

Module Handbook

WS 2026/27

Hydrogen Technologies & Applications

Master

Faculty of Mechanical Engineering

Study and examination regulation: WS 2026/27

as of: 08.07.2026

Content

1	Overview	3
2	Introduction	4
2.1	Objective	5
2.2	Admission Requirements	6
2.3	Target Group	7
2.4	Program Structure	8
2.5	Advancement Requirements	9
2.6	Concept and Advisory Board	10
3	Qualification Profile	11
3.1	Mission Statement	12
3.2	Study Objectives	13
3.2.1	Subject-Specific Competencies of the Degree Program	14
3.2.2	Interdisciplinary Competencies of the Degree Program	15
3.2.3	Examination Concept of the Degree Program	16
3.2.4	Application Relevance of the Degree Program	17
3.2.5	Contribution of Individual Modules to the Degree Program Objectives	18
3.3	Possible Career Fields	19
4	Dual Studies	20
5	Description of Modules	21
5.1	Compulsory Modules	22
	Hydrogen Production	23
	Hydrogen Storage and Transportation	25
	Hydrogen Economy	27
	Plant and Equipment Design	29
	Hydrogen in Energy Technology and Energy Markets	32
	Hydrogen Safety and Standardization	34
	Systems Engineering	36
	Start-Up Project	38
	Electrolysis and Fuel Cell Technology	40
	Numerical Methods and Computational Simulation	42
	Master's Thesis	44
5.2	Individual Electives	46
	Adaptive Systeme	47
	Aerodynamische Methoden	49
	Akustik	51
	Autonomes Fliegen	54
	CFD	56
	Collaborative Project Management for Sustainability	58
	DOE / Datenanalyse	60
	Energy Management and Energy Efficiency	62
	Fahrzeugstrukturauslegung	64
	Funktionswerkstoffe und ressourceneffizientes Engineering	66

Getriebe	68
Inner Capacities for Personal Strength and Regenerative Change.....	70
Langzeitverhalten der Werkstoffe.....	72
Metallische Leichtbauwerkstoffe	74
Werkstoff- und Schadensanalytik.....	76
Werkstofftechnologie.....	78
Knowledge Modeling and Machine Learning	80

1 Overview

Name of degree program	Hydrogen Technologies and Applications
Type of study and degree	Master of Engineering in full-time
First start date	October 1, 2026 with semester-based start
Regular study period	3 semesters (90 ECTS, 48 SWS)
Duration of study	3 semesters
Place of study	THI, Ingolstadt
Course language	English
Cooperation	Dual study possible

Program director:

Name: Prof. Dr.-Ing. Ertan Akgün

E-Mail: Ertan.Akguen@thi.de

Phone: +49 (0) 841 / 9348-2404

2 Introduction

Achieving Germany's and global climate targets requires a transformation in both the energy and mobility sectors. Hydrogen is seen as a key energy carrier and is expected to serve as a bridge between the sectors of energy, industry, heating, and transportation. The development of hydrogen technologies is anticipated to create new value-added opportunities, particularly for the Free State of Bavaria.

Discussions with representatives from industry and research have shown that there is already a high demand – and will continue to be – for professionally trained graduates in the field of hydrogen technologies. Currently, the range of existing study programs in hydrogen technology is still very limited across Germany. The Master's program "Hydrogen Technologies and Applications" is intended to address the need for future graduates in this field. These graduates will be equipped to take on important specialist and leadership roles in the German and international economy.

2.1 Objective

The Master's program "Hydrogen Technologies and Applications" is aimed at German and international students who, building on a technical background, wish to deepen their knowledge in the field of hydrogen technologies or begin specializing in this area.

Graduates will be able to understand the entire technological value chain of hydrogen as an energy carrier – from production, storage, and transportation to its related applications. They will also be equipped to develop new products and solutions and evaluate them in terms of economic viability and sustainability. In doing so, they will be prepared to actively contribute to the energy and mobility transition through hydrogen technologies.

This program is aligned with the current requirements and needs of the hydrogen industry. The necessary foundational knowledge in energy engineering and related fields is provided.

Program language is completely in English.

2.2 Admission Requirements

Please refer to the statues for Hydrogen Technologies and Applications (as of Feb. 23, 2026).

2.3 Target Group

The program is aimed at German and international students who wish to deepen their knowledge in the field of hydrogen technologies based on their technical education, or who want to enter this field.

The program is particularly attractive to individuals with technical and scientific interests who are interested in sustainable energy generation and energy supply, with a focus on hydrogen applications, and who aim to work in these areas.

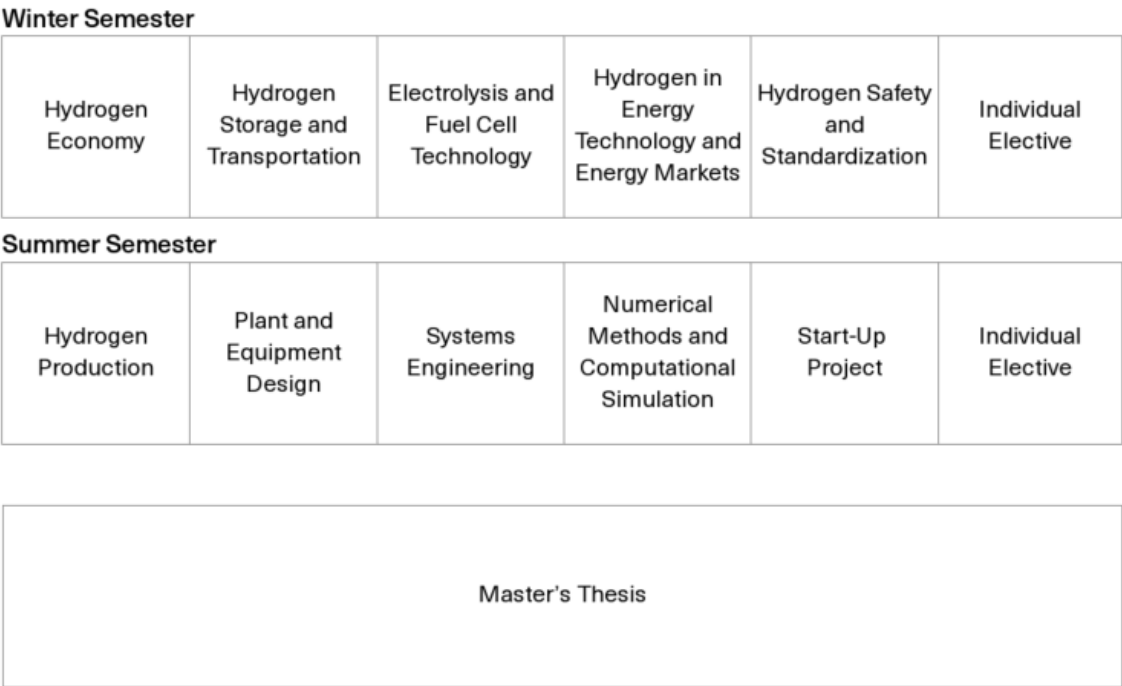
2.4 Program Structure

The standard period of study for the master’s program is three semesters, with the third semester primarily dedi-
cated to completing the master’s thesis. The program is offered on a full-time basis.

In each semester, five compulsory modules and an individual elective module are offered. The Start-Up Project is
carried out as a group project, in which students work on a specific problem in the field of hydrogen technologies
with a focus on a business start-up scenario.

The final phase of the program includes the master’s thesis, providing the opportunity to work on a relevant topic
in depth over the course of an entire semester.

The following diagram illustrates the course of study.



2.5 Advancement Requirements

In accordance with the Study and Examination Regulations (SPO) and the General Examination Regulations (APO).

2.6 Concept and Advisory Board

The program was developed, among other things, based on the discussions with representatives from industry and research, whose requirements were taken into consideration. The positioning of the program toward scientific training, practical relevance, and interdisciplinarity – with the resulting mix of subjects – has been shaped largely by the importance of these aspects.

The education provided is intended to enable our master's graduates to become driving forces within companies in addressing future challenges.

3 Qualification Profile

3.1 Mission Statement

The mission statement and guiding principles of THI were revised as part of a comprehensive strategic process in 2018/2019, involving all staff and university committees, and have been published on the university's website. The jointly developed mission statement, "Personality and Innovation – for a Future Worth Living," defines this framework.

