unit, students should be able to: 1. Using a methodical approach (data preparation, transformation as well as modelling) to implement Machine Learning approaches for the evaluation of process conditions in the real manufacturing environment 2. To evaluate the influence of data acquisition (process variables, data quality and quantity etc.) on the performance of Machine Learning models 3. Differentiate algorithm for data preprocessing (filtering, scaling, segementation, etc.) of large data sets and implement them programmatically in common software 4. Apply transformation approaches (time/frequency domain, model-based, etc.) to time signals in order to reduce the dimensionality of these data for following model building 5. Differentiate between supervised / unsupervised and predictive / classifying machine learning models and select and implement appropriate models depending on the available data sets 6. Analyze large data sets using common software (Python or Matlab) and transfer these programming skills to evaluate the condition of forming processes
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** Um das Tutorium erfolgreich zu absolvieren wird die Teilnahme an der Vorlesung „Machine Learning Applications“ empfohlen, jedoch nicht vorausgesetzt. Darüber hinaus sollten Grundkenntnisse im Machine Learning sowie der Nutzung einer Programmiersprache (Python/Matlab) vorhanden sein. Falls keine Vorkenntnisse bestehen, wird eine investive Einarbeitung in das Thema der Machine Learning gestützten Datenanalyse mit Python/Matlab durch die im Tutorium bereitgestellten Unterlagen (Tutorials und Folien) gefordert. In order to successfully complete the tutorial, it is recommended to attend the lecture " Machine Learning Applications", however, this is not required. Furthermore, basic knowledge in Machine Learning as well as the use of a programming language (Python/Matlab) should be present. If there is no previous knowledge, it is suggested to familiarize with the topic of Machine Learning supported data analytics with Python/Matlab via the documents (tutorials and slides) provided in the tutorial.
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Mündliche Prüfung 30 min / Oral exam 30 min
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Kreditpunkten / Requirement for receiving credits** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Ziffernote / Number grades
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** Master Maschinenbau Tutorium
9	**Literatur / Literature** Python: https://de.coursera.org/learn/machine-learning https://www.learnpython.org/ Matlab: https://de.mathworks.com/learn/tutorials/machine-learning-onramp.html and https://de.mathworks.com/solutions/data-analysis.html

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title
Tutorium Maschinelles Lernen in der Festkörpermechanik

Tutorial Machine Learning in Solid Mechanics

Modul Nr. / Code	**Leistungspunkte / Credit Points**	**Arbeitsaufwand / Work load**	**Selbststudium / Individual study**	**Moduldauer / Duration**	**Angebotsturnus / Semester**
16-73-4114	4 CP	120 h	75 h	1 Semester	WiSe

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

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	**Kursname / Course Title**	**Lehrform / Form of teaching**	**Kontaktzeit / Contact hours**
-tt	Tutorial Machine Learning in Solid Mechanics	Tutorium / Tutorial	45 h (4 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Theoretische Grundlagen
- Aufbau und Funktionsweise von „Feed-Forward Neural Networks“ (FFNNs)
- Konstruktionsprinzipien für „Physics-Informed Neural Networks“ (PINNs), die grundlegende physikalische und mathematische Problemeigenschaften und Anforderungen erfüllen, z.B. durch Netzwerkstrukturierung und Trainingsalgorithmen
- Grundlagen Festkörpermechanik und numerische Mechanik

Praktischer Anteil
- Implementierung, Training und Evaluation von FFNNs / PINNs in TensorFlow / Python
- Konstruktion von PINNs mit Hilfe von konvexen neuronalen Netzen, Data Augmentation und analytischer Formulierungen
- Anwendung auf Problemstellungen wie Konstitutivmodellierung, Multiskalensimulation, Dynamik, oder Modellreduktion

Theoretical part
- Structure and functioning of “Feed-Forward Neural Networks” (FFNNs)
- Construction principles for “Physics-Informed Neural Networks” (PINNs) that fulfil essential physical and mathematical problem requirements and properties, e.g. by network structure or training algorithms
- Basics of solid mechanics and numerical mechanics

Practical part
- Implementation, training and evaluation of FFNNs / PINNs in TensorFlow / Python
- Construction of PINNs with the help of convex neural networks, data augmentation, and analytical formulations
- Applications on problems such as constitutive modelling, multiscale simulation, dynamics, or model order reduction

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein:
1. Feed-Forward Neural Networks (FFNNs) zu implementieren, zu trainieren und auszuwerten.
2. Physikalische und mathematische Eigenschaften wie Energieerhaltung, Invarianzen und Lösbarkeitsanforderungen mathematisch zu formalisieren.
3. Möglichkeiten zu beschreiben, mit denen solche Eigenschaften über geeignete Netzwerkstrukturierung oder Trainingsalgorithmen auf FFNNs übertragen werden können (PINNs).
4. PINNs für einfache Beispiele aus der Festkörpermechanik zu implementieren, zu trainieren und auszuwerten.

	5. Den Einfluss von physikalischen und mathematischen Bedingungen auf neuronale Netze zu beschreiben. 6. Den Einsatz von PINNs auf angewandte Probleme zu bewerten. On successful completion of this module, students should be able to: 1. Implement, train and evaluate Feed-Forward Neural Networks (FFNNs). 2. Mathematically formalize physical and mathematical properties such as conservation of energy, invariance and solvability conditions. 3. Describe possibilities of including such properties into FFNNs, e.g. via suitable network structures and training algorithms (PINNs). 4. Implement, train and evaluate PINNs for simple examples of solid mechanics. 5. Describe the influence of physical and mathematical conditions on neural networks. 6. Analyse the application of PINNS to practical problems.
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** Grundkenntnisse in numerischer Mechanik und maschinellem Lernen wünschenswert (z.B. Numerische Berechnungsverfahren, Finite Elemente Methode, Machine Learning Anwendungen) Basic knowledge in computational mechanics and machine learning are desirable (e.g., numerical methods, finite element method, machine learning applications)
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Sonderform: Semesterbegleitende Ergebnispräsentationen und -diskussionen in Kleingruppen Special form: Result presentations and discussions in small groups during the semester
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving credits** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung; Standard (Ziffernote) / Technical Examination; Standard (Number grades) Die Fachprüfung umfasst unterschiedliche Komponenten (siehe Prüfungsform). Der Anteil der einzelnen Prüfungsbestandteile zur Bildung der Gesamtnote wird beim ersten Treffen erläutert. / The technical examination consists of different components (see assessment methods). The proportion of the individual examination components that make up the overall grade is explained at the first meeting.
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** Master Maschinenbau Tutorium Empfohlen Master Aerospace Engineering / Master Aerospace Engineering recommended Master Mechatronik Tutorium Master Mechanik Master Computational Engineering
9	**Literatur / Literature** G. E. Karniadakis, I. G. Kevrekidis, L. Lu, P. Perdikaris, S. Wang, L. Yang. “Physics-informed machine learning”. Nature Reviews Physics 3:422–440 (2021) C. Y. Peng et al. “Multiscale Modeling Meets Machine Learning: What Can We Learn?”. Archives of Computational Methods in Engineering 28:1017–1037 (2020) K. E. Willcox, O. Ghattas, P. Heimbach. “The imperative of physics-based modeling and inverse theory in computational science”. Nature Computational Science 1(3):166–168 (2021) S. Kollmannsberger, D. D’Angella, M. Jokeit, L. Herrmann. “Deep Learning in Computational Mechanics: An Introductory Course”. In: Studies in Computational Intelligence, Vol. 977. Springer International Publishing, Cham (2021) D. K. Klein, M. Fernández, R. J. Martin, P. Neff, O. Weeger. “Polyconvex anisotropic hyperelasticity with neural networks”. Journal of the Mechanics and Physics of Solids (2021)
	Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 07. Dezember 2021. Module description in force with resolution of the academic department at the 07 December 2021.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Tutorium Numerische Verfahren der Technischen Dynamik

Tutorial Numerical Methods in Applied Dynamics

Modul Nr. / Code	**Leistungspunkte / Credit Points**	**Arbeitsaufwand / Work load**	**Selbststudium / Individual study**	**Moduldauer / Duration**	**Angebotsturnus / Semester**
16-25-3184	4 CP	120 h	75 h	1 Semester (Blockveranstaltung)	SoSe

Sprache / Language: Englisch / English **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**
-tt	Tutorial Numerical Methods in Applied Dynamics	Tutorium / Tutorial	45 h (4 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Parallel-Programmierung von dynamischen Systemen. Hardware- und Software-Grundlagen der Parallelrechnung. Graphikkarten-, Multicore- und Cluster-Programmierung. Zusammenfassung und Präsentation der Ergebnisse.

High-performance parallel computing of dynamical systems. Hardware- und software requirements for parallel computing. Applying graphic-cards, multi-core CPUs and clusters for parallelization. Presentation of results.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

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

1. Dynamische Systeme zu parallelisieren.
2. Modelle auf Graphikkarten parallel zu implementieren mittels CUDA (Compute Unified Device Architecture).
3. Parallelrechnungen mittels OpenMP (Open Multi-Processing) durchzuführen.
4. Parallele Simulationen mittels MPI (Message Passing Interface) durchzuführen.
5. Die Ergebnisse der Simulation in geeigneter Form darzustellen und kritisch zu würdigen.

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

1. Parallelize dynamical systems.
2. Implement models on graphic-cards with CUDA (Compute Unified Device Architecture).
3. Carrying out parallel computing with OpenMP (Open Multi-Processing).
4. Accomplish parallel simulations with MPI (Message Passing Interface).
5. Present the results of the simulation in appropriate form.

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

Grundkenntnisse im Bereich der Technischen Dynamik. Grundkenntnisse auf dem Gebiet der numerischen Mathematik. Kenntnisse im Programmieren.

Basic knowledge in engineering dynamics. Basic knowledge in numerical mathematics. Knowledge in programming.

5 Prüfungsform / Assessment methods

	Bearbeitung von Programmieraufgaben sowie Durchführung von Simulationsbeispielen. Schriftliche Ausarbeitung/Praktikumsbericht bzw. Powerpoint-Präsentation inklusive Kolloquium. Carrying out programming exercises and accomplishing simulation examples. Written report or Powerpoint presentation including an oral exam.
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung; Standard (Ziffernote) / Technical Examination; Standard (Number grades) Die Fachprüfung umfasst unterschiedliche Komponenten (siehe Prüfungsform). Der Anteil der einzelnen Prüfungsbestandteile zur Bildung der Gesamtnote wird beim ersten Treffen erläutert. / The technical examination consists of different components (see assessment methods). The proportion of the individual examination components that make up the overall grade is explained at the first meeting.
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** Master Maschinenbau Tutorium Master Mechantronik
9	**Literatur / Literature** Eich-Söllner, E.; Führer, C.: „Numerical Methods in Multibody Dynamics“, Teubner, 1998. Jalon, G.; Bayo, E.: „Kinematic and Dynamic Simulation of Multibody Systems”, Springer, 1994. Shabana, A.: „Dynamics of Multibody Systems”, Cambridge University Press, Third Edition, 2010. Bertsekas, Dimitri P., and John N. Tsitsiklis: „Parallel and distributed computation: numerical methods“, Vol. 23, Englewood Cliffs, NJ: Prentice hall, 1989. Chapman, Barbara, Gabriele Jost, and Ruud Van Der Pas: „Using OpenMP: portable shared memory parallel programming“, Vol. 10, MIT press, 2008. Grama, Ananth, ed.: „Introduction to parallel computing“, Pearson Education, 2003. Karniadakis, George Em, and Robert M. Kirby II: „Parallel scientific computing in C++ and MPI: a seamless approach to parallel algorithms and their implementation“, Vol. 1, Cambridge University Press, 2003. Sanders, Jason, and Edward Kandrot: „CUDA by example: an introduction to general-purpose GPU programming“, Addison-Wesley Professional, 2010.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title					
Tutorium Numerische Simulation strömungsmechanischer Probleme **Tutorial Numerical Simulation of Flow Problems**					
Modul Nr. / Code 16-19-5060	**Leistungspunkte / Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 75 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** WiSe
Sprache / Language: Englisch / 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**
	-tt	Tutorial Numerical Simulation of Flow Problems	Tutorium / Tutorial	45 h (4 SWS)

2	**Lehrinhalt / Syllabus** Nutzung der CFD-Software STAR-CCM+. Gittererzeugung für Strömungsprobleme. Berechnung praktischer laminarer und turbulenter Strömungsprobleme. Ergebnisauswertung und Fehlerabschätzung. Dokumentation der Ergebnisse. Usage of CFD software STAR-CCM+. Grid generation for flow problems. Computation of practical laminar and turbulent flow problems. Evaluation of results and error estimation. Documentation of results.
3	**Lernergebnisse / Learning Outcomes** Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein: 1. Das Strömungssimulationsprogramm STAR-CCM+ auf praktische technische Strömungsprobleme anzuwenden 2. Numerische Gitter zu erzeugen 3. Die Methoden zur Berechnung von laminaren und turbulenten Strömungen zu unterscheiden und anzuwenden 4. Die Berechnungsergebnisse auszuwerten, zu analysieren und deren Qualität einzuschätzen 5. Die Ergebnisse in geeigneter Form zu präsentieren und kritisch zu würdigen On successful completion of this module, students should be able to: 1. Apply the flow simulation software STAR-CMM+ to practical flow problems 2. Generate a computational grid 3. Differentiate and apply methods of the calculation from laminar and turbulent flows 4. Evaluate and analyze numerical results and assess their quality. 5. Present the results in appropriate form and critically evaluate them.
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** Numerische Strömungssimulation Numerical Simulation of Flows
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Schriftliche Ausarbeitung und mündliche Prüfung (15 min)

	Written report and oral exam (15 min)
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung; Standard (Ziffernote) / Technical Examination; Standard (Number grades) Die Fachprüfung umfasst unterschiedliche Komponenten (siehe Prüfungsform). Der Anteil der einzelnen Prüfungsbestandteile zur Bildung der Gesamtnote wird beim ersten Treffen erläutert. / The technical examination consists of different components (see assessment methods). The proportion of the individual examination components that make up the overall grade is explained at the first meeting.
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** Master Maschinenbau Tutorium Empfohlen Master Aerospace Engineering / Master Aerospace Engineering recommended
9	**Literatur / Literature** Aufgabenbeschreibung im WWW unter www.fnb.tu-darmstadt.de exercise description in the web under www.fnb.tu-darmstadt.de

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title					
Tutorium Flugmechanik **Tutorial on Flight Mechanics**					
Modul Nr. / Code 16-23-5080	**Leistungspunkte / Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 75 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**
	-tt	Tutorial on Flight Mechanics	Tutorium / Tutorial	45 h (4 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Messungen am Boden im DA-40 Forschungssimulator des FSR; Durchführung von Messflügen mit einem 2-sitzigen Motorsegler unter Leitung eines Fluglehrers: Untersuchungen zu Flugleistungen und Flugeigenschaften; Versuchsprotokoll mit anschließender Auswertung der Flugmanöver.

Measurements on ground in the DA-40 research flight simulator at FSR; Carrying out measurement flights with a 2-seater motor glider under supervision of a flight instructor: analysis of flight performance and handling qualities; Test protocol with post flight evaluation of the flight maneuvers.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

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

1. Flugleistungen und Flugeigenschaften eines Motorseglers aufgrund der gemachten Erfahrungen einzuordnen und zu beurteilen
2. Anforderungen und Randbedingungen für die Durchführung von Flugversuchen zur Messung der Flugleistung zu nennen und die Versuche entsprechend zu planen.
3. Die Wetter- und Flugsituation am Flugtag zu beurteilen, eine Entscheidung über die Durchführbarkeit der Flugversuche zu treffen, sowie die Einflüsse auf die Messergebnisse abzuschätzen.
4. Die Flugtüchtigkeit eines Motorseglers zu prüfen.
5. Den Piloten während der Flugversuche anzuleiten und die korrekte Durchführung der Flugversuche zu überwachen.
6. Die Messgeräte, bzw. elektronische Messdatenerfassungsanlagen vor und während des Fluges zu bedienen, deren messtechnische Grenzen zu kennen und Messfehler abzuschätzen.
7. Die aufgenommenen Messdaten mit geeigneter Software zu analysieren, grafisch darzustellen, auszuwerten und einen technischen Versuchsbericht zu erstellen.
8. Die Ergebnisse der Versuche in geeigneter Form zu präsentieren und kritisch zu hinterfragen.

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

1. Classify and assess the flight performance and handling qualities of a motor glider based on measured data.
2. Name requirements and boundary conditions for carrying out flight tests to measure flight performance and plan the tests accordingly.
3. Assess weather, flying conditions, and the feasibility of flight tests on the day of the flight, and assess the influence on the measurement results.