The mission statement is further specified through five guiding principles:

- We create innovation and live sustainability – technology and business are our focus.
- We develop personalities for the professional world of the future.
- We shape knowledge transfer to industry and society.
- We teach, research, and work internationally and interdisciplinarity.
- We act with humanity, passion, and an open-minded outlook.

Addressing climate-friendly and sustainable technologies, combined with the abovementioned guiding principles, represents the mission statement of this program.

3.2 Study Objectives

3.2.1 Subject-Specific Competencies of the Degree Program

The participants will have the following subject-specific competencies upon completion of the program:

- Ability to identify and evaluate the potential and challenges of hydrogen as an energy carrier across various application areas
- Development of techno-economic solutions that contribute to CO₂ reduction
- Assessment of environmental impacts in terms of CO₂ accounting, including consideration of ethical aspects
- Knowledge of plant and equipment engineering for hydrogen technologies
- Ability to recognize fundamental hazards associated with hydrogen and to design systems with risk reduction in mind
- Knowledge of laws, standards, and guidelines in an international context, and the ability to select the appropriate regulations for specific products
- Ability to carry out economic feasibility analyses for the products and systems to be developed
- Capability to simulate complex systems and interpret the results

3.2.2 Interdisciplinary Competencies of the Degree Program

The following interdisciplinary skills are of particular importance for the course:

Methodological competencies:

- Independent scientific work
- Holistic understanding of the field of hydrogen technologies and development of corresponding solutions
- Analysis and systematic handling of technically complex problems within the framework of systems engineering
- Design and management of projects involving international and interdisciplinary teams

Social competencies:

- Presentation and documentation of technical topics
- Conflict resolution within teams and team leadership
- Teamwork in multidisciplinary development environments
- Discussion of issues at a scientific level and ability to defend one's own position

Personal competencies:

- Self-organization
- Fluent use of the English language, including subject-specific terminology
- Independent acquisition of knowledge
- Critical approach to technical topics
- Results-oriented thinking and action

3.2.3 Examination Concept of the Degree Program

The examinations are aligned with the intended learning outcomes of each module, whose successful achievement is to be assessed.

Particular emphasis is placed on a balanced distribution of assessment formats.

The courses are complemented by laboratory experiments, excursions, and external lectures. The lecturers' didactic concepts may incorporate these elements and be optimized accordingly.

3.2.4 Application Relevance of the Degree Program

In developing the program, particular emphasis was placed on practical relevance. Through numerous discussions with representatives from industry and research, key focus areas were identified and considered in the design of the modules.

From an industry perspective, it was initially important that future graduates possess a comprehensive overview of the entire technological value chain of hydrogen as an energy carrier. The modules “Hydrogen Production”, and “Hydrogen Storage and Transportation” address these technological fields accordingly. The module “Hydrogen Economy” covers various hydrogen carriers, their production and transportation, as well as fields of application. The term “hydrogen economy” refers to an energy system whose goal is to largely replace fossil fuels with sustainable alternatives including hydrogen, encompassing both current and future technological developments. The concept of circular economy is covered as well. In the module “Hydrogen in Energy Technology and Energy Markets,” students additionally gain knowledge about the integration of hydrogen into energy markets, as well as get an overview of these markets.

For their future roles in plant design, students must acquire knowledge of the required components and their configuration. This is addressed in the module “Plant and Equipment Design”. The module “Electrolysis and Fuel Cell Technology” provides the theoretical foundations of these two key components supported with practical exercises on hydrogen production and utilization.

In the module “Numerical Methods and Computational Simulation,” students are taught mathematical tools and simulation methods for the design and optimization of processes and reactors, based on material and energy balances, reaction engineering, heat transfer, and fluid mechanics.

The module “Hydrogen Safety and Standardization” provides both knowledge of safe plant design and an overview of the most important regulatory requirements.

The modern project environment and technical solutions can be highly diverse, and future graduates must be able to operate effectively within this context. The module “Systems Engineering” provides tools for the engineering-based handling of complex projects and technical systems.

It can be expected that diverse opportunities for the use of hydrogen will emerge in the hydrogen market. To equip students with the skills needed for potential start-up creation, a project-based assignment is conducted with a focus on founding a company.

3.2.5 Contribution of Individual Modules to the Degree Program Objectives

Please refer to the module descriptions.

3.3 Possible Career Fields

Graduates of the program are primarily qualified for specialist and leadership roles in the following areas:

- Transportation and storage of hydrogen
- Development of related process engineering plants and systems
- Adaptation of fossil-based processes to green hydrogen-based alternatives
- Research and development
- Technical-economic planning and project management in hydrogen technology
- Consulting and training in the hydrogen economy
- Marketing and communication

The following industries are the focus of future career opportunities for graduates:

- Energy producers and suppliers, municipal utilities, public transportation companies
- Chemical industry (Power-to-X)
- Plant engineering and construction (e.g., fuel cells, electrolyzers)
- Components developers and manufacturers
- Energy-intensive industries (e.g., steel, aluminum, and cement manufacturers)
- Real estate sector (e.g., energy-efficient building refurbishment)
- Consulting and professional training
- Automotive and commercial vehicle manufacturers
- Aerospace industry
- Oil and petroleum industry

4 Dual Studies

In cooperation with selected industry partners, the Master's degree program "Hydrogen Technologies and Applications" can also be completed in a dual study model. In this model, academic phases at the university and practical phases in companies (particularly during semester breaks and for the final thesis) alternate. The lecture periods in the dual study model correspond to the regular study and lecture periods at THI.

Through the systematic integration of university learning and workplace experience, students gain professional practical experience at selected partner companies as an integral part of their studies.

The curriculum of the dual study model differs from the regular study program in the following aspects:

- Final thesis in a partner company

In the dual study model, the final thesis is written at a cooperating company, usually on a practice-oriented topic related to the field of study.

Organizationally, the dual study model includes the following components:

- Mentoring

The main contact person for dual students within the faculty are the respective program directors. They organize an annual mentoring meeting with the dual students of each program.

- Quality management

Separate sets of questions are included in THI evaluations and surveys for quality assurance of dual studies.

- "Forum Dual"

Organized by the Career Service and Student Advisory Service (CSS), the "Forum Dual" takes place once a year. It promotes professional and organizational exchange between dual study partners and the faculty and serves to ensure the quality of the dual study program. All dual study partners as well as faculty representatives and dual students are invited to this event.

Formal-legal regulations for the dual study model across all THI programs are defined in the APO (see §§ 17, 18, and 21) and the Enrollment Regulations (see §§ 8b and 18).

The following modules are affected by the above-mentioned dual study adaptations:

- Final thesis

Further details can be found in the corresponding module description.

		M-HTA (SPO WS 2026/27)
		MHB WS2026/27

5 Description of Modules

5.1 Compulsory Modules

Hydrogen Production

Module abbreviation:	HydProd_M-HTA	SPO-No.:	1
Curriculum:	Programme	Module type	Semester
	Hydrogen Technologies & Applications	Compulsory Subject	2
Module attributes:	Language of instruction	Duration of module	Frequency of offer
	English	1 semester	only summer term
Responsible for module:	Akgün, Ertan		
Lecturers:			
Credit points / SWS:	5 ECTS / 4 SWS		
Workload:	Contact hours	47 h	
	Self-study	78 h	
	Total	125 h	
Subjects of the module:	Hydrogen Production (HydProd_M-HTA)		
Lecture types:	SU/Ü - lecture with integrated exercises		
Examinations:	schrP90 - written exam, 90 minutes (HydProd_M-HTA)		
Special features of the examination performance:	None		
Recommended prerequisites:			
None			
Objectives:			
Students will be able to • identify and analyze different methods of hydrogen production and evaluate the various application areas of hydrogen. • analyze and evaluate the underlying technologies from technical, economic, and environmental perspectives. • compare and critically assess the advantages and disadvantages of different hydrogen technologies and evaluate them in comparison with fossil fuels. • identify and assess associated challenges and risks and develop and evaluate suitable technical and strategic solutions. • analyze emerging technologies and current trends in hydrogen systems and assess their future potential and relevance.			
Content:			
Content: • Properties of Hydrogen • Hydrogen production from fossil sources • Carbon capture, storage and utilization • Electrolytic hydrogen production • Biological hydrogen production • Hydrogen purification technologies			

Literature:

Compulsory:

None

Recommended:

- ZOHURI, Bahman, 2019. *Hydrogen energy: challenges and solutions for a cleaner future*. Cham: Springer. ISBN 978-3-319-93460-0
- KOLB, Gunther, 2008. *Fuel processing for fuel cells*. Weinheim: WILEY-VCH. ISBN 978-3-527-31581-9, 3-527-31581-0
- MEROUANI, Slimane und Oualid HAMDAOUI, 2025. *Hydrogen production, storage and utilization: thermochemical, electrochemical, sonochemical, biological and photocatalytic processes*. Berlin; Boston: De Gruyter. ISBN 978-3-11-162375-7

Additional remarks:

- Guest lectures may take place as part of the course.
- Bonus system: During the course, each student may work on and present a selected topic. Depending on the quality of the written preparation and oral presentation, bonus points may be awarded and added to the examination grade. A maximum of 10% bonus points, relative to the total number of points achievable in the examination, can be obtained. There is no entitlement to the implementation of this bonus system.