	4. Check the airworthiness of the motor glider. 5. Instruct the pilot during the flight tests and monitor the correct execution of the test flights. 6. Operate the measuring devices / electronic measurement data acquisition systems before and during the flight, knowing their metrological limits and estimate measurement errors. 7. Analyze the recorded measurement data with suitable software, display them graphically, evaluate them and prepare a technical test report. 8. Present the results of the experiments in an appropriate form and to question them critically.
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** Flugmechanik II: Flugdynamik, Empfohlen: Flugmechanik I: Flugleistungen Flight Mechanics II: Flight Dynamics, Recommended: Flight Mechanics I: Flight Performance
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Sonderform: Schriftliche Ausarbeitung und mündliche Prüfung 30 min (in 3er-Gruppen) Special type: Written report and oral exam 30 min (in groups of 3)
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving credits** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung; Standard (Ziffernote) / Technical Examination; Standard (Number grades) Die Fachprüfung umfasst unterschiedliche Komponenten (siehe Prüfungsform). Der Anteil der einzelnen Prüfungsbestandteile zur Bildung der Gesamtnote wird beim ersten Treffen erläutert. / The technical examination consists of different components (see assessment methods). The proportion of the individual examination components that make up the overall grade is explained at the first meeting.
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** Master Maschinenbau Tutorium Empfohlen Master Aerospace Engineering / Master Aerospace Engineering recommended Master Mechatronik Tutorium
9	**Literatur / Literature** Skript und weitere Unterlagen online zum Download. Literatur: Bruening, Hafer, Sachs: Flugleistungen (Springer); Brockhaus: Flugregelung (Springer); Ruijgrok: Elements of Airplane Performance(VSSG); Stevens, Levis: Aircraft Control and Simulation(Wiley). Course notes and further material available online. Textbooks: Ruijgrok: Elements of Airplane Performance(VSSG); Stevens, Levis: Aircraft Control and Simulation(Wiley).

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Tutorium Unbemannte Flugsysteme

Tutorial on Unmanned Aircraft Systems

Modul Nr. / Code	Leistungspunkte / Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-23-4224	4 CP	120 h	80 h	1 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
-tt	Tutorial on Unmanned Aircraft Systems	Tutorium / Tutorial	40 h (4 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Flugplanung einer realistischen UAS-Mission; Durchführung der Risikobewertung; Einstellen der Parameter der Flugregelung; Konzeption einer automatisierten Flugführung; Programmierung intelligenter Assistenzfunktionen.

Flight planning of a realistic UAS mission; performing risk assessment; designing flight control laws, designing automated flight guidance, programming intelligent assistance functions.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

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

1. Regularien zum UAS-Betrieb und UAS-Typen zu erläutern.
2. Flugmissionen unter Berücksichtigung der Anforderungen und Regularien zu generieren.
3. Das Risiko von Flugmissionen zu bewerten.
4. Die Flugdynamik und Flugeigenschaften von Multikoptern zu erklären.
5. Typische Ansätze der Flugregelung zu erläutern und eigenständig die Regelparameter eines Multikopters einzustellen.
6. Algorithmen zur Trajektorienfolge und -neuplanung hinsichtlich ihrer Eignung in ausgewählten Einsatzszenarien zu bewerten.
7. Die Algorithmen im Rahmen einer Konzeption einer automatisierten Flugdurchführung anzuwenden und die Performanz in Flugversuchen zu evaluieren.
8. Die Ergebnisse zur Flugplanung, Flugregelung und Flugführung von UAS in geeigneter Form zu präsentieren und kritisch zu hinterfragen.

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

1. Explain regulations for UAS operation and UAS types.
2. Generate flight missions in compliance with requirements and regulations.
3. Assess the risk of flight missions.
4. Explain the flight dynamics and flight characteristics of multicopters.
5. Apply typical approaches used in flight control and independently tune the control parameters of a multicopter.
6. Evaluate trajectory tracking and replanning algorithms for their suitability in selected scenarios.
7. Apply the algorithms in a concept for automated flight guidance and evaluate the performance in flight tests.
8. Present and critically review the results on UAS flight planning, flight control, and flight guidance in an appropriate manner.

4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** Empfohlen: Zukünftige Luftverkehrssysteme, Flugmechanik II, grundlegende Programmierkenntnisse Recommended: Future Air Transportation Systems, Flight Mechanics II: Flight Dynamics, basic programming skills
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Sonderform: Schriftliche Ausarbeitung und mündliche Prüfung (30 Minuten) Special Type: Written report and oral exam
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving credits** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung: Standard (Ziffernote)/ Technical Examination; Standard (Number grades) Die Fachprüfung umfasst unterschiedliche Komponenten (siehe Prüfungsform). Der Anteil der einzelnen Prüfungsbestandteile zur Bildung der Gesamtnote wird beim ersten Treffen erläutert. / The technical examination consists of different components (see assessment methods). The proportion of the individual examination components that make up the overall grade is explained at the first meeting.
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** Master MPE Tutorium Master Aerospace Engineering / Master Aerospace Engineering recommended Master Mechatronik Tutorium
9	**Literatur / Literature** Skript und weitere Unterlagen online zum Download. Course notes and further material available online. Literatur: Beard, McLain: Small unmanned aircraft: Theory and practice. Princeton university press, 2012. Quan: Introduction to Multicopter Design and Control. Springer, 2017. Stevens, Lewis: Aircraft Control and Simulation. John Wiley & Sons, 2015.
	Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 13. Dezember 2022. Module description in force with resolution of the academic department at the 13 December 2022.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title					
Tutorium Programmierwerkzeuge für Scientific Computing **Tutorial Programming Tools for Scientific Computing**					
Modul Nr. / Code 16-71-3014	**Leistungspunkte / Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 75 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** WiSe
Sprache / Language: Englisch / English **Level (EQF/DQR)**: 7			**Modulverantwortliche/r / Module Coordinator** Prof. Dr.-Ing. C. Hasse		

1	**Kurse des Moduls / Courses**			
	Kurs Nr. / Code	**Kursname / Course Title**	**Lehrform / Form of teaching**	**Kontaktzeit / Contact hours**
	-tt	Tutorial Programming Tools for Scientific Computing	Tutorium / Tutorial	45 h (4 SWS)

2	**Lehrinhalt / Syllabus** Grundlagen Linux, Grundlegende Kommandos und Variablen für die Shell, Reguläre Ausdrücke und Editoren, Shell Skripte, Grundlagen erweiterter Kommandos (awk, sed, grep, find), Grundlagen C++, Kompilierung, Automatisches Bauen von Software-Projekten (make, CMake), Testen, Versionskontrolle (git), Debugging, Lösung von grundlegenden Differenzialgleichungen, Basics Linux, basic commands and variables of the shell, regular expressions, editors, shell scripting, basics of advanced commands (awk, sed, grep, find), basics of C++, compilation, build-management using make/CMake, testing, version control systems (git), debugging, solving fundamental differential equations
3	**Lernergebnisse / Learning Outcomes** Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein: 1. Effizient mit Linux zu arbeiten und wichtige Programme der Kommandozeile anzuwenden. 2. Prozesse mit Kommandozeilen-Programmen und Bash Scripts zu automatisieren. 3. C/C++ Programme mit externen Bibliotheken zu schreiben und kompilieren. 4. Kompilierung und Testing zu automatisieren. 5. Numerische Methoden zur Lösung von Differenzialgleichungen anzuwenden. On successful completion of this module, students should be able to: 1. Work efficiently with Linux using the most important programs on the command line 2. Automate processes on Linux with command line tools and bash scripting 3. Write and compile programs in C++ using external libraries 4. Automate compilation and testing 5. Apply numerical methods to differential equations
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** Kenntnis einer Programmiersprache empfohlen Knowledge of a programming language is recommended
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Projektabgabe (Code + Bericht) / Project (Code + Report)

6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving credits** 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** Master MPE Tutorium Empfohlen Master Aerospace Engineering / Master Aerospace Engineering recommended Master CE, Informatik
9	**Literatur / Literature** Powers, Peek, O'Reilly, Loukides: Unix Power Tools Plötner, Wendzel: Linux – Das umfassende Handbuch Mecklenburg: GNU make Chacon: Pro Git Neil: Practical Vim Folien und Übungen werden in Moodle bereitgestellt. Slides and programming examples will be made available via Moodle.
	Geänderte Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 6. Februar 2024. Titel bisher: Tutorial Efficient Software Development and Automation on Linux/Unix. Changed module description accepted from academic department on 6 February 2024. Previous title: Tutorial Efficient Software Development and Automation on Linux/Unix.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Tutorium Selektives Laserschmelzen im Leichtbau

Tutorial Selective Laser Melting in Lightweight Engineering

Modul Nr. / Code	Leistungspunkte / Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-12-3164	4 CP	120 h	75 h	1 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
-tt	Tutorial Selective Laser Melting in Lightweight Engineering	Tutorium / Tutorial	45 h (4 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Theoretische Grundlagen

Selektives Laserschmelzen im Kontext Leichtbau; ein einführendes Beispiel aus der Industrie; Bionische Produktentwicklung für das selektive Laserschmelzen; Grundlagen des selektiven Laserschmelzens, Prozessparameter, Belichtungsstrategien; Fertigungsgerechtes Konstruieren & Supportgestaltung; Mechanik zellulärer Strukturen; Zelluläre und Gitterstrukturen beim selektiven Laserschmelzen

Interaktiver Anteil

Workflow und Maschinenbedienung; Design und Parameterauswahl einer Leichtbaustruktur; fertigungsgerechtes Konstruieren

Praktischer Anteil

Designoptimierung und fertigungsgerechtes Konstruieren; Strukturauslegung; Datenaufbereitung; Maschinenvorbereitung; Nachbereitung Maschine; experimentelle Validierung

Theoretical part

Selective laser melting in the context of lightweight design; an introductory example from the industry; Bionic product development for selective laser melting; Basics of selective laser melting, process parameters, exposure strategies; Manufacturing driven design and support selection; Mechanics of cellular solids; Cellular and lattice structures in selective laser melting

Interactive part

Workflow and machine handling; Design and parameter selection of a lightweight structure; Manufacturing driven design

Practical part

Design optimization and manufacturing driven design; Structural design; Data preparation; Machine preparation; Machine post-processing; experimental validation

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

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

1. Die wesentlichen Fertigungsparameter und deren Einfluss auf die Bauteilqualität zu bewerten.
2. Grundlegende Gestaltungs- und Konstruktionsregeln des selektiven Laserschmelzens bei der Bauteilgestaltung anzuwenden.
3. Designoptimierung sowie fertigungsgerechtes Konstruieren von Leichtbaustrukturen selbstständig durchzuführen (Wahl der Bauteilanordnung, Gestaltung des Supports, Auswahl von Belichtungsstrategie und Prozessparametern).

	4. Gängige Berechnungsverfahren zur Auslegung von Leichtbaustrukturen sicher und selbstständig anzuwenden. 5. Die Konstruktion, Datenaufbereitung und Fertigung von Leichtbaustrukturen selbstständig durchzuführen. 6. Die Maschinenbedienung und -vorbereitung einer industriellen SLM-Anlage selbstständig durchzuführen. 7. Die experimentelle Validierung selbstständig durchführen und die Leichtbaugüte der konzipierten Strukturen selbständig zu bewerten. On successful completion of this module, students should be able to: 1. Name the dominant process parameters and assess their influence on part quality 2. Apply basic design guidelines for parts in selective laser melting 3. Apply design optimization and conduct manufacturing-driven design of parts (part arrangement, support design, manufacturing strategy, process parameters) 4. Apply the most current calculation methods for lightweight structures 5. Execute the design, data preparation and manufacturing of lightweight structures 6. Machine handling and preparation of a selective laser sintering machine 7. Conduct experiments of a part and assess the lightweight grade of the designed structures.
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** keine / none
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Mündliche Prüfung 30 min. in Kleingruppen (Davon 20 min. Ergebnispräsentation mit Powerpoint und 10 Minuten Diskussion) / Oral exam 30 min. in small groups (with 20 min. oral presentation using powerpoint and 10 min. discussion)
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving credits** 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** Master Maschinenbau Tutorium Empfohlen Master Aerospace Engineering / Master Aerospace Engineering recommended Master Mechatronik
9	**Literatur / Literature** Emmelmann et al. (2011): Laser Additive Manufacturing and Bionics: Redefining Lightweight Design, Physics Procedia 12, pp. 364-368 Kranz (2017): Methodik und Richtlinien für die Konstruktion von laseradditiv gefertigten Leichtbaustrukturen Verein Deutscher Ingenieure, VDI-Richtlinie 3405 Blatt 2 (2013): Additive Fertigungsverfahren Strahlschmelzen metallischer Bauteile / Qualifizierung, Qualitätssicherung und Nachbearbeitung Verein Deutscher Ingenieure, VDI-Richtlinie 3405 Blatt 3 (2014): Additive Fertigungsverfahren Konstruktionsempfehlungen für die Bauteilfertigung mit Laser-Sintern und Laser-Strahlschmelzen Begleitskript „Selektives Laserschmelzen im Leichtbau“
	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					
Tutorium Softwareentwicklung für Anwendungen des maschinellen Lernens in der Produktion **Tutorial Software Engineering for Machine Learning Applications in Manufacturing**					
Modul Nr. / Code 16-09-4274	**Leistungspunkte / Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 75 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / 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**
	-tt	Tutorial Software Engineering for Machine Learning Applications in Manufacturing	Tutorium / Tutorial	45 h (4 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Ziel des Tutoriums „Softwareentwicklung für Anwendungen des maschinellen Lernens in der Produktion“ ist es, den Studierenden den Umgang mit den Methoden des maschinellen Lernens und der professionellen Softwareentwicklung im Kontext der Produktion, sowohl theoretisch als auch praktisch am Beispiel der Verschleißerkennung an der Bandsäge in der Prozesslernfabrik CiP, zu vermitteln.

The aim of the tutorial "Software Engineering for Machine Learning Applications in Manufacturing" is to teach students how to use the methods of machine learning and professional software development in the context of production, both theoretically and practically, using the example of wear detection on the band saw in the process learning factory CiP.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein, Problemstellungen aus der Produktion, unter Einhaltung der Vorgaben von Zeit, Qualität und Kosten mithilfe von Methoden des maschinellen Lernens softwaretechnisch zu lösen.
Hierfür werden die Studierenden befähigt:

1. Methoden und Instrumente der professionellen Softwareentwicklung zu erklären und selbstständig anzuwenden.
   a. Verwendung der Programmiersprache Python
      - Grundlagen der objektorientierten Programmierung
      - Verwendung von Software-Tests zur Qualitätssicherung
   b. Verwendung der Versionsverwaltungssoftware Git
   c. Verwendung von Linux in der Entwicklung
2. Methoden und Instrumente des maschinellen Lernens zu erklären und selbstständig im Kontext der Produktion anzuwenden.
   a. Umgang mit etablierten Prozessmodellen (CRISP-DM etc.)
   b. Erklärung und Auswahl geeigneter Ansätze des maschinellen Lernens (Regression, Classification, etc.) für gegebene Anwendungsfälle
   c. Erklärung und Auswahl geeigneter Ansätze des Deep Learning für gegebene Anwendungsfälle
   d. Verwendung von relevanten Python-Bibliotheken im Kontext des maschinellen Lernens (NumPy, Pandas, scikit-learn, Keras)

	3. Ausgewählte Lösungen für Probleme im Kontext der Produktion gemeinsam im Team zu entwickeln und umzusetzen. 4. Die Ergebnisse übersichtlich zusammenzustellen, zu präsentieren und kritisch zu bewerten. After the students have successfully completed the course unit, they should be able to develop software for solving manufacturing-related problems using machine learning, while complying with the specifications of time, quality and cost. The students are enabled to: 1. Explain and independently apply methods and tools of professional software development. a. Use of the Python programming language • Basics of object-oriented programming • Use of software testing for quality assurance b. Use of the Git version control software c. Use of the Linux OS for development 2. Explain and independently apply machine learning methods and tools in the context of production. a. Apply established process models (CRISP-DM, etc.) b. Explain and select appropriate machine learning approaches (regression, classification, etc.) for given use cases c. Explain and select appropriate Deep Learning approaches for given use cases d. Use of relevant Python libraries in the context of machine learning (NumPy, Pandas, scikit-learn, Keras) 3. Develop and implement selected solutions to problems in the context of manufacturing together as a team. *4.* Compile, present and critically evaluate the results.
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** Grundkenntnisse in der Programmierung mit Python empfohlen Basic knowledge of the Python programming language recommended
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Mündliche Prüfung: 20 min Vorstellung der Projektergebnisse (30 %) Abgabe des Quellcodes und der schriftlichen Dokumentation für das praktische Projekt (30 %) Schriftliche Prüfung: 30 min Test der erworbenen Kenntnisse (40 %) Oral exam: 20 min project presentation (30 %) Submission of the source code and written documentation for the practical project. (30 %) Written exam: 30 min test of the acquired knowledge (40 %)
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving credits** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung umfasst unterschiedliche Komponenten (siehe Prüfungsform); Standard (Ziffernote) / The technical examination consists of different components (see assessment methods); Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** Master Maschinenbau Tutorium
9	**Literatur / Literature** Werden im Rahmen des Tutoriums ausgeteilt Will be handed out during the tutorial