Hydrogen Storage and Transportation			
Module abbreviation:	HydStoTra_M-HTA	SPO-No.:	2
Curriculum:	Programme	Module type	Semester
	Hydrogen Technologies & Applications	Compulsory Subject	1
Module attributes:	Language of instruction	Duration of module	Frequency of offer
	English	1 semester	only winter term
Responsible for module:	Akgün, Ertan		
Lecturers:	Akgün, Ertan; Moll, Klaus-Uwe; Oberhauser, Simon		
Credit points / SWS:	5 ECTS / 4 SWS		
Workload:	Contact hours	47 h	
	Self-study	78 h	
	Total	125 h	
Subjects of the module:	Hydrogen Storage and Transportation (HydStoTra_M-HTA)		
Lecture types:	SU/Ü - lecture with integrated exercises		
Examinations:	schrP90 - written exam, 90 minutes (HydStoTra_M-HTA)		
Special features of the examination performance:	None		
Recommended prerequisites:			
None			
Objectives:			
Students will be able to • evaluate the thermodynamic behaviour of hydrogen. • describe and evaluate the current state of the art in physical and materials-based methods for the storage and transport of hydrogen. • understand and apply the fundamentals of chemical process engineering and assess relevant chemical hydrogen carriers. • analyze and evaluate the underlying technologies and assess them from technical, economic, and environmental perspectives. • identify and assess associated challenges and risks and develop and propose suitable mitigation strategies and solutions. • analyze and evaluate emerging technologies that are still in the research stage and assess their potential for future application. • assess and design hydrogen storage and transport concepts based on given technical requirements and constraints. • analyze hydrogen uptake mechanisms, evaluate the influence of hydrogen absorption on material properties, and assess potential hazards associated with the use of materials in hydrogen environments.			
Content:			
Content: • Thermodynamic fundamentals • Physical hydrogen storage forms			

- Material-based hydrogen storage forms
- Emerging and novel technologies
- Technological, economic, and environmental assessment of storage and transport options
- Sources and mechanisms of hydrogen uptake in materials
- Permeation of hydrogen in metallic and polymeric materials
- Influence of hydrogen on material properties and associated damage mechanisms (degradation potential)

Literature:

Compulsory:

None

Recommended:

- STOLTEN, Detlef und Bernd EMONTS, 2016. *Hydrogen science and engineering: materials, processes, systems and technology*. Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. ISBN 3-527-33238-3, 978-3-527-33238-0
- GODULA-JOPEK, Agata, Walter JEHLE und Jörg WELLNITZ, c2012. *Hydrogen storage technologies: new materials, transport, and infrastructure*. Weinheim: Wiley-VCH. ISBN 3-527-32683-9, 978-1-283-54229-6
- ZOHURI, Bahman, 2019. *Hydrogen energy: challenges and solutions for a cleaner future*. Cham: Springer. ISBN 978-3-319-93460-0

Additional remarks:

- Guest lectures may take place as part of the course.
- Bonus system: During the course, each student may work on and present a selected topic. Depending on the quality of the written preparation and oral presentation, bonus points may be awarded and added to the examination grade. A maximum of 10% bonus points, relative to the total number of points achievable in the examination, can be obtained. There is no entitlement to the implementation of this bonus system.

Hydrogen Economy			
Module abbreviation:	HydEco_M-HTA	SPO-No.:	3
Curriculum:	Programme	Module type	Semester
	Hydrogen Technologies & Applications	Compulsory Subject	1
Module attributes:	Language of instruction	Duration of module	Frequency of offer
	English	1 semester	only winter term
Responsible for module:	Akgün, Ertan		
Lecturers:	Akgün, Ertan		
Credit points / SWS:	5 ECTS / 4 SWS		
Workload:	Contact hours	47 h	
	Self-study	78 h	
	Total	125 h	
Subjects of the module:	Hydrogen Economy (HydEco_M-HTA)		
Lecture types:	SU/Ü - lecture with integrated exercises		
Examinations:	PF - Portfolio-Exam (all exams before the examination period) (HydEco_M-HTA)		
Special features of the examination performance:	Exam Information:		
	After 6–8 weeks of the semester, a written exam (60 minutes) will take place. This exam accounts for 50% of the final grade.		
	During the last 2–4 weeks of the semester, presentations on group projects will be held. Each team will present for 15–20 minutes, followed by a 10-minute discussion session. This presentation accounts for 50% of the final grade.		
	Retake Examination (Summer Semester):		
	The retake examination in the summer semester consists of two written exams.		
	After 4–6 weeks of the semester, the first written exam (60 minutes) will take place. This exam accounts for 50% of the final grade.		
	During the last 2–4 weeks of the semester, the second written exam (60 minutes) will take place. Only students who participated in the first written exam are eligible to take this exam. This exam accounts for 50% of the final grade.		
Recommended prerequisites:			
None			
Objectives:			
Students will be able to			
analyze the main applications of hydrogen, their implementation forms and their relevance for energy, industry, products, transport and storage, and mobility.			

- evaluate the relationship between the physicochemical properties of hydrogen and the resulting opportunities, constraints and risks in practical applications.
- compare hydrogen applications and system configurations across sectors and assess their operating principles, components and design options.
- assess hydrogen-based concepts using ecological, sustainability, resource-efficiency and economic indicators and interpret their feasibility in specific contexts.
- critically evaluate technical, ecological and economic aspects of hydrogen use in comparison with alternative energy carriers and derive justified implementation recommendations.

Content:

Content:

- Physical and chemical properties of hydrogen
- Fundamentals of the hydrogen economy
- Fundamentals of hydrogen utilization
- Applications in industry and mobility
- Ecological assessment / sustainability
- Economic assessment

Literature:

Compulsory:

- VOORDE, Marcel H. van de, 2021. *Utilization of hydrogen for sustainable energy and fuels*. Berlin; Boston: De Gruyter. ISBN 978-3-11-059624-3
- BALL, Michael, 2009. *The hydrogen economy: opportunities and challenges*. Cambridge [u.a.]: Cambridge Univ. Press. ISBN 978-0-521-88216-3

Recommended:

- SASAKI, Kazunari und andere, 2016. *Hydrogen energy engineering: a Japanese perspective*. Tokyo: Springer. ISBN 978-4-431-56040-1
- ZOHURI, Bahman, 2019. *Hydrogen energy: challenges and solutions for a cleaner future*. Cham: Springer. ISBN 978-3-319-93460-0

Additional remarks:

- Guest lectures may take place as part of the course.

Plant and Equipment Design			
Module abbreviation:	PIEqDe_M-HTA	SPO-No.:	4
Curriculum:	Programme	Module type	Semester
	Hydrogen Technologies & Applications	Compulsory Subject	2
Module attributes:	Language of instruction	Duration of module	Frequency of offer
	English	1 semester	only summer term
Responsible for module:	Akgün, Ertan		
Lecturers:			
Credit points / SWS:	5 ECTS / 4 SWS		
Workload:	Contact hours	47 h	
	Self-study	78 h	
	Total	125 h	
Subjects of the module:	Plant and Equipment Design (PIEqDe_M-HTA)		
Lecture types:	SU/Ü - lecture with integrated exercises		
Examinations:	schrP90 - written exam, 90 minutes (PIEqDe_M-HTA)		
Special features of the examination performance:	None		
Recommended prerequisites:			
None			
Objectives:			
Students will be able to • identify and interpret the terminology, conventions, and technical representations used in plant engineering. • describe and evaluate common manufacturing processes used in equipment and apparatus engineering. • understand and analyze fundamental unit operations in Chemical engineering and process engineering. • develop and design process concepts for the Hydrogen value chain based on fundamental unit operations. • identify and assess essential project management and contract management elements relevant to plant engineering projects. • analyze and evaluate the project lifecycle involved in the design and construction of a process engineering plant. • specify and assess equipment requirements for process plants based on technical and operational criteria. • evaluate and compare technical and economic offers for plant components and equipment. • design and optimize selected equipment used in hydrogen and process engineering applications. • apply and manage expediting processes to ensure timely procurement and project execution. • analyze and assess the specific technical requirements and challenges associated with hydrogen plants and hydrogen-related equipment.			

Content:**Fundamentals of process engineering:**

- Introduction
- Dimensionless numbers
- Fluid mechanics (Bernoulli equation, including flow with pressure losses)
- Heat and mass transfer
- Fundamental unit operations in Chemical engineering
- Specialized topic: hydrogen

Specialized topic: hydrogen

- Nelson curve / Nelson diagram for material selection
- Hazards associated with liquid Hydrogen
- Methanol synthesis
- Haber–Bosch process
- Sabatier reaction
- Methanation

Plant engineering:

- Contracting strategies (EPC, lump-sum turnkey contracts, etc.)
- Boundary conditions and framework conditions in plant engineering:
 - Project timelines
 - Regulatory and permitting engineering
 - Market development
 - Social acceptance
- Plant design and engineering
- Scale-up
- Project management
- Project management triangle; VDI 2222, time and resource planning, long lead items
- Representation of chemical plants (block flow diagrams, P&IDs, layout planning)
- Installation and construction planning

Equipment engineering (apparatus engineering):

- Fundamentals of manufacturing engineering and production processes
- Production of semi-finished products, forming, joining, inspection, etc.
- Rotating equipment (pumps, compressors, turbines)
- Static equipment (pressure vessels, heat exchangers, reactors, membrane systems, piping)

Literature:

Compulsory:

None

Recommended:

- DAL PONT, Jean-Pierre, c2012. *Process engineering and industrial management*. London: ISTE Ltd. ISBN 978-1-84821-326-5, 978-1-118-56590-2
- CHAOUKI, Jamal und Rahmat SOTUDEH-GHAREBAGH, 2022. *Scale-up processes: iterative methods for the chemical, mineral and biological industries*. Berlin; Boston: De Gruyter. ISBN 3-11-071393-4, 978-3-11-071393-0
- TURTON, Richard, 2009. *Analysis, synthesis, and design of chemical processes*. Upper Saddle River, NJ; Munich [u.a.]: Prentice Hall. ISBN 0-13-512966-4, 978-0-13-512966-1

Additional remarks:

- Guest lectures may take place as part of the course.

- Bonus system: During the course, each student may work on and present a selected topic. Depending on the quality of the written preparation and oral presentation, bonus points may be awarded and added to the examination grade. A maximum of 10% bonus points, relative to the total number of points achievable in the examination, can be obtained. There is no entitlement to the implementation of this bonus system.

Hydrogen in Energy Technology and Energy Markets

Module abbreviation:	HydEnTechEnMar_M-HTA	SPO-No.:	5
Curriculum:	Programme	Module type	Semester
	Hydrogen Technologies & Applications	Compulsory Subject	1
Module attributes:	Language of instruction	Duration of module	Frequency of offer
	English	1 semester	only winter term
Responsible for module:	Huber, Matthias		
Lecturers:	Huber, Matthias; Kotak, Yash		
Credit points / SWS:	5 ECTS / 4 SWS		
Workload:	Contact hours	47 h	
	Self-study	78 h	
	Total	125 h	
Subjects of the module:	Hydrogen in Energy Technology and Energy Markets (HydEnTechEnMar_M-HTA)		
Lecture types:	SU/Ü - lecture with integrated exercises		
Examinations:	schrP90 - written exam, 90 minutes (HydEnTechEnMar_M-HTA)		
Special features of the examination performance:	None		
Recommended prerequisites:			
None			
Objectives:			
The students • can compare different hydrogen production/storage/logistic technologies. • gain knowledge regarding hydrogen policies, standards and regulation. • know about the electricity generation with fossil and renewable energy sources as competing and complementing technologies. • can differentiate current and future colors of hydrogen. • can understand multifarious energy storage systems. • understand the possibilities and limits that hydrogen can play in future energy systems. • know the substitution potential of hydrogen. • understand fundamental mechanism of energy markets. • understand market mechanism of gas trading as well as technical boundaries. • understand market mechanism of electricity trading as well as technical boundaries.			
Content:			
• Fundamentals of energy economics and markets (incl. price formation) • Different hydrogen production/storage/logistic technologies and their cost structures • Hydrogen relevant standards and regulations			

- Hydrogen generation with renewable energies and competing technologies based on fossile fuels
- Different types of energy storage system and colors of hydrogen
- Possibilities and limits that hydrogen can play in future energy systems
- Substitution potential of hydrogen in other sectors
- Market mechanism of gas trading as well as technical boundaries
- Market mechanism of electricity trading as well as technical boundaries

Literature:

Compulsory:

- DUNLAP, Richard A., 2025. *Renewable Energy: Requirements and Sources* [online]. Cham: Springer Nature Switzerland. PDF e-Book. ISBN 978-3-031-77185-9. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/978-3-031-77185-9>.
- DARMAWAN, Arif, DEWI, Eniya Listiani, HARIANA, Hariana, AZIZ, Muhammad, 2025. *Decarbonizing Power Generation Sectors Using Biomass and Hydrogen-Based Fuels: A Roadmap to Sustainable Energy Transformation* [online]. Singapore: Springer Nature Singapore. PDF e-Book. ISBN 978-981-9793-60-0. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/978-981-97-9360-0>.

Recommended:

None

Additional remarks:

None

Hydrogen Safety and Standardization			
Module abbreviation:	HydSafStan_M-HTA	SPO-No.:	7
Curriculum:	Programme	Module type	Semester
	Hydrogen Technologies & Applications	Compulsory Subject	1
Module attributes:	Language of instruction	Duration of module	Frequency of offer
	English	1 semester	only winter term
Responsible for module:	Diel, Sergej		
Lecturers:	NN		
Credit points / SWS:	5 ECTS / 4 SWS		
Workload:	Contact hours	47 h	
	Self-study	78 h	
	Total	125 h	
Subjects of the module:	Hydrogen Safety and Standardization (HydSafStan_M-HTA)		
Lecture types:	SU/Ü - lecture with integrated exercises		
Examinations:	schrP90 - written exam, 90 minutes (HydSafStan_M-HTA)		
Special features of the examination performance:	None		
Recommended prerequisites:			
None			
Objectives:			
After completing the course, students will be able to: • identify the chemical and physical properties of hydrogen and derive the associated hazards and explain the main hazard areas in hydrogen applications and classify their impact on technological development across different sectors. • convey foundational knowledge for understanding the concept of “safety” and assess basic safety-related situations in hydrogen contexts. • develop a basic framework for safety engineering analysis and evaluation and distinguish between different approaches. • describe methods of safety analysis, explain their significance, and differentiate their application depending on the use case. • outline the fundamentals of product safety and operational safety and differentiate between them and understand the applicable regulations and abstract their underlying significance. • assess basic safety aspects of hydrogen applications in comparison with similar applications of other energy storage and transport technologies and, based on this, develop the basic structure of a safety concept.			
Content:			
• Common hazard areas in hydrogen applications • Distinct chemical and physical properties of hydrogen and hydrogen mixtures • Prerequisites for safe engineering in hydrogen applications • Hazard transfer - specific considerations and responsibilities • Hydrogen in occupational health and safety			

- Legal considerations
- Regulations, Codes, and Standards (RCS)
- Field trip(s) to companies in the stationary plant engineering sector as well as in automotive manufacturing

Literature:

Compulsory:

- KOTCHOURKO, Alexei und Thomas JORDAN, 2022. *Hydrogen safety for energy applications: engineering design, risk assessment, and codes and standards*. Oxford; Cambridge: Butterworth-Heinemann. ISBN 978-0-12-820492-4

Recommended:

- RIGAS, Fotis und Paul AMYOTTE, 2013. *Hydrogen safety*. Boca Raton, Fla. [u.a.]: CRC Press. ISBN 978-1-4398-6231-5, 1-4398-6231-1

Additional remarks:

Bonus program: Preparation and presentation of a safety concept for novel hydrogen storage systems, with the goal of integrating it into future course content. Bonus points will be credited toward the exam grade. Based on the total points achievable on the exam, a maximum of 10 percent in bonus points can be earned. Participation in the bonus program is voluntary. There is no entitlement to the bonus program being offered in any given semester.