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title **Tutorium 3D-Druck** Tutorial in 3D-Printing					
Modul Nr. / Code 16-17-3264	**Leistungspunkte / Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 75 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** WiSe und SoSe
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**
	-tt	Tutorium 3D-Druck	Tutorium / Tutorial	45 h (4 SWS)
2	**Lehrinhalt / Syllabus** Einordnung des 3D-Drucks in Fertigungstechnologie; Anforderungen; Auswahl; Workflow; selbstständige Realisierung von Bauteilen; Begründung der Vorgehensweise und ausgewählten Fertigungsverfahren Classification of 3D printing in manufacturing technology; requirements; selection; workflow; independent realization of products; justification of approach and chosen production process			
3	**Lernergebnisse / Learning Outcomes** Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein: 1. Einsatzgebiete für den 3D-Druck zu identifizieren. 2. Geeignete Fertigungsverfahren des 3D-Drucks zur Herstellung von Bauteilen auszuwählen. 3. Die Bauteilgeometrie für das spezifische Fertigungsverfahren anzupassen. 4. Gängige Software aus dem Workflow des 3D-Drucks anzuwenden. 5. Typische Druckfehler zu analysieren und Druckparameter zu modifizieren. 6. Die gewählte Vorgehensweise schriftlich zu rechtfertigen. On successful completion of this module, students should be able to: 1. Identify application areas for 3D printing. 2. Choose a suitable 3D printing production process to manufacture parts. 3. Modify part geometry regarding the specific production process. 4. Use common software from the 3D printing workflow. 5. Analyze typical printing errors and modify print parameters. 6. Justify the chosen approach in written form.			
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** Teilnahme an der Vorlesung „Einführung in 3D-Druck und Additive Fertigung“ Participation of lecture „Introduction 3D-Printing and Additive Manufacturing“			
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Sonderform: Kolloquium mit Präsentation der Ergebnisse; Erstellung Handout Special form: presenting results in a colloquium; creating a handout			

6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving credits** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung; Standard (Ziffernote) / Technical Examination; Standard (Number grades) Die Fachprüfung umfasst unterschiedliche Komponenten (siehe Prüfungsform). Der Anteil der einzelnen Prüfungsbestandteile zur Bildung der Gesamtnote wird beim ersten Treffen erläutert. / The technical examination consists of different components (see assessment methods). The proportion of the individual examination components that make up the overall grade is explained at the first meeting.
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** Master Maschinenbau Tutorium
9	**Literatur / Literature** Gebhardt, Andreas. 3D-Drucken: Grundlagen und Anwendungen des Additive Manufacturing (AM). Carl Hanser Verlag GmbH Co KG, 2014. http://www.hanser-elibrary.com/isbn/9783446442382

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title **Tutorium Advanced Systems Engineering** (ASE) Tutorial Advanced Systems Engineering (ASE)					
Modul Nr. / Code 16-98-4184	**Leistungspunkte / Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 80 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** WiSe und/oder SoSe
Sprache / Language: Deutsch/ German **Level (EQF / DQR):** 7			**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Kommissarische Leitung des IAD & Prof. Benjamin Schleich (PLCM)		

1	**Kurse des Moduls / Courses**			
	Kurs Nr. / Code	**Kursname / Course Title**	**Lehrform / Form of teaching**	**Kontaktzeit / Contact hours**
	-tt	Tutorium Advanced Systems Engineering (ASE)	Tutorium/ Tutorial	40 h (4 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Dieses Tutorium wird als kollaboratives Modul gemeinschaftlich von IAD und PLCM als Blockveranstaltung (2 Wochen) durchgeführt und widmet sich neuen Entwicklungsansätzen im Advanced Systems Engineering (ASE) und deren Verknüpfung mit Ansätzen agiler Arbeit.
Im Rahmen des Tutoriums erlernen die Studierenden die Grundlagen der modellbasierten Systementwicklung (MBSE) und die Anwendung verschiedener UML- oder SysML-Diagramme. Die Studierenden vertiefen die Inhalte zur Entwicklung Cyber-Physischer Systeme. Ausgehend von Anwendungsfällen zur Entwicklung nachhaltiger Digitaler Zwillinge wird das System formal beschrieben, simuliert und praktisch aufgebaut. Als Referenzsysteme werden im Rahmen des Tutoriums Demonstratoren der Additiven Fertigung und der Robotik eingesetzt. Zusätzlich wird die Systemkommunikation zur Interoperabilität der Demonstratoren behandelt.
Daneben erwerben die Studierenden durch den Einsatz agiler Arbeitsweisen, orientiert am Scrum-Rahmenwerk, Kompetenzen bezüglich der erfolgreichen Produktentwicklung sowie der Zusammenarbeit in Teams. Durch die Nutzung agiler Methoden wird die Kommunikations- und die Kooperationsfähigkeit gefördert und die Zielorientierung sowie die Aufgabenbewältigung in Teams verbessert.
Die Studierenden vertiefen die Inhalte des Tutoriums zunächst anhand zur Verfügung gestellter Materialien und wenden ihr Wissen anschließend in Teams am Beispiel eines 3D-Druckers und eines Roboterarms an.

This tutorial is jointly conducted as a collaborative module by IAD and PLCM as a block course (2 weeks). It is dedicated to new development approaches in Advanced Systems Engineering (ASE) and their linkage with agile work methods.
During the tutorial, students learn the basics of model-based systems engineering (MBSE) and the application of various UML or SysML diagrams. The students deepen the content on the development of cyber-physical systems. Based on use cases for the development of sustainable digital twins, the system is formally described, simulated and practically built. The tutorial uses additive manufacturing and robotics demonstrators as reference systems. In addition, system communication for machine interoperability will be covered.
Secondly, the basics for successful product development and teamwork are imparted through the use of agile working oriented on the Scrum framework. Through the use of agile ways of working, communication and cooperation skills are promoted and goal orientation and team accomplishment are improved.
Students consolidate the contents of the tutorial on material made available to them and then practice their knowledge in teams on a 3D printer and a robotic arm.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

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

1. Anwendungsfälle von Advanced Systems zu formulieren (u.a. zu Themen der Nachhaltigkeit) und formal darzustellen.

	2. Ein bestehendes Informationsmodell zu analysieren und weiterzuentwickeln. 3. Simulationsmodelle zu erstellen und für die Nutzung im Digitalen Zwilling vorzubereiten. 4. Die Eigenschaften der Maschinenkommunikation zu verstehen und anzuwenden. 5. Ein funktionales Gesamtkonzept aufzubauen, zu validieren und zu verifizieren. 6. Verschiedene Methoden agiler und teambezogener Arbeitsweisen im Arbeitsprozess kennenzulernen, auszuwählen und anzuwenden. 7. Arbeitsplanung und Kommunikation im Team auf konstruktive und zielgerechte Weise umzusetzen und zu gestalten. 8. Projektaufgaben selbstständig zu strukturieren und durch angemessenen Einsatz von Arbeitsteilung und kooperativer Zusammenarbeit zu bearbeiten. 9. Selbständig eingesetzte Methoden agiler und teambezogener Arbeitsweisen im Arbeitsprozess zu beurteilen und zu reflektieren. 10. Ergebnisse ihrer Projektarbeit zielgruppenspezifisch und aufbereitet im Rahmen einer Abschlusspräsentation im Team zu präsentieren. **On successful completion of this module, students should be able to:** 1. Define use cases of advanced systems (including sustainability issues) and represent them formally. 2. Analyze and extend an existing information model. 3. Design simulation models and prepare them for use in the Digital Twin. 4. Understand and apply the characteristics of machine communication. 5. Implement, validate and verify an overall functional concept. 6. Select and implement a different method of agile and team-based working methods in the work process. 7. Implement and design work planning and communication in the team in a constructive and goal-oriented way. 8. Structure and process project tasks independently through the appropriate use of division of labour and cooperative collaboration. 9. Evaluate and reflect on the methods of agile and team-based working methods used in the work process. 10. Present the results of their project work in a target group-specific and prepared manner during a final presentation.
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** Grundlagen CAD empfohlen / recommended Basics CAD
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Sonderform: Individualleistung: Individuelle Dokumentation von Arbeitsergebnissen und Prozessen (Portfolio) + Gruppenleistung: Abschlusspräsentation der Projektarbeit Special type: Individual performance: Individual documentation of work results and processes (portfolio) + Group performance: Final presentation of the project work
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) Individualnote basierend auf den Ergebnissen aus: individuelle Dokumentationen (Portfolio) (80 %) und Abschlusspräsentation (20 %). /Individual grade based on the results from individual documentation submissions (portfolio) (80 %), and final presentation (20 %). Der Anteil sowie der konkrete Inhalt der einzelnen Prüfungsbestandteile zur Bildung der Gesamtnote wird beim ersten Treffen erläutert. / The proportion and content of the individual examination components that make up the overall grade are explained at the first meeting.
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** Master MB Tutorium, Master AE Tutorium, Master Mechatronik
9	**Literatur / Literature** Lehrmaterialien und Literaturhinweise werden im Rahmen der Veranstaltung zur Verfügung gestellt.
	Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 14. Februar 2023. Module description in force with resolution of the academic department at the 14 February 2023.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title **Tutorium Analysis und Numerik in der Strömungsmechanik** Tutorial Analysis and Numerical Simulation in Fluid Mechanics					
Modul Nr. / Code 16-64-5150	**Leistungspunkte / Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 80 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. Oberlack / Apl. Prof. Dr.-Ing. Y. Wang		

1	**Kurse des Moduls / Courses**			
	Kurs Nr. / Code	**Kursname / Course Title**	**Lehrform / Form of teaching**	**Kontaktzeit / Contact hours**
		Tutorium Analysis und Numerik in der Strömungsmechanik	Tutorium / Tutorial	40 h (4 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Vorgabe der Strömungsprobleme; Analytische Lösung; Numerische Lösung; Auswertung und Zusammenfassung der gewonnenen Ergebnisse; Präsentation.

Definition of the fluid mechanical problems; Analytic solution; Numerical solution; Evaluation and summary of the obtained results; Presentation.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

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

1. Analytische Methoden und numerischen Methoden zum Lösen von Strömungsdifferential-gleichungen anzuwenden.
2. Die Navier-Stokes Gleichungen für ein vorgegebenes einfaches strömungsmechanisches Problem mittels analytischer Methoden zu vereinfachen.
3. Die vereinfachten Navier-Stokes Gleichungen numerisch zu lösen und die entsprechenden Ergebnisse auswerten.
4. Die Resultate schriftlich zu präsentieren.

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

1. Apply analytical and numerical methods for solving the differential equations in fluid mechanics.
2. Simplify the Navier-Stokes equations for a given simple fluid mechanical problems by means of analytical methods
3. Solve numerically the simplified Navier-Stokes equations and judge the quality of the results.
4. Present the results in written form.

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

Grundkenntnisse über numerische Methoden, Kenntnisse über gewöhnliche und partielle Differentialgleichungen. Idealerweise Kenntnisse über numerische Simulationen in der Strömungsmechanik, Symmetriemethoden, Störungsrechnung.

Basic knowledge of numerical methods, knowledge of ordinary and partial differential equations. Ideally knowledge of numerical simulation in fluid mechanics, symmetry methods, perturbation methods.

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** Fachprüfung; Standard (Ziffernote) / Technical Examination; Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** Master Maschinenbau Tutorium
9	**Literatur / Literature** Unterlagen mit den Problemstellungen. Literaturhinweise werden ausgegeben. Documents with problems. References will be supplied.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Tutorium Anwendung von Industrie 4.0-Methoden in der Verfahrenstechnik

Tutorial Application of Industry 4.0 methods in process control

Modul Nr. / Code	**Credits**	**Arbeitsaufwand / Work load**	**Selbststudium / Individual study**	**Moduldauer / Duration**	**Angebotsturnus / Semester**
16-16-4284	4	120 h	75 h	1 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	Tutorium Anwendung von Industrie 4.0-Methoden in der Verfahrenstechnik	Tutorium / Tutorial	45 h (4 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Die Studierenden erlernen Aufbau, Arbeitsweise und Bedienung des industriellen Prozessleitsystems Siemens PCS7 im Rahmen von praktischen Versuchen in einer papiertechnischen Pilotanlage. An verschiedenen Trennprozessen im Pilotmaßstab werden Steuerungs- und Optimierungsaufgaben gelöst und dokumentiert. Darüber hinaus wird mit industriellen Diensten des Internets der Dinge (IoT) gearbeitet, um Anwendungsprobleme zu lösen (z. B. Prozess-Fernüberwachung, systematische Analyse von Prozessdaten zur Fehlerbehebung und Prozessoptimierung). Diese Techniken werden in Kleingruppen erlernt und in die Praxis umgesetzt.

Structure, functioning and operation of the Siemens PCS7 industrial process control system within the framework of practical trials in a paper recycling pilot plant. Control and optimization tasks are solved and documented on various pilot-scale separation processes. In addition, industrial services of the Internet of Things (IoT) are worked with to solve application problems (e.g. remote process monitoring, systematic analysis of process data for troubleshooting and process optimization). These techniques are learned in small groups and put into practice.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

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

1. Die Unterschiede zwischen den Elementen und der Architektur klassischer Prozessleittechnik und den Komponenten des Internets der Dinge zu beschreiben.
2. Ein industrielles Prozessleitsystem für einfache Versuche zu bedienen und Prozessdaten zu entnehmen und dabei die Wirkungsweise von Reglern und Verriegelungen zu berücksichtigen.
3. Die Programmierung des Leitsystems zu erläutern und Programmänderungen durchzuführen.
4. Verfahrenstechnische Trennprozesse mit digitalen Methoden zu steuern und zu optimieren
5. Komponenten und Dienste des Internets der Dinge (IoT) in Anwendungen zu nutzen.
6. Eigene IoT-Applikationen zu erstellen und zur Prozesskontrolle einzusetzen.

	7. Geräte und IoT-Applikationen mit Hilfe von Kommunikationstechniken wie MQTT zu vernetzen und mit Hilfe von Schnittstellen wie OPC-UA in Prozessleitsysteme einzubinden. On successful completion of this module, students should be able to: 1. Describe the differences between the elements and architecture of classic process control technology and the components of the Internet of Things. 2. Operate an industrial process control system for simple experiments and extract process data, taking into account the operation of controllers and interlocks. 3. Explain control system programming and make program changes. 4. Control and optimize process engineering separation processes using digital methods. 5. Use components and services of the Internet of Things (IoT) in applications. 6. Create own IoT applications and use them for process control. 7. Network devices and IoT applications using communication technologies such as MQTT and integrate them into process control systems using interfaces such as OPC-UA.
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** Empfohlen: Einführung in die Mechanische Verfahrenstechnik; Einführung Papiertechnik, Mechanische Trennverfahren Recommended: Mechanical Process Engineering, Introduction to Paper Technology and Mechanical separation processes
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Protokoll, Kolloquium und praktische Bedienung der Piloteinrichtungen (30 min) Protocol, colloquium and practical operation of the pilot facilities (30 min)
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving credits** 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 Maschinenbau Tutorium
9	**Literatur / Literature** Literaturhinweise werden mit den Tutoriums-Unterlagen ausgegeben. References will be supplied in the context of the documents of the tutorial.
	Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 08. Februar 2022. Module description accepted from academic department on 02 February 2022.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Tutorium Anwendung von Lasermesstechnik in turbulenten Flammen

Tutorial Application of laser diagnostics in turbulent flames

Modul Nr. / Code	**Leistungspunkte / Credit Points**	**Arbeitsaufwand / Work load**	**Selbststudium / Individual study**	**Moduldauer / Duration**	**Angebotsturnus / Semester**
16-13-5220	4 CP	120 h	75 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**
-tt	Anwendung von Lasermesstechnik in turbulenten Flammen	Tutorium / Tutorial	45 h (4 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Vertiefte Grundlagen der Lasermesstechnik; Lasersicherheit; Auslegung einer Sheetformingoptik zur Durchführung von Particle Image Velocimetry (PIV) Experimenten. Auswahl und Aufbau eines abbildenden Detektionssystems für PIV-Messungen; Planung der zeitlichen Synchronisation der Messkette, Versuchsdurchführung, Auswertung der erfassten Daten

Basics of laser diagnostics; Laser safety; Design of an optical setup to perform particle image velocimetry (PIV) measurements; Selection and setup of a detection system to perform PIV measurements; Design a trigger plan for the chronological synchronization of the measurement chain; Execution of the experimental procedure; Processing of the recorded data

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

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

1. Die Anwendung der Lasermesstechnik als Werkzeug zur Charakterisierung von turbulenten Flammen zu erklären.
2. Den experimentellen Aufbau einer Lasermessung selbstständig zu erarbeitet und praxisnahe Messungen im Verbrennungslabor durchzuführen.
3. Geeignete Messgeräte auszuwählen und deren Messfehler abzuschätzen.
4. Die aufgenommenen Messdaten auszuwerten und einen technischen Versuchsbericht zu erstellen.
5. Eine anwendungsspezifische Fragestellung unter Abwägung der gegebenen Randbedingungen und Einschränkungen zu bearbeiten.