Systems Engineering			
Module abbreviation:	SysEng_M-HTA	SPO-No.:	8
Curriculum:	Programme	Module type	Semester
	Hydrogen Technologies & Applications	Compulsory Subject	2
Module attributes:	Language of instruction	Duration of module	Frequency of offer
	English	1 semester	only summer term
Responsible for module:	Moll, Klaus-Uwe		
Lecturers:			
Credit points / SWS:	5 ECTS / 4 SWS		
Workload:	Contact hours	47 h	
	Self-study	78 h	
	Total	125 h	
Subjects of the module:	Systems Engineering (SysEng_M-HTA)		
Lecture types:	SU/Ü - lecture with integrated exercises		
Examinations:	LN - project work (SysEng_M-HTA)		
Special features of the examination performance:	None		
Recommended prerequisites:			
None			
Objectives:			
Students - know fundamental approaches of systems thinking for development and integration of complex systems. - are able to apply the problem solving process of Systems Engineering. - are able to design systems under consideration of systems architecture and concepts. - understand the fundamentals of SysML and its application to generate a systems model in a MBSE approach making use of a specific software system for this purpose. - are able to apply Systems Engineering processes and MBSE for the development of energy systems and systems for the generation and processing of hydrogen.			
Content:			
- system thinking - Processes of Systems Engineering in accordance to ISO/IEC/IEEE 15288 - V-model, verification and validation methods - Requirements engineering and management in MBSE - Functional analysis and logic of systems - Architectural principles of systems - fundamentals of system modelling language SysML and its application in Model Based Systems Engineering (MBSE) - systems in the field of energy and hydrogen technology			

Literature:

Compulsory:

- HABERFELLNER, Reinhard und andere, 2021. *Systems engineering: fundamentals and applications*. Corrected publication 2021. Auflage. Cham: Springer International Publishing. ISBN 978-3-030-13430-3
- MAIER, Anja, OEHMEN, Josef, VERMAAS, Pieter E., 2022. *Handbook of Engineering Systems Design* [online]. Cham: Springer International Publishing. PDF e-Book. ISBN 978-3-030-81159-4. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-81159-4>.
- 2002. *ISO/IEC 15288/Systems engineering - system life cycle processes*. Genf: ISO.
- 2016. *NASA systems engineering handbook*. [Washington, D.C.]: National Aeronautics and Space Administration.

Recommended:

None

Additional remarks:

None

Start-Up Project			
Module abbreviation:	StUpPr_M-HTA	SPO-No.:	9
Curriculum:	Programme	Module type	Semester
	Hydrogen Technologies & Applications	Compulsory Subject	
Module attributes:	Language of instruction	Duration of module	Frequency of offer
	English	1 semester	winter and summer term
Responsible for module:	Akgün, Ertan		
Lecturers:	Akgün, Ertan		
Credit points / SWS:	5 ECTS / 4 SWS		
Workload:	Contact hours	47 h	
	Self-study	78 h	
	Total	125 h	
Subjects of the module:	Start-Up Project (StUpPr_M-HTA)		
Lecture types:	S/Pr - seminar/laboratory		
Examinations:	Proj - Project work (5-25 pages) (StUpPr_M-HTA)		
Special features of the examination performance:	None		
Recommended prerequisites:			
None			
Objectives:			
The aim of the start-up project is the processing of a technical-economic task from the field of hydrogen technology and economy. The project can be, for example, in the field of hydrogen production, storage, transport or include different areas. The technical competences acquired in the lectures are to be applied and deepened in the start-up project. Students are capable of • applying methodological, social and personal skills to define, plan and execute complex projects. • working in international and multidisciplinary teams. • understanding the client and being able to apply planning, management and control of projects independently in a team. • applying interdisciplinary knowledge in a project-specific way and presenting project results in a professional manner.			

Content:

The project work is carried out in small groups (approx. 10 people). Ideally, the project should be carried out in cooperation with a company or as part of a research project at THI. The project organization is done by the students themselves. The lecturer plays a role as client or coach. At the beginning of the project, the goals are to be named by the lecturer and communicated to the students. The criteria according to which the performance of individual students will be evaluated should also be defined.

The project work is roughly divided into the following steps:

- Literature and patent research
- Problem definition
- Project planning
- Research of funding opportunities
- Research of the market environment
- Research of the technical-economical basic conditions
- Elaboration of the technical solution and business model
- Preparation of the project report and presentation

One goal of the start-up project is the development of a business model for the use of hydrogen as an energy carrier. For this purpose, the market environment and the range of possible funding programs are to be analyzed. The start-up project is accompanied by an offer of selected lectures of the Center of Entrepreneurship (CoE) of the THI.

Literature:

Compulsory:

None

Recommended:

- BERKUN, Scott, 2008. *Making things happen: mastering project management*. Beijing [u.a.]: O'Reilly. ISBN 978-0-596-51771-7, 0-596-51771-8
- BYERS, Thomas, Richard C. DORF und Andrew NELSON, 2011. *Technology ventures: from idea to enterprise*. New York: McGraw-Hill. ISBN 978-0-07-338018-6, 0-07-338018-0

Additional remarks:

Attendance is mandatory for this course.

Electrolysis and Fuel Cell Technology			
Module abbreviation:	EleFuCeTe_M-HTA	SPO-No.:	10
Curriculum:	Programme	Module type	Semester
	Hydrogen Technologies & Applications	Compulsory Subject	1
Module attributes:	Language of instruction	Duration of module	Frequency of offer
	English	1 semester	only winter term
Responsible for module:	Akgün, Ertan		
Lecturers:	Akgün, Ertan; Mainka, Julia		
Credit points / SWS:	5 ECTS / 4 SWS		
Workload:	Contact hours	47 h	
	Self-study	78 h	
	Total	125 h	
Subjects of the module:	Electrolysis and Fuel Cell Technology (EleFuCeTe_M-HTA)		
Lecture types:	SU/Ü/Pr - seminar based teaching/Exercise course/laboratory		
Examinations:	LN - written exam, 90 minutes (EleFuCeTe_M-HTA)		
Special features of the examination performance:	None		
Recommended prerequisites:			
None			
Objectives:			
Students will be able to - analyze the electrochemical fundamentals and operating principles of electrolysis and fuel cell systems and apply them to advanced engineering problems. - compare electrolyzer and fuel cell types, system architectures, key components and subsystems, and assess their application-specific suitability. - evaluate control strategies, dynamic behavior, efficiency, degradation mechanisms and lifetime aspects and derive mitigation and lifetime-extension measures. - assess the integration of electrolysis and fuel cell systems into practical applications and energy systems with respect to performance, cost, safety, and resource efficiency. - identify implementation barriers, critically evaluate technical and economic solution options, and justify system concepts in broader energy and industrial contexts.			
Content:			
Content: - Fundamentals of electrochemistry - Water electrolysis and types of electrolyzers - Fuel cell types and application examples - Operating principles, system architecture, components, and subsystems - Specific features, dynamics, control strategies, lifetime and degradation - Gas conditioning and purification - Economic aspects and efficiency discussion			

- Industrialization: manufacturers, production capacities, and current development programs
- Challenges and current issues

Literature:

Compulsory:

- GODULA-JOPEK, Agata und Detlef STOLTEN, 2015. *Hydrogen Production: By Electrolysis*. Berlin: John Wiley & Sons, Incorporated. ISBN 978-3-527-67652-1, 978-3-527-33342-4
- ZOHURI, Bahman, 2019. *Hydrogen energy: challenges and solutions for a cleaner future*. Cham: Springer. ISBN 978-3-319-93460-0

Recommended:

- 2002. *Fuel cell handbook: DOE/NETL-2002/1179; [prepared by Energy and Environmental solutions under contract DE-AM26-99FT40575 ... low-cost CD format]*.
- SASAKI, Kazunari und andere, 2016. *Hydrogen energy engineering: a Japanese perspective*. Tokyo: Springer. ISBN 978-4-431-56040-1

Additional remarks:

- Guest lectures may take place as part of the course.
- Bonus system: During the course, each student may work on and present a selected topic. Depending on the quality of the written preparation and oral presentation, bonus points may be awarded and added to the examination grade. A maximum of 10% bonus points, relative to the total number of points achievable in the examination, can be obtained. There is no entitlement to the implementation of this bonus system.

Numerical Methods and Computational Simulation			
Module abbreviation:	NuMeCoSi_M-HTA	SPO-No.:	11
Curriculum:	Programme	Module type	Semester
	Hydrogen Technologies & Applications	Compulsory Subject	2
Module attributes:	Language of instruction	Duration of module	Frequency of offer
	English	1 semester	only summer term
Responsible for module:	Diel, Sergej		
Lecturers:			
Credit points / SWS:	5 ECTS / 4 SWS		
Workload:	Contact hours	47 h	
	Self-study	78 h	
	Total	125 h	
Subjects of the module:	Numerical Methods and Computational Simulation (NuMeCoSi_M-HTA)		
Lecture types:	SU/Ü - lecture with integrated exercises		
Examinations:	schrP90 - written exam, 90 minutes (NuMeCoSi_M-HTA)		
Special features of the examination performance:	None		
Recommended prerequisites:			
None			
Objectives:			
The students are able to: - estimate the truncation error of numerical approximations of derivatives and select an appropriate order of approximation for a given engineering application. - analyse the influence of round-off errors and conditioning on the numerical solution of linear algebraic systems and assess the suitability of direct and iterative solution methods for specific numerical problems. - formulate finite-difference discretizations of the heat equation and evaluate the concepts of consistency, stability and convergence in this context. - compare explicit and implicit time integration schemes and assess their advantages, limitations and applicability for transient simulation problems. - implement selected numerical methods in a widely used computational environment, such as MATLAB or a programming language, and interpret the numerical results. - explain the mathematical principles of the Finite Volume Method and apply them to simple transport and conservation problems. - apply computational methods, such as Computational Fluid Dynamics and one-dimensional simulation of thermal, hydraulic and chemical processes, to engineering problems in renewable energy systems. - critically evaluate and discuss simulation results with respect to numerical accuracy, physical plausibility, theoretical expectations and experimental data.			

Content:

- Numerical approximation of derivatives
- Numerical solution of large systems of linear algebraic equations, round-off error,
- Numerical solution of the linear heat equation
- Introduction into numerical flow simulation theory (computational fluid dynamics, CFD)
- Finite-volume method and its mathematical background
- Application of 3D (reactive) fluid simulation with commercial software
- Application of 1D process simulation with commercial software
- Theory of computational simulation of thermal, hydraulic and chemical processes
- Computational simulation of thermodynamic processes
- Application to practical problems (computer lab)

Literature:

Compulsory:

None

Recommended:

- FERZIGER, Joel H., PERIĆ, Milovan, STREET, Robert L., 2020. *Computational methods for fluid dynamics* [online]. Cham: Springer. PDF e-Book. ISBN 978-3-319-99693-6. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-99693-6>.
- KAJISHIMA, Takeo, TAIRA, Kunihiko, 2017. *Computational fluid dynamics: incompressible turbulent flows* [online]. Cham: Springer. PDF e-Book. ISBN 978-3-319-45304-0. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-45304-0>.
- ANDERSON, Dale A. und andere, 2021. *Computational fluid mechanics and heat transfer*. Boca Raton; London; New York: CRC Press, an imprint of Taylor & Francis Group. ISBN 978-0-8153-5712-4, 978-0-3675-6903-7
- STRANG, Gilbert. Mathematical methods for engineers II [online]. [s.l.]: Massachusetts Institute of Technology. [Accessed on:]. Available via: <https://ocw.mit.edu/courses/18-086-mathematical-methods-for-engineers-ii-spring-2006/>
- MOUKALLED, F., MANGANI, L., DARWISH, M., 2016. *The finite volume method in computational fluid dynamics: an advanced introduction with OpenFOAM and Matlab* [online]. Cham: Springer. PDF e-Book. ISBN 978-3-319-16874-6. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-16874-6>.
- REDDY, Junuthula Narasimha, GARTLING, David K., 2010. *The finite element method in heat transfer and fluid dynamics* [online]. Boca Raton, FL [u.a.]: CRC Press, Taylor & Francis. PDF e-Book. ISBN 978-1-4200-8599-0, 9780429111426. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1201/9781439882573>.
- TURYN, Larry, 2014. *Advanced engineering mathematics*. Boca Raton [u.a.]: CRC Press. ISBN 978-1-4398-3447-3
- STRANG, Gilbert, 2007. *Computational science and engineering*. Wellesley, Ma.: Wellesley-Cambridge Press. ISBN 978-0-9614088-1-7, 0-9614088-1-2
- GIL CHAVES, Iván Darío, LÓPEZ, Javier Ricardo Guevara, GARCÍA ZAPATA, José Luis, LE-GUIZAMÓN ROBAYO, Alexander, RODRÍGUEZ NIÑO, Gerardo, 2016. *Process analysis and simulation in chemical engineering* [online]. Cham: Springer. PDF e-Book. ISBN 978-3-319-14812-0. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-14812-0>.

Additional remarks:

None

Master's Thesis			
Module abbreviation:	MA_M-HTA	SPO-No.:	12
Curriculum:	Programme	Module type	Semester
	Hydrogen Technologies & Applications	Pflichtfach	3
Module attributes:	Language of instruction	Duration of module	Frequency of offer
	Deutsch/Englisch	1 semester	winter and summer term
Responsible for module:	Akgün, Ertan		
Lecturers:	All lecturers		
Credit points / SWS:	30 ECTS / 0 SWS		
Workload:	Contact hours	0 h	
	Self-study	750 h	
	Total	750 h	
Subjects of the module:	Master's Thesis (MA_M-HTA)		
Lecture types:	MA - Master' Thesis		
Examinations:	MA – Master' Thesis (MA_M-HTA)		
Special features of the examination performance:	None		
Recommended prerequisites:			
None			
Objectives:			
Upon completion of the Master's thesis, students will be able to - independently develop and analyze a new research topic and discuss it competently in a scientific and professional context. - apply project management methods to plan, execute, evaluate, and document research projects effectively. - analyze, synthesize, and contextualize research results within both disciplinary and interdisciplinary frameworks, and present them in the form of a scientific thesis. - independently address and solve complex and novel problems in the field of Hydrogen technology and Hydrogen economy by applying the knowledge, skills, and scientific methods acquired during the degree program, and develop solutions at a high academic level within a specified timeframe.			
Content:			
- Analysis of the problem statement and definition of the scope and boundaries of the topic - Literature and patent review - Formulation of the research approach and methodology - Development and definition of a solution concept and implementation strategy			

- Planning and execution of the solution process, including analysis and evaluation of the results
- Contextualization and assessment of the disciplinary and interdisciplinary implications

Application of scientific working principles and methodology, including the ability to work systematically, analytically, and methodically; to argue logically and concisely; to work in a goal-oriented and time-efficient manner; and to present results in a formally correct and scientifically appropriate way.

Literature:

Will be specified at the beginning

Additional remarks:

None

5.2 Individual Electives

Adaptive Systeme			
Module abbreviation:	Adapt_M-TE	SPO-No.:	6
Curriculum:	Programme	Module type	Semester
	Hydrogen Technologies & Applications	Individual Electives	
Module attributes:	Language of instruction	Duration of module	Frequency of offer
	Deutsch	1 Semester	nur Wintersemester
Responsible for module:	Müller, Dieter		
Lecturers:	Müller, Dieter		
Credit points / SWS:	5 ECTS / 4 SWS		
Workload:	Contact hours	47 h	
	Self-study	78 h	
	Total	125 h	
Subjects of the module:	Adaptive Systeme (Adapt_M-TE)		
Lecture types:	SU/Ü - seminaristischer Unterricht/Übung		
Examinations:	LN - schriftliche Prüfung, 90 Minuten (Adapt_M-TE)		
Special features of the examination performance:	Keine		
Recommended prerequisites:			
Keine			
Objectives:			
Die Studierenden - kennen und verstehen den Aufbau und die Funktionsweise von Fuzzy-Reglern. - testen mit einem Simulationsprogramm Eigenschaften von Fuzzy-Reglern. - kennen den Aufbau und die Funktion von künstlichen neuronalen Netzen. - simulieren künstliche neuronale Netze. - sind in der Lage, Techniken zur Identifikation dynamischer Systeme einschätzen. - bestimmen die Parameter dynamischer Systeme mit Hilfe von Identifikationsalgorithmen.			
Content:			
- Fuzzy Regler - Künstliche neuronale Netze - Beobachter und erweiterter Beobachter - Adaptive Reglerkonzepte			
Literature:			
Verpflichtend: Keine Empfohlen: LUTZ, Holger und Wolfgang WENDT, 2021. <i>Taschenbuch der Regelungstechnik: mit MATLAB und Simulink</i>. 12. Auflage. Haan-Gruiten: Verlag Europa-Lehrmittel. ISBN 978-3-8085-5870-6			