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

1. Explain the meaning of laser diagnostics as a tool to characterize turbulent flames.
2. Design independent the experimental investigation and examine a practical experimental investigation in a flame laboratory.
3. Select and calibrate sensors and measuring devices.
4. Evaluate test data and write technical reports.
5. Plan, perform and evaluate an experiment taking in consideration the specific boundary conditions and limitations of an application specific measurement problem.

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

	‚Messtechnik, Sensorik und Statistik‘ and Lasermesstechnik empfohlen. / ‘Measurement Techniques, Sensors and Statistics’ and ‘Laser Measurement Technology’ recommended.
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Sonderform: Mündliche Prüfung + schriftliche Ausarbeitung (4x 30 min) Die Gesamtprüfungsleistung in Form von 4 halbstündigen mündlichen Prüfungen und einer abschließenden schriftlichen Ausarbeitung soll die im Tutorium angebotene Mischung aus theoretischen Grundlagen und experimentellen Untersuchungen wiederspiegeln. Special form: Oral exam + written exposion (4x 30 min). The examination undertaken by four oral examinations and a written exposition represents the tutorium-based-mixture of theoretical basics and experimental investigations.
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung; Standard (Ziffernote) / Technical Examination; Standard (Number grades) Die Fachprüfung umfasst unterschiedliche Komponenten (siehe Prüfungsform). Der Anteil der einzelnen Prüfungsbestandteile zur Bildung der Gesamtnote wird beim ersten Treffen erläutert. / The technical examination consists of different components (see assessment methods). The proportion of the individual examination components that make up the overall grade is explained at the first meeting.
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** Master Maschinenbau Tutorium
9	**Literatur / Literature** Zusätzliches Begleitmaterial stehen begleitend auf der Homepage des Instituts zur Verfügung RSM http://www.csi.tu-darmstadt.de/institute/rsm/lehre_22 The supplemental material can be downloaded from the web pages of the institute RSM - http://www.csi.tu-darmstadt.de/institute/rsm/lehre_22

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Tutorium Arbeitswissenschaft

Tutorial Ergonomics

Modul Nr. / Code	Leistungspunkte / Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-21-5070	4 CP	120 h	75 h	1 Semester	SoSe + WiSe

Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF/DQR):** 7	**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Kommissarische Institutsleitung IAD

1 Kurse des Moduls / Courses

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

2 Lehrinhalt / Syllabus

Methoden der Arbeitswissenschaft in der Anwendung kennenlernen (z.B. physiologische Messungen, Blickbewegungsanalyse, Fahrversuche …)

This course covers ergonomic methods in practice e.g. physiological measurements, eye movement analysis, driving tests, etc.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

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

1. Vertiefte Fach- und Methodenkompetenz in der Arbeitswissenschaft anzuwenden.
2. Die Vorgehensweise der Arbeitswissenschaft in praktischen Versuchen anzuwenden (*und selbst Versuche durchzuführen*). (*z.B. physiologische Messungen, Blickbewegungsanalyse, Fahrversuche …)*
3. Die Ergebnisse der Versuche in geeigneter Form zu präsentieren und kritisch zu würdigen.

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

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

1. Apply deeper methodology and technical competence of ergonomics.
2. Apply ergonomic methods in tests and have experience in performing their own tests.
3. Present the results of the attempts in appropriate form.

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

Grundlagen Arbeitswissenschaft empfohlen

Recommended: Basic knowledge of Human Factors/Ergonomics

5	**Prüfungsform / Assessment methods** Sonderform / Special type. (schriftlich + mündlich Präsentation 20 min / written + oral Präsentation 20 min)
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung; Standard (Ziffernote) / Technical Examination; Standard (Number grades) Die Fachprüfung umfasst unterschiedliche Komponenten (siehe Prüfungsform). Der Anteil der einzelnen Prüfungsbestandteile zur Bildung der Gesamtnote wird beim ersten Treffen erläutert. / The technical examination consists of different components (see assessment methods). The proportion of the individual examination components that make up the overall grade is explained at the first meeting.
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** Master Maschinenbau Tutorium
9	**Literatur / Literature** In Abhängigkeit von laufenden Forschungsprojekten content chosen according to current research projects

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title **Tutorium Automatisierung energie- und verfahrenstechnischer Anlagen (AEVA)** Tutorial Automation of Energy and Process Plants					
Modul Nr. / Code 16-20-xxxx	**Leistungspunkte / Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 60 h	**Moduldauer / Duration** 3 Wochen	**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**
	-tt	Tutorium Automatisierung energie- und verfahrenstechnischer Anlagen (AEVA)	Tutorium / Tutorial	60 h (4 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Anlagen der Energie- und Verfahrenstechnik sind in einem hohen Maß mit Messtechnik (z.B. für Temperatur, Druck & Durchfluss) und Aktorik (z.B. Armaturen, Pumpen & Fördereinrichtungen) ausgestattet. Diese dienen der Prozessüberwachung- und steuerung hinsichtlich den Anspekten der Gewährleistung der angestrebten Produktqualität sowie eines sicheren und ökonomisch sowie ökologisch effizienten Betriebes. Genannte Komponenten werden zentralisiert/dezentral über eine/mehrere Steuereinheit(en) mittels individueller Programme ausgelesen bzw. angesteuert. Die Planung, Programmierung und Bedienung eines derartigen leittechnischen Systems stellt eine essentielle Kompetenz von BetriebsingenieurInnen in entsprechenden Anlagen dar.
Im Rahmen des Tutoriums werden zunächst die Grundlagen zum Einbinden und zur prozesstechnischen Dokumentation von Messtechnik und Aktorik behandelt. In mehreren Lehreinheiten in Seminarform (insgesamt ca. 6 h) werden das Lesen und Erstellen von Fließschemata, die Bennennung der Sensoren & Aktoren mittels Krafterk-Kennzeichensystem (KKS) sowie die Grundlagen der Dimensionierung von Armaturen behandelt. Darüber hinaus werden der Aufbau einer SPS sowie die zur Kommunikation verwendeten Signalarten besprochen und eine Einführung in die im Tutorium verwendeten und der Industrie weit verbreiteten Programmierumgebung gegeben. Abschließend werden in Anbetracht der sich anschließenden praktischen Gruppenarbeit die phänomenologischen Grundlagen und Anwendungsgebiete von Wirbelschichten vorgestellt.
In der praktischen Gruppenarbeit (2er-Gruppen) werden entsprechende leittechnische Programme an mehreren Testständen gemäß gestellter Anforderungen geplant und erstellt (2 Einheiten à 1 Woche). In der ersten Woche werden hierbei die wesentlichen Aspekte der leittechnsichen Programmierung wie SPS-Initialisierung, Einbindung von Sensoren & Aktoren, Signalverarbeitung, Regelkreise, Alarme, Benutzeroberflächen & Datenarchivierung an zwei simplen Testständen (Wasserkreislauf & Gasstrecke) erlernt. Anschließend werden diese sowie die in den Lehreinheiten vermittelten Kenntnisse zur Bearbeitung einer umfassenden Aufgabenstellung vor einem energietechnischen Hintergrund an einem komplexen Teststand (zirkulierende Wirbelschicht im Labormaßstab - Kontrollieren von Feststoff-, Gas- und Flüssigkeitsströmen) verwendet und hierüber ein Bericht verfasst.

Current power and chemical plants are equipped to a high degree with measurement technology (e.g. for temperature, pressure & flow) and actuators (e.g. valves, pumps & conveyors). These are used for process monitoring and control with regard to the aspects of guaranteeing the desired product quality as well as safe and economically and ecologically efficient operation. The components are read out or controlled in a centralised/decentralised manner via one/more control unit(s) by means of individual programmes. The planning, programming and operation of such a control system is an essential competence of engineers in charge of operating and maintaining these plants.
Within the tutorial, the basics for the integration and process-technical documentation of measurement technology and actuators are discussed. In several teaching units in seminar form (approx. 6 h in total), the reading and creation of flow diagrams, the naming of sensors & actuators using the power plant identification system (KKS) as well as the basics of dimensioning fittings are covered. Furthermore, the structure of a PLC as well as the signal types used for communication are discussed and an introduction to the programming environment used in the tutorial and widely used in the industry is given. Finally, in view of the subsequent practical group work, the phenomenological basics and application areas of fluidised beds are presented.
In the practical group work (groups of 2), corresponding control technology programmes are planned and created on several test benches according to the set requirements (2 units of 1 week each). In the first week, the essential aspects of I&C programming such as PLC initialisation, integration of sensors & actuators, signal processing, control loops, alarms, user interfaces & data archiving are learned on two simplified test stands (water circuit & gas

	circuit). Subsequently, these and the knowledge imparted in the teaching units are used to process a comprehensive task against an energy engineering background on a complex test stand (circulating fluidised bed on a laboratory scale - controlling solid, gas and liquid flows) and a report is written on this.
3	**Lernergebnisse / Learning Outcomes** Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie zu Folgendem in der Lage sein: 1. Anlagendokumentationen lesen & erstellen (Fließschemata & KKS) 2. Speicherprogrammierbare Steuerungen sowie Einbindung von Sensorik & Aktorik planen (Hardware) 3. Planen & Erstellen leittechnischer Programme a. SPS-Systeme initialisieren b. Sensoren & Aktoren einbinden c. Signale verarbeiten, Alarme setzen sowie Regelkreise erstellen und optimieren d. Benutzeroberflächen erstellen & (Mess-)Daten archivieren 4. Die Phänomenologie & energietechnischen Anwendungen von Wirbelschichten in Grundzügen zu erklären After successfully completing the unit, students should be able to: 1. Read & create documentation for power and chemical plants (flow diagrams & KKS) 2. Plan programmable logic controllers and integration of sensors & actuators (hardware) 3. Plan & create I&C programs a. Initialize PLC systems b. Integrate Sensors & Actors c. Process signals, set alarms and create & optimize control circuits d. Create UI (user interfaces) & archive data 4. Explain the basics of phenomenology & energy-technical applications of fluidized beds.
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** - keine / - none
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Sonderform / Special type. Komponenten (Anteil an Gesamtnote) - Bearbeitung der praktischen Aufgabenstellung gemäß gestellter Anforderungen (30 %) - Verfassen eines entsprechenden Berichtes (30 %) - Mündliche Prüfung (40 %) Components (amount of overall grade) - Solving the practical tasks according to requirements (30 %) - Preparing an appropriate report (30 %) - Oral exam (40 %)
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung; Standard (Ziffernote) / Technical Examination; Standard (Number grades) Die Fachprüfung umfasst mehrere Komponenten mit unterschiedlichem Anteil an der Gesamtnote (siehe Prüfungsform) Der Anteil der einzelnen Prüfungsbestandteile zur Bildung der Gesamtnote wird beim ersten Treffen erläutert. / The technical examination consists of different components (see assessment methods). The proportion of the individual examination components that make up the overall grade is explained at the first meeting.
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** Master „Maschinenbau“ - Tutorium / Master „Energy Science and Engineering“ - Wahlpflichtbereich
9	**Literatur / Literature** Vorlesungsfolien & Arbeitsskript / Lecture notes and lab instructions

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title **Tutorium CAD-/CAM-Prozesskette** Tutorial CAD/CAM process chain					
Modul Nr. / Code 16-09-5150	**Leistungspunkte / Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 45 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. Weigold / 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**
	-tt	Tutorium CAD-/CAM-Prozesskette	Tutorium / Tutorial	75 h

2 Lehrinhalt / Syllabus

Organisatorische Integration der CAD-/CAM-Prozesskette, Historische Entwicklung, CAD Grundlagen, CAD Einzelteil- sowie Baugruppenmodellierung, Technische Produktdokumentation, CAM Grundlagen, CAM Modellierung, Aufbau von NC-Programmen, Aufgaben des Postprozessors, automatische Erstellung von NC-Programmen, typische Fehler im CAM-Prozess, Simulation.

Organizational integration of the CAD/CAM process chain, historical development, CAD basics, CAD single part and assembly modelling, technical product documentation, CAM basics, CAM modelling, structure of NC programs, function of post processors, automatic generation of NC programs, typical mistakes within CAM processes, simulation.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

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

1. Die Abteilungen entlang der Prozesskette CAD/CAM sowie deren Aufgaben zu beschreiben.
2. CAD-Modelle anzufertigen sowie zu dokumentieren, CAM-Modelle zu erstellen und NC-Programme automatisch zu generieren.
3. Die notwendigen Qualifizierungen der Mitarbeiter sowie die Wechselwirkungen mit benachbarten Abteilungen zu beschreiben.
4. Die wirtschaftlichen Auswirkungen der Prozesskettengestaltung zu beurteilen.

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

1. Describe the departments along the CAD/CAM process chain as well as their tasks.
2. Design and document CAD and CAM models as well as the automatic generation of a NC program.
3. Describe the necessary qualification of the employees and the interactions with related departments. Students can evaluate
4. Evaluate the economic relations of the process chain design.

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

5 Prüfungsform / Assessment methods

	schriftlich / mündlich 4 schriftliche Abgaben (CAD, CAM, NC, Maschinensimulation): Anfertigungszeit jeweils ca. 8 h. Mündliche Prüfung: 30 min 4 written subjects (CAD, CAM, NC, machine simulation): preparation time per subject approx. 8 h. Oral examination: 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** Fachprüfung; Standard (Ziffernote) / Technical Examination; Standard (Number grades) Die Fachprüfung umfasst unterschiedliche Komponenten (siehe Prüfungsform). Der Anteil der einzelnen Prüfungsbestandteile zur Bildung der Gesamtnote wird beim ersten Treffen erläutert. / The technical examination consists of different components (see assessment methods). The proportion of the individual examination components that make up the overall grade is explained at the first meeting.
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** Master Maschinenbau Tutorium
9	**Literatur / Literature** Skript und Online-Guide verfügbar Script and online guide available

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title **Tutorium Digitalisieren einer vollautomatischen Brauanlage** Tutorial Digitalizing an automated brewing system					
Modul Nr. / Code 16-10-4284	**Leistungspunkte / Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 80 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** SoSe + WiSe
Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF/DQR)**: 7			**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr.-Ing. P. Pelz		

1	**Kurse des Moduls / Courses**			
	Kurs Nr. / Code	**Kursname / Course Title**	**Lehrform / Form of teaching**	**Kontaktzeit / Contact hours**
	-tt	Tutorium Digitalisieren einer vollautomatischen Brauanlage	Tutorium / Tutorial	40 h

2 Lehrinhalt / Syllabus

Einarbeitung in die Thematik; Erlernen der Programmierung von speicherprogrammierbaren Steuerungen mittels Structured Text (ST); virtuelles Testen der Programme („Software in the loop“); Aufbau von Beispielprozessen für den realen/experimentellen Test der Programme („Hardware in the loop“); Erweiterung der bereits am FST bestehenden automatisierten Brauanlage durch die Erweiterung des Programmcodes oder der Anlagenfunktion durch Digitalisierung; Durchführung, Dokumentation der Ergebnisse in GitLab

Introduction into the topic; Programming of a programmable logic controller via structured text; virtual testing of the programs (“Software in the loop”); experimental setup for real testing of the programs (“Hardware in the loop”); Extension of the existing automated brewing system at the FST by extending the program code or the system function by digitalization; implementation, documentation of the results in GitLab.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

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

1. Den Prozess des Bierbrauens zu erklären sowie Prozessparameter zu identifizieren, um Automatisierungspotentiale zu erkennen und somit die Mess-, Regel- und Steueraufgaben zu identifizieren, die von Sensoren, Aktoren und der SPS übernommen werden können.
2. Ein R&I Fließschema zu lesen und zu verstehen, um daraus ein Prozessablaufplan zu erstellen.
3. Den Aufbau einer SPS sowie der Programmierung nach IEC 61131 zu erklären, um selbständig Übungsaufgaben zu lösen und Programme nachzuvollziehen.
4. Die verbauten Sensoren und Aktoren für die Automatisierung zu nutzen, Prozesswerte nachzuvollziehen und diese zu bewerten.
5. Die Aufgabenbereiche der Automatisierungstechnik wiederzugeben und anzuwenden.
6. Die Programmierung mit Structured Text (ST) zu erlernen und anzuwenden, sich in vorhandene Codes einzuarbeiten, diesen zu analysieren und selbst zu modifizieren.
7. Die bisherige Steuerung zu erweitern, um so einen Beitrag zur Automatisierung/Digitalisierung/ Verbesserung des Brauprozesses zu gestalten.
8. Fehler zu detektieren, Programmabläufe und Prozesse zu optimieren und die Qualität von geänderten bzw. neuen Prozessen und Produkten zu steigern.

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

1. explain the process of brewing beer as well as identify process parameters in order to recognize automation potentials and thus identify the measurement, control and monitoring tasks that can be performed by sensors, actuators and the PLC.