- UNBEHAUEN, Heinz, Band 1, [21992. *Regelungstechnik*. [7. Auflage. Braunschweig [u.a.]: Vieweg. ISBN 3-528-06469-2
- STRIETZEL, Roland, 1996. *Fuzzy-Regelung: mit 36 Tabellen*. München [u.a.]: Oldenbourg. ISBN 3-486-23359-9

Additional remarks:

Keine Anmerkungen

Aerodynamische Methoden

Module abbreviation:	AerodynM_M-LT	SPO-No.:	6
Curriculum:	Programme	Module type	Semester
	Hydrogen Technologies & Applications	Individual Electives	
Module attributes:	Language of instruction	Duration of module	Frequency of offer
	Deutsch	1 Semester	nur Wintersemester
Responsible for module:	Stadlberger, Korbinian		
Lecturers:	Stadlberger, Korbinian		
Credit points / SWS:	5 ECTS / 4 SWS		
Workload:	Contact hours	47 h	
	Self-study	78 h	
	Total	125 h	
Subjects of the module:	Aerodynamische Methoden (AerodynM_M-LT)		
Lecture types:	SU/Pr - Seminaristischer Unterricht/Praktikum		
Examinations:	LN - schriftliche Prüfung, 90 Minuten (AerodynM_M-LT)		
Special features of the examination performance:	Keine		
Recommended prerequisites:			
Keine			
Objectives:			
Nach dem Besuch des Moduls sind die Studierenden in der Lage, - Theorien und Grundprinzipien numerischer und experimenteller aerodynamischer Methoden für Profil-, Flügel- und Flugzeugumströmungen zu analysieren und anwendungsbezogen einzuordnen. - geeignete Modellierungsansätze einschließlich Potentialmethoden, RANS und semiempirischer Verfahren für industrierelevante Strömungsprobleme auszuwählen und fachlich zu begründen. - Stärken, Schwächen, Modellgrenzen und Unsicherheiten aerodynamischer Methoden zu bewerten und daraus belastbare Schlussfolgerungen für technische Fragestellungen abzuleiten. - aerodynamische Datensätze aus numerischen, semiempirischen oder experimentellen Quellen zu erstellen, zu validieren und kritisch zu interpretieren. - Methodenentscheidungen hinsichtlich Genauigkeit, Rechenaufwand, Versuchsaufwand sowie ressourcen- und energieeffizienter Entwicklungsprozesse zu beurteilen.			
Content:			
- Grundbegriffe der Aerodynamik einschließlich Profil-, Flügel- und Flugzeugumströmung - Numerische Modellierungsmethoden auf Grundlage der Potentialtheorie - Semiempirische Methoden und aerodynamische Abschätzverfahren - Experimentelle Aerodynamik im Windkanal und Datenerfassung - RANS-basierte Modellierungsmethoden und Abgrenzung zu vereinfachten Verfahren - Erstellung, Plausibilisierung und Bewertung aerodynamischer Datensätze - Methodenwahl unter Berücksichtigung von Genauigkeit, Aufwand und ressourceneffizienter Entwicklung			

Literature:

Verpflichtend:

- FERZIGER, Joel H., Milovan PERIĆ und Robert L. STREET, 2020. *Numerische Strömungsmechanik*. Berlin: Springer Vieweg. ISBN 978-3-662-46543-1, 978-3-662-46544-8
- ANDERSON, John David, 2017. *Fundamentals of aerodynamics*. New York, NY: McGraw Hill Education. ISBN 978-1-259-12991-9, 978-1-259-25134-4

Empfohlen:

- KÜCHEMANN, Dietrich, 2012. *The aerodynamic design of aircraft: a detailed introduction to the current aerodynamic knowledge and practical guide to the solution of aircraft design problems*. Reston, VA: American Institute of Aeronautics and Astronautics. ISBN 978-1-62198-370-5
- ANDERSON, John David, 2001. *A history of aerodynamics and its impact on flying machines*. Cambridge [u.a.]: Cambridge Univ. Press. ISBN 0-521-66955-3, 0-521-45435-2
- OSWATITSCH, Klaus, 1976. *Grundlagen der Gasdynamik*. Wien [u.a.]: Springer. ISBN 3-211-81318-7, 0-387-81318-7
- ZIEREP, Jürgen, 1991. *Ähnlichkeitsgesetze und Modellregeln der Strömungslehre* [online]. Karlsruhe: Braun-Verlag. PDF e-Book. ISBN 978-3-662-21597-5, 978-3-7650-2041-4. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/978-3-662-21597-5>.
- OERTEL, Herbert und P. ERHARD, 2010. *Prandtl-essentials of fluid mechanics*. New York, NY [u.a.]: Springer. ISBN 978-1-4419-1563-4, 978-1-4419-1564-1
- WHITFORD, Ray, 1987. *Design for air combat*. London: Jane's. ISBN 0-7106-0426-2
- THOMAS, Fred, 1984. *Grundlagen für den Entwurf von Segelflugzeugen*. Stuttgart: Motorbuch-Verl.. ISBN 3-87943-682-7
- GERSTEN, Klaus, 1991. *Einführung in die Strömungsmechanik: mit 10 Tabellen und 52 durchgerechneten Beispielen*. Braunschweig: Vieweg. ISBN 3-528-43344-2
- SCHLICHTING, Hermann, GERSTEN, Klaus, KRAUSE, Egon, OERTEL, Herbert, MAYES, Katherine, 2017. *Boundary-layer theory* [online]. Berlin; Heidelberg: Springer. PDF e-Book. ISBN 978-3-662-52919-5. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/978-3-662-52919-5>.
- SCHLICHTING, Hermann und Erich TRUCKENBRODT, 2001. *Aerodynamik des Flugzeuges*. Berlin: Springer.
- ROSSOW, Cord-Christian, 2014. *Handbuch der Luftfahrzeugtechnik: mit 1130 Bildern und 34 Tabellen* [online]. München: Hanser. PDF e-Book. ISBN 978-3-446-42341-1, 3-446-42341-9. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.3139/9783446436046>.

Additional remarks:

Sichere Grundkenntnisse aus dem Bachelor Luftfahrttechnik (v.a. Aerodynamik) werden erwartet. Programmierkenntnisse (z.B. Matlab) sind hilfreich. PC-Übungen erfordern Eigeninitiative für den autodidaktischen Lernerfolg.

Akustik			
Module abbreviation:	Akust_M-TE	SPO-No.:	6
Curriculum:	Programme	Module type	Semester
	Hydrogen Technologies & Applications	Individual Electives	
Module attributes:	Language of instruction	Duration of module	Frequency of offer
	Deutsch	1 Semester	nur Wintersemester
Responsible for module:	Bienert, Jörg		
Lecturers:	Bienert, Jörg		
Credit points / SWS:	5 ECTS / 4 SWS		
Workload:	Contact hours	47 h	
	Self-study	78 h	
	Total	125 h	
Subjects of the module:	Akustik (Akust_M-TE)		
Lecture types:	SU/Ü - seminaristischer Unterricht/Übung		
Examinations:	LN - mündliche Prüfung, 15 Minuten (Akust_M-TE)		
Special features of the examination performance:	Keine		
Recommended prerequisites:			
Keine			
Objectives:			
Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls sind die Studierenden in der Lage, • die physikalischen Grundlagen akustischer Feldgrößen zu analysieren, deren Zusammenhänge mathematisch zu formulieren und auf komplexe akustische Fragestellungen anzuwenden. • Pegel unterschiedlicher Signalarten unter Berücksichtigung zeitlicher und spektraler Eigenschaften sowie normgerechter Bewertungsfilter sicher zu berechnen und zu interpretieren. • die Ausbreitung von Schallwellen auf Grundlage der Wellengleichung und weiterer partieller Differentialgleichungen – einschließlich dreidimensionaler Problemstellungen – mathematisch zu beschreiben, geeignete Lösungsansätze auszuwählen und Weg-Zeit-Beziehungen herzuleiten. • akustische Messverfahren einschließlich digitaler Messdatenerfassung, Signalverarbeitung und Frequenzanalyse hinsichtlich ihrer Eignung für unterschiedliche Aufgabenstellungen auszuwählen, zu konfigurieren, durchzuführen und die Ergebnisse kritisch zu bewerten. • Anforderungen des technischen und gesetzlichen Lärmschutzes in geeignete akustische Kenngrößen und Messgrößen zu überführen sowie Messergebnisse normgerecht zu interpretieren. • psychoakustische Wirkmechanismen des Hörens zu analysieren und für unterschiedliche Anwendungsfälle geeignete psychoakustische Kenngrößen und Bewertungsverfahren auszuwählen. • Schallentstehung, Schallausbreitung und Schallübertragung in Kraftfahrzeugen systematisch zu analysieren sowie geeignete Maßnahmen zur Schallminderung hinsichtlich ihrer Wirksamkeit zu bewerten.			