	2. read and understand a P&I diagram in order to create a process flow diagram from it. 3. explain the structure of a PLC as well as programming according to IEC 61131 in order to independently solve exercise tasks and reproduce programs. 4. use the installed sensors and actuators for automation, to understand process values and to evaluate them. 5. reproduce and apply the tasks of automation technology. 6. learn and apply programming with Structured Text (ST), to understand with existing codes, to analyze them and to be able to modify them. 7. extend the existing control system in order to contribute to the automation/digitalization/ improvement of the brewing process. 8. detect errors, to optimize program sequences and processes and to increase the quality of modified or new processes and products.
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** Keine / none
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Ausarbeitung (GitLab und Labortagebuch) + mündliche Prüfung 15 min (Codegespräch) Report (GitLab and laboratory diary) + oral exam 15 min (Code Conversation)
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving credits** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung: Standard (Ziffernote)/ Technical Examination; Standard (Number grades) Die Fachprüfung umfasst unterschiedliche Komponenten (siehe Prüfungsform). Der Anteil der einzelnen Prüfungsbestandteile zur Bildung der Gesamtnote wird beim ersten Treffen erläutert. / The technical examination consists of different components (see assessment methods). The proportion of the individual examination components that make up the overall grade is explained at the first meeting.
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** Master Maschinenbau Tutorium
9	**Literatur / Literature**
	Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 08. Februar 2022. Module description in force with resolution of the academic department at the 08 February 2012.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title **Tutorium Drucktechnologie und Anwendung in der gedruckten Elektronik** Tutorial printing technology and application in printed electronics					
Modul Nr. / Code 16-17-5070	**Leistungspunkte / Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 75 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** WiSe und SoSe
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**
	-tt	Tutorium Drucktechnologie und Anwendung in der gedruckten Elektronik	Tutorium / Tutorial	45 h (4 SWS)
2	**Lehrinhalt / Syllabus** Layouten von Druckformen; Drucken mit konventionellen und digitalen Druckverfahren; graphisches Drucken und gedruckte Elektronik; Produktintegration in der gedruckten Elektronik Design of printing layouts; printing tests with conventional and digital printing technologies; graphical printing and printed electronics; product integration of printed electronics			
3	**Lernergebnisse / Learning Outcomes** Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein: 1. Einsatzgebiete für die verschiedenen Druckverfahren zu identifizieren. 2. Layouts für die gedruckte Elektronik zu designen. 3. Exemplarische Druckversuche durchzuführen. 4. Typische Druckfehler zu erkennen und Druckparameter zu modifizieren. 5. Die gewählte Vorgehensweise schriftlich zu rechtfertigen. On successful completion of this module, students should be able to: 1. Identify applications for various printing technologies. 2. Design layouts for printed electronics. 3. Run exemplary printing tests. 4. Identify characteristic printing errors and adjust printing parameters. 5. Justify the chosen approach in written form.			
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** Keine / none			
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Sonderform: Kolloquium mit Präsentation der Ergebnisse; Erstellung Handout Special form: presenting results in a colloquium; creating a handout			
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving credits** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.			

7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung; Standard (Ziffernote) / Technical Examination; Standard (Number grades) Die Fachprüfung umfasst unterschiedliche Komponenten (siehe Prüfungsform). Der Anteil der einzelnen Prüfungsbestandteile zur Bildung der Gesamtnote wird beim ersten Treffen erläutert. / The technical examination consists of different components (see assessment methods). The proportion of the individual examination components that make up the overall grade is explained at the first meeting.
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** Master Maschinenbau Tutorium
9	**Literatur / Literature** Lehrmaterialien und Literaturhinweise werden ausgegeben. Educational material and references will be supplied.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Tutorium Energieeffiziente Fluidsysteme: Optimierung und Validierung mittels Technical Operations Research

Tutorial Energy-efficient Fluid Systems: Optimisation and Validation using Technical Operations Research

Modul Nr. / Code	**Leistungspunkte / Credit Points**	**Arbeitsaufwand / Work load**	**Selbststudium / Individual study**	**Moduldauer / Duration**	**Angebotsturnus / Semester**
16-10-5240	4 CP	120 h	85 h	1 Semester	SoSe + 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**
-tt	Tutorium Energieeffiziente Fluidsysteme: Optimierung und Validierung mittels Technical Operations Research	Tutorium / Tutorial	35 h

2 Lehrinhalt / Syllabus

Messung von Ventil- und Pumpenkennlinien; Bestimmung von Funktionsziel und Last; Ermittlung von Arbeitspunkten; Auswahl der Komponenten; Topologieoptimierung; Reglerauslegung; Regelungs-varianten

Measurement of characteristic curves of pumps and valves; Determination of function and load; Identification of working points; Selection of components; Topology optimization; Design and variance of control systems

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

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

1. Eigenschaften von Turboarbeitsmaschinen und Regelarmaturen anhand von Kennfeldern zu beschreiben.
2. Einen Messaufbau für Kennfelder zu entwickeln.
3. Funktion, Ziel und Last eines Fluidsystems zu erkennen.
4. Die Methodik des Technical Operations Research (TOR) auf die Auslegung von Fluidsystemen anzuwenden.
5. Regelungsaufgaben zu erkennen, zu beschreiben und zu lösen.

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

1. Describe fluid work machines and valves with characteristic diagrams.
2. Design a measurement setup for characteristic grids.
3. Identify function, goal and load of fluid systems.
4. Apply the method of Technical Operations Research (TOR) to the design process of fluid systems.
5. Describe and solve feedback control problems.

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

Grundlagen der Turbomaschinen und Fluidsysteme, Aktuatorik in der Prozessautomatisierung, Technical Operations Research, Fluidenergiemaschinen

	fundamentals of turbomachinery and fluid systems, actuators in process automation of chemical plants, technical operations research, fluid energy machines
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Klausur 20 min + Ausarbeitung / Written exam 20 min + Elaboration
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung; Standard (Ziffernote) / Technical Examination; Standard (Number grades) Die Fachprüfung umfasst unterschiedliche Komponenten (siehe Prüfungsform). Der Anteil der einzelnen Prüfungsbestandteile zur Bildung der Gesamtnote wird beim ersten Treffen erläutert. / The technical examination consists of different components (see assessment methods). The proportion of the individual examination components that make up the overall grade is explained at the first meeting.
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** Master Maschinenbau Tutorium
9	**Literatur / Literature** Lernmaterial auf www.fst.tu-darmstadt.de Josef Krallrath: Gemischt-ganzzahlige Optimierung: Modellierung in der Praxis, Springer, 2013 Study material at www.fst.tu-darmstadt.de Josef Krallrath: Gemischt-ganzzahlige Optimierung: Modellierung in der Praxis, Springer, 2013
	Modulverantwortlicher bis einschließlich SoSe 2022/23: Dr.-Ing. J. Kiesbauer. Alter Modultitel: Tutorium Topologie der Fluidsysteme. Responsible for the module up to and including SoSe 2022/23: Dr.-Ing J. Kiesbauer. Previously module title: Tutorial Topology of Fluid Systems.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title **Tutorium Energiesysteme** Tutorial Thermal Power Plants					
Modul Nr. / Code 16-20-5060	**Leistungspunkte / Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 60 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** SoSe + 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**
	-tt	Tutorium Energiesysteme	Tutorium / Tutorial	60 h

2 Lehrinhalt / Syllabus

Experimente zur Verbrennung fester Brennstoffe in Wirbelschichten. Die Versuche beinhalten praktische Untersuchungen zum Betriebsverhalten einer Wirbelschicht an einem Kaltmodel, sowie Laboranalysen von festen Brennstoffen (u.a. Ultimat- und Proximatanalyse, Bestimmung von Brenn- und Heizwert, Ascheschmelzpunkt und Korngrößenverteilung).

Investigations on fluidized bed combustion of solid fuels. The experiments are twofold. Determination of the characteristics of fluidised beds by testing a cold flow model, as well as laboratory analysis of solid fuels (e.g. ultimate and proximate analysis, determination of gross calorific value and net calorific value, ash melting temperature and particle size distribution).

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

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

1. Den Einfluss verschiedener Partikeleigenschaften auf eine Wirbelschicht zu beurteilen
2. Die Strömungsstabilität stationärer und zirkulierender Wirbelschichten anhand von Kaltversuchsmodellen zu erkennen
3. Den Einfluss verschiedener Brennstoffeigenschaften auf eine Feuerung zu beurteilen.
4. Laborversuche mit der notwendigen Sorgfalt eigenständig durchzuführen.
5. Konstruktive und prozessbedingte Parameter zu untersuchen, die die Strömungsstabilität beeinflussen.
6. Die wichtigsten Mess- und Analysemethoden der Energietechnik zu erklären.
7. Die Messgeräte, bzw. elektronische Messdatenerfassungsanlagen zu bedienen und deren Messfehler abzuschätzen.
8. Die aufgenommenen Messdaten auszuwerten und einen technischen Versuchsbericht zu erstellen.

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

1. Evaluate different particle properties regarding their influence on circulation fluidised beds.
2. Identify flow stabilty in stationary and circulating fluidised beds in cold flow models.
3. Evaluate different solid fuels regarding their combustion properties.
4. Exercise experiments in the laboratory independently with the necessary accuracy.
5. Analyse constructive and process parameters regarding their influence on the flow stability.
6. Explain the fundamental measuring and analysis methods of thermal power plants.
7. Operate the measuring instruments and to estimate their measurement uncertainty.
8. Present the results of the attempts in appropriate form.

4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** Energie und Klimaschutz oder Energiesysteme I Energy and Climate Change or Energy Systems I
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Sonderform: Schriftliche Ausarbeitung und mündlicher Abschlusstest (30 min) / Special type: Written report and 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; Standard (Ziffernote) / Technical Examination; Standard (Number grades) Die Fachprüfung umfasst unterschiedliche Komponenten (siehe Prüfungsform). Der Anteil der einzelnen Prüfungsbestandteile zur Bildung der Gesamtnote wird beim ersten Treffen erläutert. / The technical examination consists of different components (see assessment methods). The proportion of the individual examination components that make up the overall grade is explained at the first meeting.
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** Master Maschinenbau Tutorium
9	**Literatur / Literature** Unterlagen zum Vorlesungsbeginn erhältlich Course notes will be available at the beginning of the course

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title **Tutorium Fahrzeugtechnik** Tutorial Automotive Engineering					
Modul Nr. / Code 16-27-5080	**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. Peters (ab dem SoSe 2022)		

1	**Kurse des Moduls / Courses**			
	Kurs Nr. / Code	**Kursname / Course Title**	**Lehrform / Form of teaching**	**Kontaktzeit / Contact hours**
	-tt	Tutorium Fahrzeugtechnik	Tutorium / Tutorial	45 h (4 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Das Fahrzeugtechnische Tutorium dient dazu, ausgewählte Inhalte aus den Vorlesungen Kraftfahrzeugtechnik, Fahrdynamik und Fahrkomfort sowie Mechatronik und Assistenzsysteme im Automobil anhand praktischer Fahrversuche zu vertiefen. Dabei richtet sich die Auswahl der Versuche, die auf einem abgesperrten Versuchsgelände durchgeführt werden, unter Anderem nach der Verfügbarkeit von Versuchsfahrzeugen oder nach aktuellen Fragestellungen.

The Automotive Engineering Tutorium deepens special topics from the courses Motor Vehicles, Ride and Handling as well as Automotive Mechatronics and Assistence Systems on the basis of practically performed experiments. The selection of the experiments that will be executed at the proving ground follows the availability of testing vehicles or current problems.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

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

1. Einen Versuchs- bzw. Prüfablauf mit der entsprechenden Messtechnik selbständig für eine gegebene kraftfahrzeugtechnische Problemstellung festzulegen.
2. Prüfparameter zur Bearbeitung der Problemstellung festzugelegen und zu variieren.
3. Die Messgeräte, bzw. elektronische Messdatenerfassungsanlagen zu bedienen und deren Messfehler abzuschätzen.
4. Versuche unter Einhaltung der Sicherheitsvorschriften vorzubereiten und 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 diskutieren.

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

1. Determine a test case with appropriate measuring devices for a given automotive problem independently.
2. Determine and apply measuring and test parameters for solving the given problem.
3. Operate the measuring instruments and estimate their measurement uncertainty.
4. Set-up test drives considering safety instructions and conduct experiments.
5. Evaluate test data and to write technical reports.
6. Present and discuss the results of the attempts in appropriate form.

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

Kraftfahrzeugtechnisches Grundlagenwissen. In Deutschland gültige Fahrerlaubnis für eingesetzte Fahrzeuge.

	Fundamentals of automotive engineering. Valid driver's license for Germany and used cars in the course.
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Vorbereitung, Ausarbeitung und mündliche Prüfung 15 min / Preparation, thesis and oral exam 15 min
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung; Standard (Ziffernote) / Technical Examination; Standard (Number grades) Die Fachprüfung umfasst unterschiedliche Komponenten (siehe Prüfungsform). Der Anteil der einzelnen Prüfungsbestandteile zur Bildung der Gesamtnote wird beim ersten Treffen erläutert. / The technical examination consists of different components (see assessment methods). The proportion of the individual examination components that make up the overall grade is explained at the first meeting.
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** Master Maschinenbau Tutorium MSc Mechatronik (Wahlfächer im Wahlbereich Inf Ing Nat), MSc. Informatik (Anwendungsfach Fahrzeugtechnik, Spezialisierung), MSc Traffic&Transport, (Vertiefungsmodul FB16, ggf. Auflage).
9	**Literatur / Literature** Unterlagen zu den Versuchen werden den Teilnehmern ausgehändigt. materials are handed out to participants.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title **Tutorium Fluidenergiemaschinen** Tutorial Fluid Energy Machines					
Modul Nr. / Code 16-10-5150	**Leistungspunkte / Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 80 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. Pelz		

1	**Kurse des Moduls / Courses**			
	Kurs Nr. / Code	**Kursname / Course Title**	**Lehrform / Form of teaching**	**Kontaktzeit / Contact hours**
	-tt	Tutorium Fluidenergiemaschinen	Tutorium / Tutorial	40 h

2 Lehrinhalt / Syllabus

Experimentelle Untersuchung verschiedener Arten von Fluidenergiemaschinen (Ventilatoren, Pumpen); Experimentelle Untersuchungen zu Maschinenkennlinien, Energieeffizienz und Einsatzgrenzen; Anwendung (evtl. vorherige Kalibrierung) maschinentypischer Messverfahren; Betrachtung von Messungenauigkeiten; Durchführung, Auswertung und Dokumentation experimenteller Untersuchungen

Experimental investigations of different types of fluid energy machines (fans, pumps); Experimental investigations of characteristic curves, energy efficiency and limits of application; Application of machine-typical measurement methods (possibly preceding calibration); Consideration of measurement uncertainties; Conduction, evaluation and documentation of experimental investigations

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

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

1. Die grundlegende Vorgehensweise bei der experimentellen Ermittlung von Maschinenkennlinien, Energieeffizienzkennwerten und Einsatzgrenzen zu beschreiben.
2. Geeignete Messverfahren für vorgegebene Maschinentypen auszuwählen sowie deren Besonderheiten und evtl. Schwierigkeiten in der Anwendung zu beschreiben.
3. Die Behandlung und Ermittlung von Messungenauigkeiten zu erklären sowie die Fortpflanzungsgesetze für systematische und statistische Messungenauigkeit anzuwenden.
4. Aufgenommene Messdaten auszuwerten und in geeigneter Form darzustellen sowie die durchgeführten Versuche zu dokumentieren.

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

1. Describe the basic procedure to experimentally determine characteristic curves, energy efficiency indicators and limits of application.
2. Select appropriate measurement equipment for given types of machines as well as to describe particularities and possible difficulties of their application.
3. Describe the treatment of measurement uncertainties and to apply the laws of error propagation of systematic and statistical measurement uncertainties.
4. Evaluate recorded measurement data, to illustrate it in a suitable form and to document the conducted experiments.

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

Grundlagen der Turbomaschinen und Fluidsysteme, Messtechnik

	fundamentals of turbomachinery and fluid systems, measurement technology
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Ausarbeitung + mündliche Prüfung 15 min / Elaboration + oral exam 15 min
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung; Standard (Ziffernote) / Technical Examination; Standard (Number grades) Die Fachprüfung umfasst unterschiedliche Komponenten (siehe Prüfungsform). Der Anteil der einzelnen Prüfungsbestandteile zur Bildung der Gesamtnote wird beim ersten Treffen erläutert. / The technical examination consists of different components (see assessment methods). The proportion of the individual examination components that make up the overall grade is explained at the first meeting.
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** Master Maschinenbau Tutorium
9	**Literatur / Literature** Lernmaterial auf www.fst.tu-darmstadt.de Study material at www.fst.tu-darmstadt.de

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title **Tutorium Fortgeschrittene Cax Methoden** Tutorial Advanced Cax Methods					
Modul Nr. / Code 16-07-5100	**Leistungspunkte / Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 60 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** SoSe + WiSe
Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF/DQR):** 7			**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr.-Ing. R. Anderl / 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**
	-tt	Tutorium Fortgeschrittene Cax Methoden	Tutorium / Tutorial	60 h

2	**Lehrinhalt / Syllabus** PDM-System, CAD-System, Einzelteilmodellierung, Baugruppenmodellierung, Knowledge Based Engineering und Freiformflächenmodellierung. PDM system, CAD system, part modeling, assembly modeling, knowledge based engineering and free form surface modeling.
3	**Lernergebnisse / Learning Outcomes** Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein: 1. Fortgeschrittene CA-Methoden zu erklären und anzuwenden. 2. Die generische Vorgehensweise von CAx-Prozessketten zu erkennen, anzuwenden und zu planen. 3. Weit verbreitete CAD-Systeme zu verstehen und zu bedienen. 4. Umsetzung des exemplarisch erlernten Wissens in die industrielle Praxis zu übertragen. On successful completion of this module, students should be able to: 1. Explain and apply advanced CAx Methods. 2. Understand, plan and execute generic workflows of CAx-processes. 3. Understand and use at least one of widely used CAD systems. 4. Transfer the theoretical knowledge from this tutorial into industrial practice.
4	**Voraussetzung für die Teilnahme -/ Prerequisites for participation** Einführung in das rechnergestützte Konstruieren (CAD) oder Virtuelle Produktentwicklung A, B, C Introduction to computer aided design (CAD) or virtual product development A, B, C.
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Praktische Prüfung / Practical exam.
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung; Standard (Ziffernote) / Technical Examination; Standard (Number grades) Die Fachprüfung umfasst unterschiedliche Komponenten (siehe Prüfungsform). Der Anteil der einzelnen Prüfungsbestandteile zur Bildung der Gesamtnote wird beim ersten Treffen erläutert. / The technical examination consists of different components (see assessment methods). The proportion of

	the individual examination components that make up the overall grade is explained at the first meeting.
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** Master Maschinenbau Tutorium
9	**Literatur / Literature** „Fortgeschrittene Cax Methoden“ ist ein E-Learning-Tutorium. This Tutorial is designated an 'e-learning' modul.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Tutorium GoIng Digital - Digitalisierung in der Produktion am Beispiel Lernfabrik

Tutorial GoIng Digital - Digitalization in production using the example of learning factories

Modul Nr. / Code	**Leistungspunkte / Credit Points**	**Arbeitsaufwand / Work load**	**Selbststudium / Individual study**	**Moduldauer / Duration**	**Angebotsturnus / Semester**
16-09-3214	4 CP	120 h	57 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	Tutorium GoIng Digital - Digitalisierung in der Produktion am Beispiel Lernfabrik	Tutorium / Tutorial	63 h

2 Lehrinhalt / Syllabus

Die Studierenden lernen Methoden, Technologien und Instrumente zur Digitalisierung bestehender Produktionssysteme in realen Produktionsumgebungen kennen und anwenden. Insbesondere werden entlang des Produktlebenszyklus die übergeordneten Thematiken Assistenzsysteme, Shopfloor Managementsysteme und Intralogistiksysteme in den Produktionsumgebungen von drei Lernfabriken betrachtet.

Students get to know methods, technologies and instruments to digitalize existing production systems in real production environments and learn to apply them. In particular, the main topics of assistance systems, shop floor management systems and intralogistics systems in the production environments of three learning factories are examined throughout the product life cycle.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

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

1. Methoden und Instrumente der Schlanken Produktion, insbesondere für die Bereiche Assistenzsysteme (Bochum), Methoden der Künstlichen Intelligenz (KI) (Darmstadt) und Intralogistiksystemen (Reutlingen), zu erklären.
2. Passende Methoden und Instrumente in den Produktionsumgebungen der Lernfabriken auszuwählen und anzuwenden, wie die systematische Bewertung von Assistenzsystemen, die Auditierung von Shopfloor Management Systemen und die Berechnung von Kanban und Routenzug-Systemen.
3. Möglichkeiten zur Digitalisierung für die genannten Systeme zu identifizieren und zu evaluieren wie Augmented/Virtual Reality, digitale Boards, Datenbrillen, Fahrerlose Transportsysteme und Roboter.
4. Ausgewählte Lösungen zu gemeinsam im Team entwickeln und umzusetzen.
5. Zusammenhänge zwischen Assistenzsystemen, Shopfloor Management Systemen und Intralogistiksystemen zu formulieren.
6. Die Ergebnisse übersichtlich zusammenzustellen, zu präsentieren und kritisch zu bewerten.

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

1. Explain methods and instruments of Lean Production, especially for the topics assistance systems (Bochum), methods of artificial intelligence (Darmstadt) and intralogistics systems (Reutlingen).

	2. Select and apply suitable methods and instruments in the production environments of learning factories like the systematic evaluation of assistance systems, auditing of shopfloor management systems and the calculation of Kanban and milkrun systems. 3. Identify and evaluate potentials for digitalization for the named systems, like augmented/virtual reality, digital boards, smart glasses, automated guided vehicle systems and robots. 4. Develop and implement selected solutions together in a team. 5. Formulate interdependencies between assistance systems, shopfloor management systems and intralogistics systems. 6. Provide and present the results in a comprehensible way and evaluate them critically.
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** Keine / none
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Sonderform: mündliche und schriftliche Prüfungsleistung / Oral and written examination
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving credits** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung; Standard (Ziffernote) / Technical Examination; Standard (Number grades) Die Fachprüfung umfasst unterschiedliche Komponenten (siehe Prüfungsform). Der Anteil der einzelnen Prüfungsbestandteile zur Bildung der Gesamtnote wird beim ersten Treffen erläutert. / The technical examination consists of different components (see assessment methods). The proportion of the individual examination components that make up the overall grade is explained at the first meeting.
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** Master Maschinenbau Tutorium
9	**Literatur / Literature**
10	**Kommentar / Annotation** Das Tutorium wird in der Prozesslernfabrik CiP des Instituts PTW und zwei weiteren Lernfabriken in Bochum und Reutlingen durchgeführt. Anmeldungen zum Tutorium erfolgen über das Institut. The tutorial is executed in the Process Learning Factory CiP of the institute PTW and in two other learning factories in Bochum and Reutlingen. Registration for the tutorial should be done over the institute.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title **Tutorium Grundlagen der Roboterprogrammierung** Tutorial Basic Robot Programming					
Modul Nr. / Code 16-09-5180	**Leistungspunkte / Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** Ca. 88 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** SoSe und/oder WiSe
Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF/DQR):** 7			**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr.-Ing. M. Weigold		

1	**Kurse des Moduls / Courses**			
	Kurs Nr. / Code	**Kursname / Course Title**	**Lehrform / Form of teaching**	**Kontaktzeit / Contact hours**
	-tt	Tutorium Grundlagen der Roboterprogrammierung	Tutorium / Tutorial	Ca. 32 h
2	**Lehrinhalt / Syllabus** Ziel des Tutoriums ist es, grundlegende Fähigkeiten zu erlangen, die zum Programmieren eines KUKA Robotersystems nötig sind. Goal of the tutorial is to get all basic acquirements for the programming of the KUKA robot seminar.			
3	**Lernergebnisse / Learning Outcomes** Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein: 1. Werkzeug-Werkstück-Koordinatensysteme zu definieren. 2. Verschiedene Programmierungsarten der Robotersysteme zu unterscheiden und zu erläutern. 3. Robotersysteme (Navigation etc.) zu programmieren. 4. Robotersysteme zu kalibrieren. 5. Die Programmierung unter Einhaltung der Sicherheitsvorschriften auszuführen. 6. Die Programmierung und die Ausführung derselben in geeigneter Form zu präsentieren und kritisch zu würdigen. On successful completion of this module, students should be able to: 1. Define the tool and work piece coordinate system. 2. Distinguish and explain different types of programming the robot systems. 3. Program robot systems (the navigator etc.) 4. Calibrate robot systems (the tool and tool payload). 5. Conduct programs considering safety instructions. 6. Present the programming and the results in appropriate form.			
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** Fachprüfung; Standard (Ziffernote) / Technical Examination; Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** Master Maschinenbau Tutorium
9	**Literatur / Literature**

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title **Tutorium Maschinenakustik** Tutorial Machine Acoustics					
Modul Nr. / Code 16-26-5100	**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. T. Melz		

1	**Kurse des Moduls / Courses**			
	Kurs Nr. / Code	**Kursname / Course Title**	**Lehrform / Form of teaching**	**Kontaktzeit / Contact hours**
	-tt	Tutorium Maschinenakustik	Tutorium / Tutorial	45 h (4 SWS)
2	**Lehrinhalt / Syllabus** Thema: "Experimentelle und rechnersiche Bestimmung des akustischen Übertragungsverhaltens eines krafterregten Maschinenghäuses"; Umgang mit moderner akustischer Messtechnik für Luft-, Körperschall-, Kraft- und Dämpfungsmessung; Matlab/Excel-Kenntnisse; Abgleich Messung-Rechnung Theoretical and experimental determination of the acoustic response in machine structures, which are excited by external forces (experimental and theoretical approach). To learn how to use modern acoustic measuring equipment in order to determine and validate airborne and structure borne noise (Matlab and Excel).			
3	**Lernergebnisse / Learning Outcomes** Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein: 1. Moderne akustische Messtechnik zu bedienen 2. Normen, Richtlinien und Bestimmungen für akustische Messungen korrekt anzuwenden 3. Softwareegebnisse mit akustischen Messergebnissen zu validieren On successful completion of this module, students should be able to: 1. Operate modern acoustic measurement equipment 2. Correctly apply standards, guidelines, and regulations for acoustic measurements 3. Validate software results with acoustic measurements			
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** Vorlesung "Grundlagen der Maschinenakustik“ Module "Fundamentals of Maschine Acoustics"			
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Kolloquium mit individuell vergebener Note bei mehreren Teilnehmern; gemeinsamer Abschlussbericht 30 min / A joint colloquium with an individual marking and a joint final report of all the participants 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** Fachprüfung; Standard (Ziffernote) / Technical Examination; Standard (Number grades) Die Fachprüfung umfasst unterschiedliche Komponenten (siehe Prüfungsform). Der Anteil der einzelnen Prüfungsbestandteile zur Bildung der Gesamtnote wird beim ersten Treffen erläutert. / The technical examination consists of different components (see assessment methods). The proportion of the individual examination components that make up the overall grade is explained at the first meeting.
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** Master Maschinenbau Tutorium
9	**Literatur / Literature** Unterlagen mit Themenstellung, Formelsammlung, Literaturhinweisen, Verhaltensregeln, Sicherheitsbestimmungen, Bewertungsschema, Anforderungsliste, Datenblätter, Bedienungsanleitungen usw. werden ausgegeben Students will receive handouts which include the required information of the subject, formulas, directives, safety information, appraisals, demands, data sheets and instruction manuals

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Tutorium Maschinenelemente im Fahrzeuggetriebe

Tutorial Machine Elements in Vehicle Transmissions

Modul Nr. / Code	**Leistungspunkte / Credit Points**	**Arbeitsaufwand / Work load**	**Selbststudium / Individual study**	**Moduldauer / Duration**	**Angebotsturnus / Semester**
16-05-3174	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. E. Kirchner

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	**Kursname / Course Title**	**Lehrform / Form of teaching**	**Kontaktzeit / Contact hours**
-tt	Tutorium Maschinenelemente im Fahrzeuggetriebe – Aspekte der Komfort- und Montagegerechten Gestaltung	Tutorium / Tutorial	45 h (4 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Schwerpunkte des Tutoriums sind neben der Funktion der Getriebe als Kennungswandler vor allem Fragestellungen des Bedienkomforts und der Montage einschließlich ergonomischer Aspekte. Im Vordergrund stehen dabei die Auseinandersetzung mit ausgeführten Beispielen und das Antizipieren der Hintergründe konstruktiver Details. Das Tutorium erstreckt sich über eine Woche Vollzeit im Labor inklusive einem Tag Fachexkursion und eine Präsentation mit Kolloquium in der Folgewoche.

Folgende Schwerpunkte und Inhalte werden im Rahmen der Präsenszeit behandelt:

Untersuchung der Getriebe von außen und Bearbeitung der daraus ersichtlichen Fragestellungen und Aufgaben zu makroskopischen Eigenschaften der Getriebe; Zerlegung der Getriebe und Identifizieren von Maschinenelementen und deren Funktionen (Kraftleitung, Übersetzungen, Sicherheitsfunktionen, Komfort, etc.); Erstellen von Strichskizzen der Getriebe, Sägezahndiagrammen und Zugkraftdiagrammen; Exkursion mit Besuch von Getriebeentwicklung, Getriebewerk und Fahrzeugmontage; Wiederaufbau der Getriebe und Erkennen montageorientierter konstruktiver Details.

This tutorial focuses on the functions of vehicle transmissions as well as their comfortable usage and ergonomic assembly. Design properties and decisions are analysed and their background anticipated. The tutorial is a fulltime week long with one day of excursion plus one day for a presentation and colloquium in the following week.

Following main areas of focus and topics will be addressed:

Analysis of the transmissions from the outside and processing of questions and tasks regarding the macroscopic properties of the transmissions; Disassembly of the transmissions and identification of machine elements and their functions (power flow, gear ratios, safety functions, comfort, etc.); Creation of schematic sketches, sawtooth diagrams and traction force diagrams; Excursion to and expert discussion in transmission development, transmission assembly and vehicle assembly; Assembly of the transmissions and identification of assembly oriented design details.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

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

1. Die Wirkmechanismen und Funktionsmerkmale der behandelten Maschinenelemente und konstruktiven Subsysteme von Fahrzeugantrieben am Beispiel zu identifizieren.
2. Konstruktive Details für die Komfort- oder Montagegerechtheit der Getriebe zu erkennen und deren Wirkweise zu erklären.
3. Typische Herausforderungen an die Montage variantenreicher Produkte zu erklären und Lösungsansätze für die Beherrschung der Komplexität in der Montage zu benennen.

	4. Grundzüge der Montagegerechtheit konstruktiv anzuwenden und potentielle Problempunkte der Montageergonomie zu erkennen. On successful completion of this tutorial, students should be able to: 1. Identify the effect mechanisms and functional properties of the discussed machine elements and subsystems of vehicle transmissions. 2. Determine design details regarding comfort and assembly of the transmissions, and to discuss their mode of action. 3. Explain typical challenges in the assembly of products with many variants and to name strategies on how to be in control of the complexity in assembly. 4. Use basics design strategies to simplify the assembly and to identify potential problems regarding ergonomics in the assembly.
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** Kenntnisse und Fertigkeiten aus Maschinenelemente und Mechatronik I und II sowie Innovative Maschinenelemente I und II werden empfohlen. Knowledge and skills of Mechanical Components and Mechatronics I and II as well as Innovative Machine Elements I and II are recommended.
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Präsentation und Kolloquium (60 min) in der Kleingruppe / Presentation and colloquium (60 min) in small groups
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving credits** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung; Standard (Ziffernote) / Technical Examination; Standard (Number grades) Die Fachprüfung umfasst unterschiedliche Komponenten (siehe Prüfungsform). Der Anteil der einzelnen Prüfungsbestandteile zur Bildung der Gesamtnote wird beim ersten Treffen erläutert. / The technical examination consists of different components (see assessment methods). The proportion of the individual examination components that make up the overall grade is explained at the first meeting.
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** Master Maschinenbau Tutorium
9	**Literatur / Literature** Vorlesungsfolien zu Innovative Maschinenelemente I und II (moodle) Kirchner, E., Birkhofer, H. (2017). Maschinenelemente und Mechatronik II, Shaker Verlag Aachen, 4. Auflage 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, 3. Auflage 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 **Tutorium Modellbildung in der Umformtechnik** Tutorial Modelling in metal forming technology					
Modul Nr. / Code 16-22-5140	**Leistungspunkte / Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 75 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** SoSe + 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	Tutorium Modellbildung in der Umformtechnik	Tutorium / Tutorial	45 h (4 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Am ersten Tag findet eine Einführungsvorlesung zu den Grundlagen der Programmierung mit Python und Fortran statt. Im Anschluss lernen die Teilnehmer im Rahmen eines Tutorials den Umgang mit den Programmiercodes zur benutzerdefinierten Modellbildung und Auswertung in einem Finite-Element-Code (Abaqus oder Simufact). Am vierten Tag erhalten die Teilnehmer eine ausgewählte Aufgabe aus dem Bereich der Umformtechnik, die selbstständig zu lösen ist. Dabei steht neben der Untersuchung der Programmierstrategie auch die Auswirkung auf und die Vereinfachbarkeit von Simulationen im Vordergrund.

On the first day there will be an introductory lecture on the basics of programming with Python and Fortran. Subsequently, the participants will learn how to use the programming code for user-defined modelling and evaluation in a finite element code (Abaqus or Simufact) in a tutorial. On the fourth day, the participants are given a selected task from the field of forming technology to be solved independently. Besides examining the programming strategy, the impact on and simplification of simulations will be also examined.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

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

1. Modellierungsstrategien mit den Programmiersprachen Fortran und Python zu entwickeln.
2. Nichtlineare Probleme mit dem Programm Abaqus zu lösen.
3. Simulationen mit benutzerdefinierten Randbedingungen durchzuführen.
4. Simulationsergebnisse automatisiert auszuwerten.
5. Die Ergebnisse der Simulation in geeigneter Form darzustellen und kritisch zu würdigen.

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

1. Develop modelling strategies with the programming languages Fortran and Python
2. Solve nonlinear problems with the software Abaqus.
3. Carry out simulations with user-defined boundary conditions.
4. Automatically evaluate simulation results.
5. Present the results of the simulation in a suitable form and to critically evaluate them.

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

keine / none

5 Prüfungsform / Assessment methods

	Mündliche Prüfung 30 min oder Klausur 90 min / Oral (30 min) or written exam (90 min). Oder /or Klausur 90 min / Written exam 90 min.
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung; Standard (Ziffernote) / Technical Examination; Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** Master Maschinenbau Tutorium
9	**Literatur / Literature**

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title **Tutorium Numerische Berechnungsverfahren im Maschinenbau** Tutorial Numerical Methods in Mechanical Engineering					
Modul Nr. / Code 16-19-5050	**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. rer. nat. M. Schäfer		

1	**Kurse des Moduls / Courses**			
	Kurs Nr. / Code	**Kursname / Course Title**	**Lehrform / Form of teaching**	**Kontaktzeit / Contact hours**
	-tt	Tutorium Numerische Berechnungs-verfahren im Maschinenbau	Tutorium / Tutorial	45 h (4 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Lösung linearer Gleichungssysteme mittels Gauß-Elimination und iterativen Verfahren, Berechnung von Wärmetransport mit FV-Methode, Berechnung von Wärmetransport mit FE-Methode, Simulation dynamischer Vorgänge mit Zeitintegrationsverfahren

Solution of systems of equations with the Gauss elimination and via iterative methods, heat transfer computation with FV method, computation of heat transfer with FE method, simulation of dynamic processes with time integration method

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

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

1. Direkte und iterative Verfahren zur Lösung linearer Gleichungssysteme zu programmieren und hinsichtlich ihrer Limitierungen zu verstehen.
2. Finite-Volumen-Verfahren zu programmieren und bezüglich ihrer numerischer Ordnung zu untersuchen
3. Finite-Elemente-Verfahren zu programmieren und Lösungen bezüglich des numerischen Gitters zu beurteilen
4. Die Lösung instationärer Gleichungen mit expliziten und impliziten Verfahren zu programmieren und diese Verfahren hinsichtlich numerischer Stabilität unter Berücksichtigung der Zeitschrittweite zu beurteilen.

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

1. Program direct and iterative methods for solving linear systems of equations and understand their limitations
2. Program the finite-volume method and determine their order of numerical precision
3. Program the finite-element method and evaluate the solutions in respect to the numerical grid
4. Program solvers for unsteady equations using explicit and implicit methods and understand the relation between timestep size and the stability of these methods.

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

Numerische Berechnungsverfahren (begleitend)

Numerical Methods (collateral)

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** Fachprüfung; Standard (Ziffernote) / Technical Examination; Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** Master Maschinenbau Tutorium
9	**Literatur / Literature** Aufgabenbeschreibung im WWW unter www.fnb.tu-darmstadt.de exercise description in the web under www.fnb.tu-darmstadt.de

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title **Tutorium Pneumatik** Tutorial Pneumatics					
Modul Nr. / Code 16-10-5200	**Leistungspunkte / Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 80 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** SoSe + WiSe
Sprache / Language: Deutsch / German **Level (EQF/DQR):** 7			**Modulverantwortliche/r / Module Co-ordinator** Prof. Dr.-Ing. P. Pelz		

1	**Kurse des Moduls / Courses**			
	Kurs Nr. / Code	**Kursname / Course Title**	**Lehrform / Form of teaching**	**Kontaktzeit / Contact hours**
	-tt	Tutorium Pneumatik	Tutorium / Tutorial	40 h

2 Lehrinhalt / Syllabus

Elemente der Pneumatik; Boole'sche Operatoren; Pneumatische Realisierung logischer Verknüpfungen; Elektrische Realisierung logischer Verknüpfungen; Praktische Versuche im Bereich Pneumatik und Elektropneumatik; Elektropneumatische Schaltpläne; Praktische Versuche im Bereich der Messdatenerfassung; Zweipunktregelung einer Speicherladeschaltung; PID-Regelung eines pneumatischen Linearzylinders; Praktische Versuche im Bereich der Regelpneumatik

Elements of pneumatics; Boolean operators; Realization of logic operations by means of pneumatics; Realization of logic operations by means of electronics; Practical experiments in the field of pneumatic as well as electro-pneumatic systems; Electro-pneumatic circuit diagrams; Practical experiments in the field of measurement data acquisition; Two-point control of a reservoir; PID-control of a pneumatic linear cylinder; Practical experiments in the field of controlled pneumatics

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

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

1. Logische Verknüpfungen in Form von pneumatischen und elektronischen Schaltungen zu realisieren.
2. Realisierte elektropneumatische Schaltungen in elektropneumatischen Schaltplänen zu dokumentieren.
3. Die Funktion einer elektropneumatischen Schaltung anhand des elektropneumatischen Schalt-plans deuten zu können.
4. Den Grundaufbau und die Funktionsweise einer Messdatenerfassungskette zu erklären.
5. Die Eigenschaften von Zweipunkt- und PID-Regelungen zu nennen und derartige Regelungen zu parametrisieren.

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

1. Realise logical operations by means of pneumatic as well as electro-pneumatic systems.
2. Document realized electro-pneumatic circuits as electro-pneumatic circuit diagrams.
3. Interpret the function of an electro-pneumatic system on the basis of the electro-pneumatic circuit diagram.
4. Explain the basic set-up and the functionality of a measurement data acquisition system.
5. State the properties of two-point and PID-controls and to parametrize control systems of these types.

4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** Grundlagen der Turbomaschinen und Fluidsysteme, Messtechnik, Regelungstechnik fundamentals of turbomachinery and fluid systems, measurement techniques, control engineering
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Ausarbeitung + Klausur 30 min / Elaboration + written exam 30 min
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung; Standard (Ziffernote) / Technical Examination; Standard (Number grades) Die Fachprüfung umfasst unterschiedliche Komponenten (siehe Prüfungsform). Der Anteil der einzelnen Prüfungsbestandteile zur Bildung der Gesamtnote wird beim ersten Treffen erläutert. / The technical examination consists of different components (see assessment methods). The proportion of the individual examination components that make up the overall grade is explained at the first meeting.
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** Master Maschinenbau Tutorium
9	**Literatur / Literature** Lernmaterial auf www.fst.tu-darmstadt.de Ebel, I. P.: Pneumatik Elektropneumatik Grundlagen. Troisdorf: Festo, Bildungsverlag EINS, 2010 Grollius, H.-W.: Grundlagen der Pneumatik. Leipzig: Hanser, 2009 Study material at www.fst.tu-darmstadt.de Ebel, I. P.: Pneumatik Elektropneumatik Grundlagen. Troisdorf: Festo, Bildungsverlag EINS, 2010 Grollius, H.-W.: Grundlagen der Pneumatik. Leipzig: Hanser, 2009

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Tutorium Physikalisch Informierte Neuronale Netze in der Chemischen Verfahrenstechnik

Tutorial Physics Informed Neural Networks in Chemical Engineering

Modul Nr. / Code	**Leistungspunkte / Credit Points**	**Arbeitsaufwand / Work load**	**Selbststudium / Individual study**	**Moduldauer / Duration**	**Angebotsturnus / Semester**
16-13-4304	4 CP	120 h	75 h	1 Semester	SoSe

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**
-tt	Tutorium Physikalisch Informierte Neuronale Netze in der Chemischen Verfahrenstechnik	Tutorium / Tutorial	45 h (4 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Der Kurs behandelt in einem (kurzen) theoretischen Teil:

- Aufbau und die Funktionsweise von neuronalen Netzen.
- Die Implementierung und das Training von neuronalen Netzen in der Python Bibliothek PyTorch.
- Verschiedene Möglichkeiten, physikalisch/chemisches Vorwissen in die Struktur oder den Trainingsprozess von neuronalen Netzen zu integrieren.
- Grundlagen der mathematischen Beschreibung chemischer Reaktoren.
- Modellierung von chemischen Reaktoren mittels physikalisch informierter neuronaler Netze (PINNs).

Im (umfangreicheren) praktischen Teil des Kurses erstellen die Studierenden in Gruppenarbeit ein Modell eines industriellen Reaktors, das auf physikalisch informierten Netzen basiert.

Der Kurs wird gemeinsam für Studierende der Fachrichtungen Maschinenbau und Chemie angeboten. Auf diese Weise können die Studierenden in der Gruppenarbeit Erfahrung im interdisziplinären Arbeiten sammeln.

In a (shorter) theoretical part, the course covers:

- The structure and working principles of neural networks.
- The implementation and training of neural networks in the Python library PyTorch.
- Different ways of integrating prior physical/chemical knowledge into the structure or training process of neural networks.
- Fundamentals of the mathematical description of chemical reactors.
- Modeling of chemical reactors using physics informed neural networks (PINNs).

In the (more extended) practical part of the course, students work in groups to build a model of an industrial reactor based on physics informed neural networks.

The course is offered jointly to students of Mechanical Engineering and Chemistry. In this way the students can gain experience in interdisciplinary work through the group projects.

3	**Lernergebnisse / Learning Outcomes** Nachdem die Studierenden die Lerneinheit erfolgreich abgeschlossen haben, sollten sie in der Lage sein: 1. Neuronale Netze in PyTorch (Python) zu implementieren und zu trainieren. 2. Differentialgleichungen für die Beschreibung von chemischen Reaktoren zu formulieren. 3. Physikalisches Wissen der chemischen Verfahrenstechnik für das Training von physikalisch informierten neuronalen Netzen zu verwenden. 4. Die Verwendung von physikalischem Wissen zum Training von neuronalen Netzwerken zu diskutieren und bewerten. 5. Programmierprojekte in Gruppen zu bearbeiten. On successful completion of this module, students should be able to: 1. Implement and train neural networks in PyTorch (Python). 2. Formulate differential equations for the description of chemical reactors. 3. Use physical knowledge of chemical engineering for the training of neural networks. 4. Discuss and evaluate the use of physical knowledge to train neural networks. 5. Work on programming projects in groups.
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** Erfahrungen im Programmieren (zum Beispiel Python, Matlab oder Julia) sind erwünscht. Experience in programming (e.g. Python, Matlab or Julia) is desirable.
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Mündliche Prüfung 30 minuten Oral exam 30 minutes
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving credits** 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** Master Maschinenbau Tutorium Master Energy Science and Engineering Master Chemistry
9	**Literatur / Literature** Wird im Laufe des Tutoriums ausgehändigt. Will be handed out during the tutorial.
	Modulbeschreibung angenommen mit FBR-Beschluss am 19. Dezember 2023. Module description accepted from academic department on 19 December 2023.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Tutorium Simulation von Versorgungssystemen in der Produktion

Tutorial Simulation of supply systems in production

Modul Nr. / Code	**Leistungspunkte / Credit Points**	**Arbeitsaufwand / Work load**	**Selbststudium / Individual study**	**Moduldauer / Duration**	**Angebotsturnus / Semester**
16-09-3224	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. M. Weigold

1 Kurse des Moduls / Courses

Kurs Nr. / Code	**Kursname / Course Title**	**Lehrform / Form of teaching**	**Kontaktzeit / Contact hours**
-tt	Tutorium Simulation von Versorgungssystemen in der Produktion	Tutorium / Tutorial	45 h (4 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

- Einführung in die dynamische Simulation und mögliche Einsatzbereiche im industriellen Kontext mit Energiebezug
- Übersicht geeigneter Simulationsumgebungen und Modellierungsansätze
- Einführung in die Grundlagen der Sprache Modelica und die Simulationsumgebung Dymola von Dassault Systèmes
- Einführung in die Entwicklung von objektorientieren Modell-/Simulationsbibliotheken und Forschungsdatenmanagement nach dem FAIR-Prinzip
- Einführung in weiterführende Techniken der Simulation (FMI-Modellexport, Co-Simulation, Kopplung mit mathematischer Optimierung)
- Einführung in die systematische Ergebnisauswertung
- Anwendung der Simulationswerkzeuge auf konkrete Fallbeispiele aus der Produktion (mit dem Fokus auf Metall verarbeitende Betriebe)

- Introduction to dynamic simulation and possible fields of application in an industrial context with energy reference
- Overview of suitable simulation environments and modelling approaches
- Introduction to the programming language Modelica and the simulation environment Dymola
- Introduction to the development of object-oriented model/simulation libraries and research data management in accordance with the FAIR principle
- Introduction to advanced simulation techniques (FMI model export, co-simulation, coupling with mathematical optimization)
- Introduction to the systematic evaluation of results
- Application of simulation tools to specific production case studies (with a focus on metal processing companies)

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

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

1. Typische industrielle thermische Versorgungssysteme der metallverarbeitenden Industrie in dynamischen Modellen abzubilden.
2. Geeignete Programme für die Simulation der Vorgänge auszuwählen oder zu erstellen.
3. Die Signifikanz von Einflussgrößen auf den Energiebedarf der Systeme zu beurteilen.
4. Die Berechnungsergebnisse zu analysieren und deren Qualität einzuschätzen.
5. Die Ergebnisse der Simulation in geeigneter Form darzustellen und kritisch zu würdigen.

	On successful completion of this module, students should be able to: 1. Model typical industrial thermal supply systems of the metal processing industry 2. Select or compile suitable programmes for the simulation of the processes. 3. Assess the significance of influencing variables on the energy demand of the systems. 4. Analyse and estimate the quality of the calculation results. 5. Present the results of the attempts in appropriate form.
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** Vorkenntnisse der Produktionstechnik, Thermodynamik, Strömungslehre, Gebäudetechnik sowie zur Simulation technischer Systeme sind hilfreich, werden jedoch nicht als Teilnahmevoraussetzung erachtet. Previous knowledge of production engineering, thermodynamics, fluid mechanics, building services engineering and simulation of technical systems is helpful, but is not considered a prerequisite for participation.
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Sonderform: Schriftlicher Bericht (Simulationsmodell) und mündliche Gruppenprüfung (Ergebnispräsentation 20 min) / Special type: Written report (simulation model) and oral group exam (20 min).
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving credits** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung; Standard (Ziffernote) / Technical Examination; Standard (Number grades) Die Fachprüfung umfasst unterschiedliche Komponenten (siehe Prüfungsform). Der Anteil der einzelnen Prüfungsbestandteile zur Bildung der Gesamtnote wird beim ersten Treffen erläutert. / The technical examination consists of different components (see assessment methods). The proportion of the individual examination components that make up the overall grade is explained at the first meeting.
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** Master Maschinenbau Tutorium Empfohlene Aufnahme im Curriculum des Studiengangs Master ESE
9	**Literatur / Literature** Begleitmaterial und Literaturempfehlungen werden im Rahmen der Veranstaltungen bekanntgegeben. Accompanying material and recommendations for literature available upon announcement.

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Tutorium „Stahl fliegt" in der Umformtechnik (Wettbewerb "Stahl fliegt")

Tutorial "Steel flies" in forming technology (competition "Steel flies")

Modul Nr. / Code	**Leistungspunkte / Credit Points**	**Arbeitsaufwand / Work load**	**Selbststudium / Individual study**	**Moduldauer / Duration**	**Angebotsturnus / Semester**
16-22-5120	4 CP	120 h	75 h	1 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**
-tt	Tutorium „Stahl fliegt" in der Umformtechnik (Wettbewerb "Stahl fliegt")	Tutorium / Tutorial	45 h (4 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Die Studierenden konzeptionieren und fertigen ein Flugobjekt aus Stahl innerhalb eines vorgegebenen Zeit- und Kostenrahmens. Die Organisation und Aufteilung der Arbeitspakete erfolgt selbstständig innerhalb der einzelnen Gruppen. Zielsetzung ist die Maximierung von Flugdauer, -stabilität und –weite des Flugobjektes. Abschließend erfolgt die Präsentation der Ergebnisse.

The students design and manufacture a flying object made of steel within a given time and cost framework. The organisation and division of the work packages is carried out independently within the individual groups. The objective is to maximize the flight duration, flight distance and the stability of the flying object. The presentation of the results concludes the project.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

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

1. Ein komplexes Leichtbausystem zu konzeptionieren, auszulegen und produktionsgerecht zu konstruieren.
2. Eine vorgegebene Aufgabe als Team innerhalb eines gesteckten Zeit- und Kostenrahmens zu strukturieren und erfolgreich umzusetzen.
3. Die Grundlagen der Aerodynamik von Flugobjekten zu erläutern und in Modellen umzusetzen.
4. Die von ihnen erzielten Ergebnisse prägnant zu präsentieren.
5. Ihre Ergebnisse in einem Wettkampf („Stahl fliegt") darzustellen und sich mit internationalen Teams auszutauschen.

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

1. Conceptualise, design and construct a complex lightweight system suitable for production
2. Structure and successfully implement a given task as a team within a set time and cost framework.
3. Explain the basics of aerodynamics of flying objects and implement them in models.
4. Present the results achieved by them in a concise manner.
5. Present their results in a competition ("steel flies") and to exchange ideas with international teams.

4 Voraussetzung für die Teilnahme -/ Prerequisites for participation

keine / none

5 Prüfungsform / Assessment methods

Mündliche Präsentation 10 min / Oral presentation 10 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; Standard (Ziffernote) / Technical Examination; Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** Master Maschinenbau Tutorium
9	**Literatur / Literature** werden vom Fachgebiet gestellt

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title

Tutorium Steuerung und Regelung von Umformmaschinen

Tutorial Control of Forming Machines

Modul Nr. / Code	Leistungspunkte / Credit Points	Arbeitsaufwand / Work load	Selbststudium / Individual study	Moduldauer / Duration	Angebotsturnus / Semester
16-22-5170	4 CP	120 h	40 h	1 Semester	SoSe + 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
-tt	Tutorium Steuerung und Regelung von Umformmaschinen	Tutorium / Tutorial	80 h

2 Lehrinhalt / Syllabus

Das Tutorium wird als Blockveranstaltung (2 Wochen) durchgeführt. Am ersten Tag findet eine Einführungsvorlesung zu den Grundlagen der Steuerung und Regelung von Umformmaschinen statt. Im Anschluss lernen die Teilnehmer im Rahmen eines Tutorials den Umgang mit den Programmiersprachen IEC 61131 und LabView und deren Anwendung auf entsprechende Echtzeitsysteme (Rexroth MLC und NI cRIO). Am vierten Tag erhalten die Teilnehmer eine ausgewählte Aufgabe aus dem Bereich der Umformtechnik, die selbstständig zu lösen ist. Dabei stehen neben der programmiertechnischen Umsetzung auch die Implementierung auf der entsprechenden Maschine sowie ein umfangreicher Testlauf im Vordergrund.

The tutorial is conducted as a block course (2 weeks). On the first day an introductory lecture on the basics of the control of forming machines will take place. Afterwards, the participants learn to deal with the programming languages IEC 61131 and LabView and their application on the correspondent real time systems (Rexroth MLC and NI cRIO) in the context of a tutorial. On the fourth day, participants will receive a selected exercise in the field of forming technology, which has to be solved independently. In this process, the focus is set on the implementation of the code and realization on the corresponding machine as well as extensive test runs.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

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

1. Die Prinzipien von Steuerungen und Regelungen von Umformmaschinen zu erklären.
2. Die Architektur von industriell und in der Forschung eingesetzten Steuerungen und Regelungen zu beschreiben und zu unterscheiden.
3. Die industriell gängigste SPS-Programmiersprache nach IEC 61131 sowie die in der Forschung gängige Programmiersprache LabView für die Programmierung von Steuerungsabläufen und Reglern einzusetzen.
4. Lösungen für die Steuerung und Regelung von umformtechnischen Prüfständen und kleinen Maschinen hervorzubringen.
5. Programmierkenntnisse auf Echtzeitsysteme zu transferieren und ein eigenständig lauffähiges Steuerungssystem zu implementieren.
6. Eine Aufgabenstellung zu verstehen, zu analysieren, daraus einen Steuerungsablauf zu entwerfen, geeignete Hardware zu identifizieren, die Steuerungsapplikation zu implementieren und schließlich an einer geeigneten Maschine zu validieren.

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

	1. Explain the principles of control systems of forming machines. 2. Describe and differentiate between the architectures of industrial and scientific control systems. 3. Apply the industrially established programming language according to IEC 61131 as well as the scientifically established language LabView for the implementation of controllers and control procedures. 4. Autonomously generate solutions for the control of forming technological test stands and small machines. 5. Transfer learned programming skills to real time systems and implement an independently running control system. 6. Understand and analyse an assigned task, to design a control sequence, to identify appropriate hardware, to implement the control application and to finally validate it on an appropriate machine.
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation**
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Mündliche Prüfung 30-45 min / Oral exam 30-45 min
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung; Standard (Ziffernote) / Technical Examination; Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** Master Maschinenbau Tutorium
9	**Literatur / Literature**

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title **Tutorium Verbrennungskraftmaschinen** Tutorial Combustion Engines					
Modul Nr. / Code 16-03-5070	**Leistungspunkte / Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 100 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / 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**
	-tt	Tutorium Verbrennungskraftmaschinen	Tutorium / Tutorial	20 h

2 Lehrinhalt / Syllabus

Es werden praktische Versuche an den Motorenprüfständen durchgeführt und anschließend die Ergebnisse ausgewertet. Schwerpunktthema dieser Versuchsreihe sind die Emissionen von Verbrennungsmotoren. Während des Tutoriums werden neben üblichen Untersuchungen an Verbrennungskraftmaschinenn verschiedene Verfahren zur Abgasmessung an Otto- und Dieselmotoren vorgestellt.

Die Auswahl der Versuche richtet sich nach den aktuellen Forschungsprojekten.

Consists of a practical training on the engine test beds of the institute with the focus on measuring the engine emissions. The measurement instrumentation to analyze the gas and particulate emissions will be explained and used in the measuring exercises. In this way the participant will get an impression, how an engine engineer works.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

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

1. Die wichtigsten Messmethoden im Gebiet Verbrennungskraftmaschinen wiederzugeben.
2. Den Aufbau eines Motorenprüfstandes zu erklären.
3. Einen Motorenprüfstand zu bedienen.
4. Motorische Messtechnik (bspw. Abgasmesstechnik) zu identifizieren und deren Messfehler einzuschätzen.
5. Die Methoden der motorischen Forschung bzw. Entwicklung zu beschreiben.
6. Die aufgenommenen Messdaten zu analysieren und auszuwerten.
7. Einen technischen Versuchsbericht zu erstellen.
8. 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. decipt the fundamental measuring methods of combustion engines
2. explain how an engine test bench looks and functions
3. operate an engine test bench.
4. identifiy the specific measuring instruments of combustion engines and to estimate their measurement uncertainty.
5. describe methods of internal combustion engine research
6. analyse and evaluate test data
7. write technical reports.

	8. present the results of the attempts in appropriate form.
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** VKM I und II werden empfohlen / VKM I and II is recommended
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Sonderform: Schriftliche Hausarbeit und mündliche Prüfung 15 min / written elaboration and oral exam 15 min
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung; Standard (Ziffernote) / Technical Examination; Standard (Number grades) Die Fachprüfung umfasst unterschiedliche Komponenten (siehe Prüfungsform). Der Anteil der einzelnen Prüfungsbestandteile zur Bildung der Gesamtnote wird beim ersten Treffen erläutert. / The technical examination consists of different components (see assessment methods). The proportion of the individual examination components that make up the overall grade is explained at the first meeting.
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** Master Maschinenbau Tutorium
9	**Literatur / Literature** VKM I / II - Skriptum, erhältlich im Sekretariat VKM I / II - script, available at the secretariat

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title **Tutorium Werkstoffkunde** Tutorial in Materials Technology					
Modul Nr. / Code 16-08-5100	**Leistungspunkte / Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 75 h	**Moduldauer / Duration** 1 Semester	**Angebotsturnus / Semester** SoSe + 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**
	-tt	Tutorium Werkstoffkunde	Tutorium / Tutorial	45 h (4 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Laborversuche, Ausarbeitungen und Kolloquien zu den Themen Kerbwirkung, Spannungs- und Dehnungsmessungen, Wärmebehandlung, Kunststofftechnik und Oberflächentechnik

Laboratory tests, evaluations and examinations in the fields of notch effects, measurements of stresses and strains, heat treatment, technology and properties of plastics and surface technology.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

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

1. Den Einfluss von Temperatur und Zeit auf die Veränderungen der Werkstoffeigenschaften zu erklären.
2. Verfahren zur Werkstoffveränderung zu beurteilen.
3. Das Korrosionsverhalten verschiedener Werkstoffe und Maßnahmen zum Korrosionsschutz durch Oberflächenschutzschichten zu beschreiben.
4. Werkstoffe, Beschichtungen und Überzüge anforderungsgerecht auszuwählen.
5. 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. Explain the influence of temperature and time on the changes of the material properties
2. Estimate the procedures to change material properties.
3. Describe the corrosion behavior for different materials and the measures for corrosion prevention through surface protective coatings.
4. Select materials, coatings and covers appropriate for a given application.
5. Present the results of the attempts in appropriate form

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

Inhalte aus den Grundlagenvorlesungen "Werkstoffkunde"

basic lectures

5 Prüfungsform / Assessment methods

Schriftliche Ausarbeitung und Kolloquium 20 min (Kolloquium) / Lab report and colloquium 20 min

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

Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.

7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung; Standard (Ziffernote) / Technical Examination; Standard (Number grades) Die Fachprüfung umfasst unterschiedliche Komponenten (siehe Prüfungsform). Der Anteil der einzelnen Prüfungsbestandteile zur Bildung der Gesamtnote wird beim ersten Treffen erläutert. / The technical examination consists of different components (see assessment methods). The proportion of the individual examination components that make up the overall grade is explained at the first meeting.
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** Master Maschinenbau Tutorium
9	**Literatur / Literature** Skriptum wird als PDF im Netz angeboten lecture notes can be downloaded as PDF

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title **Tutorium Werkzeugmaschinen und Automatisierung** Tutorial Machine Tools and Automation					
Modul Nr. / Code 16-09-5140	**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. M. Weigold		

1	**Kurse des Moduls / Courses**			
	Kurs Nr. / Code	**Kursname / Course Title**	**Lehrform / Form of teaching**	**Kontaktzeit / Contact hours**
	-tt	Tutorium Werkzeugmaschinen und Automatisierung	Tutorium / Tutorial	

2 Lehrinhalt / Syllabus

Praktische Anwendung von Grundlagen der Regelungstechnik und Werkzeugmaschinentechnik:
- Simulation des Verhaltens von Vorschubantrieben
- Messtechnische Erfassung des Verhaltens von Werkzeugmaschinenachsen
- Einstellung der Reglerparameter des Lageregelkreises von Werkzeugmaschinen

Entwicklen von systemorientierten Automatisierungslösungen:
- Aufbau und Inbetriebnahme von Automatisierungslösungen mittels VPS und SPS
- Programmierung von speicherprogrammierbaren Steuerungen (SPS)
- Anwendung der erworbenen Grundlagen an einem realen System

Practical use of basics of the control concepts for machine tools:
- Simulation of the behaviour of machine tool axes
- Technical measurement of the behaviour of machine tool axes
- Calibration of the control parameters for machine tool axes

Designing system-oriented automation solutions:
- Set-up of automation solutions via Relay Logic and Programmable Logic Controller (PLC)
- Programming of PLC
- Application of the acquired basics on a real system

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

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

1. Die Achsregelung von Werkzeugmaschinen sowie Automatisierungstechnik von Fertigungsanlagen zu beschreiben.
2. Messtechnik zur Vermessung von Werkzeugmaschinenachsen zu bedienen und zu erklären.
3. Reglerspezifische Fehler von Werkzeugmaschinenachsen zu beurteilen.
4. Reglerparameter des Lageregelkreises von Werkzeugmaschinen einzustellen.
5. Programmierung von speicherprogrammierbaren Steuerungen (SPS) vorzunehmen.
6. Automatisierungslösungen mit VPS sowie SPS aufzubauen und in Betrieb zu nehmen

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

1. Describe the axis control of machine tools as well as automation technology of manufacturing facilities.
2. Operation of measuring devices for the measurement of machine tool axes.
3. Evaluate controller-specific errors of machine tool axes.

	4. Setting control parameters of the position control loop of machine tools 5. Programming of PLC 6. Set up and put into operation of automation solutions via Relay Logic and PLC.
4	**Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation** Grundkenntnisse Regelungstechnik Basics of control engineering
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** Fachprüfung; Standard (Ziffernote) / Technical Examination; Standard (Number grades)
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** Master Maschinenbau Tutorium
9	**Literatur / Literature** Werden im Rahmen des Tutoriums ausgeteilt Will be available at the beginning of the tutorial

Modulbeschreibung / Module description

Modulname / Module Title **Praktikum Papierprüfung** Practicum Paper Testing					
Modul Nr. / Code 16-16-3204	**Leistungspunkte / Credit Points** 4 CP	**Arbeitsaufwand / Work load** 120 h	**Selbststudium / Individual study** 75 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**
	-tt	Praktikum Papierprüfung	Tutorium / Tutorial	45 h (4 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Selbstständige Vorbereitung, Durchführung und Auswertung von systematischen Messungen mit gängigen Messverfahren an Fasermaterialien, Papieren, Roh- und Hilfsstoffen sowie in Fasersuspension unter Berücksichtigung der Statistik zur Messgenauigkeit. Praktische Handhabung von einschlägigen Prüfmethoden des Faches.

Autonomous preparation, execution, and evaluation of systematical measurements with standardised methods on papers, raw materials, and additives as well as fibre suspensions with use of statistics for measurement accuracy.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

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

1. Versuchspläne für systematische Analysen an Papiere, Fasermaterialien, Roh- und Hilfsstoffen zu erstellen.
2. Die wichtigsten Mess- und Analysemethoden des Faches zu erklären.
3. Geeignete Prüfmethoden auszuwählen und zu kalibrieren.
4. Die Messgeräte zu bedienen und deren Messfehler abzuschätzen.
5. Versuchseinrichtungen unter Einhaltung der Sicherheitsvorschriften aufzubauen und Versuche durchzuführen.
6. Die aufgenommenen Messdaten auszuwerten und einen technischen Versuchsbericht zu erstellen.
7. Die Ergebnisse der Versuche in geeigneter Form zu präsentieren und kritisch zu würdigen.

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

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

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

	Vorlesung Papierprüfung Paper testing
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Sonderform: Protokoll , Kolloquium und Demonstration von 1-3 Messmethoden
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung; Standard (Ziffernote) / Technical Examination; Standard (Number grades) Die Fachprüfung umfasst unterschiedliche Komponenten (siehe Prüfungsform). Der Anteil der einzelnen Prüfungsbestandteile zur Bildung der Gesamtnote wird beim ersten Treffen erläutert. / The technical examination consists of different components (see assessment methods). The proportion of the individual examination components that make up the overall grade is explained at the first meeting.
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** Master PST Pflicht Master Maschinenbau 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	Tutorium / Tutorial	45 h (4 SWS)

2 Lehrinhalt / Syllabus

Planung, Durchführung, Auswertung, Präsentation und Diskussion von drei Versuchen in Kleingruppen aus den Bereichen Mahlung, Recycling, Papierherstellung und Prozesswasserbehandlung. Grundkenntnisse in der Bedienung eines Prozessleitsystems.

Planning, carrying out, analysis, presentation, and discussion of three trials in small groups out of the fields of refining, recycling, paper manufacturing, and process water treatment. Basic knowledge to operate a process control system.

3 Lernergebnisse / Learning Outcomes

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

1. Versuche für die Klärung einer ingenieurwissenschaftlichen Fragestellung im Labor- und Pilotmaßstab zu planen.
2. Geeignete Prüfmethoden auszuwählen und zu kalibrieren.
3. Die Messgeräte zu bedienen und deren Messfehler abzuschätzen.
4. Versuchseinrichtungen unter Einhaltung der Sicherheitsvorschriften aufzubauen und Versuche durchzuführen.
5. Ein industrielles Prozessleitsystem für einfache Versuche zu bedienen und Prozessdaten zu entnehmen und dabei die Wirkungsweise von Reglern und Verriegelungen zu berücksichtigen.
6. Die aufgenommenen Messdaten auszuwerten und einen technischen Versuchsbericht zu erstellen.
7. Die Ergebnisse der Versuche in geeigneter Form darzustellen und kritisch zu würdigen.

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

1. Plan experiments for investigating engineering problems by lab- or pilot scale experiments.
2. Select and calibrate sensors and measuring devices.
3. Operate the measuring instruments and estimate their measurement uncertainty.
4. Set-up tests considering safety instructions and conduct experiments.
5. Operate an industrial process control system and export process data taking into account the effects of software controls and interlocks.
6. Evaluate test data and write technical reports.
7. Present the results of the attempts in appropriate form.

4 Voraussetzung für die Teilnahme / Prerequisites for participation

	Prozesse der Papier- und Fasertechnik Unit operations of paper and fiber material production
5	**Prüfungsform / Assessment methods** Sonderform: Protokoll, Kolloquium, praktische Bedienung der Piloteinrichtungen
6	**Voraussetzung für die Vergabe von Credit Points / Requirement for receiving Credit Points** Bestehen der Prüfungsleistung / Passing the examination.
7	**Benotung / Grading system** Fachprüfung; Standard (Ziffernote) / Technical Examination; Standard (Number grades) Die Fachprüfung umfasst unterschiedliche Komponenten (siehe Prüfungsform). Der Anteil der einzelnen Prüfungsbestandteile zur Bildung der Gesamtnote wird beim ersten Treffen erläutert. / The technical examination consists of different components (see assessment methods). The proportion of the individual examination components that make up the overall grade is explained at the first meeting.
8	**Verwendbarkeit des Moduls / Associated study programme** Master PST Pflicht Master Maschinenbau Tutorium
9	**Literatur / Literature** Hinweise während der Vorlesung references during lecture