- die physikalischen Wirkprinzipien von Schalldämmung und Schallabsorption quantitativ zu beschreiben, mathematisch zu modellieren und deren Einfluss auf akustische Systeme zu berechnen.
- die Beiträge einzelner Fahrzeugkomponenten zur Gesamtfahrzeugakustik zu analysieren, Wechselwirkungen zwischen den Komponenten zu bewerten und daraus Maßnahmen zur Optimierung des akustischen Gesamtsystems abzuleiten.

Content:

- Grundlagen des Schallfelds (Luft- und Körperschall)
- Wellenausbreitung
- mathematische Beschreibung mit partiellen Differenzialgleichungen (1D und 3D)
- Elementarstrahler
- Spektrale Darstellungen
- Schallabsorption
- Fahrzeugakustik Grundlagen
- Schallwahrnehmung
- Messtechnik-Körperschall
- Vibroakustische Simulationen
- Fahrgeräusche
- Akustische Komponenten im Fahrzeug
- Motorgeräusche
- Ladungswechselgeräusch
- Rollgeräusche
- Windgeräusche
- Nebenaggregate
- Störgeräusche
- Zusammenhang mit Schwingungsphänomenen
- weiterführende Mess- und Berechnungsverfahren
- Raumakustik / akustische Prüfräume

Literature:

Verpflichtend:

- SINAMBARI, Gholam Reza, SENTPALI, Stefan, 2020. *Ingenieurakustik: physikalische Grundlagen, Anwendungsbeispiele und Übungen* [online]. Wiesbaden: Springer Vieweg. PDF e-Book. ISBN 978-3-658-27289-0. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/978-3-658-27289-0>.
- MÖSER, Michael, 2015. *Technische Akustik* [online]. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. PDF e-Book. ISBN 978-3-662-47704-5, 978-3-662-47703-8. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/978-3-662-47704-5>.
- GENUIT, Klaus, 2010. *Sound-Engineering im Automobilbereich: Methoden zur Messung und Auswertung von Geräuschen und Schwingungen* [online]. Berlin; Heidelberg: Springer. PDF e-Book. ISBN 978-3-642-01414-7, 978-3-642-01415-4. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/978-3-642-01415-4>.
- ZELLER, Peter, 2018. *Handbuch Fahrzeugakustik: Grundlagen, Auslegung, Berechnung, Versuch* [online]. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden. PDF e-Book. ISBN 978-3-658-18520-6. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/978-3-658-18520-6>.

Empfohlen:

- FAHY, Frank, 2005, 2001. *Foundations of engineering acoustics*. San Diego, Calif.: Elsevier Academic Press. ISBN 978-0-08-050683-8, 0-08-050683-6
- ZOLLNER, Manfred, ZWICKER, Eberhard, 1993. *Elektroakustik* [online]. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. PDF e-Book. ISBN 978-3-642-58003-1, 978-3-540-56600-7. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/978-3-642-58003-1>.
- MÖSER, Michael und andere, 2010. *Körperschall: physikalische Grundlagen und technische Anwendungen*. Heidelberg [u.a.]: Springer. ISBN 978-3-540-40336-4, 3-540-40336-1

		M-HTA (SPO WS 2026/27)
		MHB WS2026/27

Additional remarks:
Keine Anmerkungen

Autonomes Fliegen			
Module abbreviation:	AutFlieg_M-LT	SPO-No.:	6
Curriculum:	Programme	Module type	Semester
	Hydrogen Technologies & Applications	Individual Electives	
Module attributes:	Language of instruction	Duration of module	Frequency of offer
	Deutsch	1 Semester	nur Wintersemester
Responsible for module:	Elsbacher, Gerhard		
Lecturers:	Elsbacher, Gerhard		
Credit points / SWS:	5 ECTS / 4 SWS		
Workload:	Contact hours	47 h	
	Self-study	78 h	
	Total	125 h	
Subjects of the module:	Autonomes Fliegen (AutFlieg_M-LT)		
Lecture types:	SU/Ü - seminaristischer Unterricht/Übung (AutFlieg_M-LT)		
Examinations:	LN - schriftliche Prüfung, 90 Minuten (AutFlieg_M-LT)		
Special features of the examination performance:	Keine		
Recommended prerequisites:			
Keine			
Objectives:			
Nach dem Besuch des Moduls sind die Studierenden in der Lage, • Architekturen autonomer UAV-Systeme einschließlich Multicopter- und Hybridkonzepten zu analysieren und hinsichtlich Einsatzgrenzen, Systemkomplexität und Ressourceneinsatz zu bewerten. • flugmechanische 6DOF-Simulationsmodelle aufzubauen, Szenarien zu definieren, Simulationen durchzuführen und die Ergebnisse kritisch zu validieren. • Sensorik, Eigenortung und Sensordatenfusion für autonome Flugzustände auszuwählen, zu modellieren und hinsichtlich Genauigkeit, Robustheit und Fehlereinflüssen zu beurteilen. • Verfahren der Umfelderkennung, Regelung und Pfadplanung für UAVs anwendungsbezogen auszulegen und deren Leistungsfähigkeit kritisch zu bewerten. • Themen des autonomen Fliegens eigenständig und im Team zu bearbeiten, Ergebnisse fachlich zu diskutieren und technische Lösungen unter Sicherheits- und Ressourceneffizienzaspekten einzuordnen.			

Content:

Über die letzten Jahre haben UAVs (z.B. Quadcopter, ...) enorm an Bedeutung gewonnen. Das Anwendungsspektrum reicht von professionellen Luftaufnahmen über visuelle Inspektion von Industrieanlagen bis hin zur Paketauslieferung. Jedoch bedarf es zur Steuerung eines UAV eines erfahrenen Piloten und während des Flugs dessen ständige Aufmerksamkeit. Deshalb gibt es starkes Interesse nach Lösungsansätzen, die einen sicheren autonomen Flug ermöglichen. Dies setzt jedoch voraus, dass alle benötigte Sensorik und Rechenpower auf dem UAV mitgeführt werden muss, der nur über eine sehr beschränkte Nutzlast verfügt, was zu starken Einschränkungen führt.

Dieser Kurs führt in die Grundlagen des autonomen Fliegens von UAVs ein. Hierzu werden folgende Themengebiete abgedeckt:

- Überblick und Architekturen autonomer UAV-Systeme
- Multicopter- und Hybridkonzepte sowie Systemkomponenten
- 3D-Physik und flugmechanische 6DOF-Simulation von UAVs
- Szenariendefinition, Simulationsdurchführung und Ergebnisvalidierung
- Navigation, Eigenortung, GPS, IMU, Höhenmesser und weitere Sensorsysteme
- Sensordatenfusion einschließlich Kalman-Filter
- Flugzustandsregelung und Pfadplanung für UAVs

Literature:

Verpflichtend:

- BROCKHAUS, Rudolf, ALLES, Wolfgang, LUCKNER, Robert, 2011. *Flugregelung* [online]. Berlin: Springer. PDF e-Book. ISBN 978-3-642-01442-0, 978-3-642-01443-7. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/978-3-642-01443-7>.
- GARG, Pulin K, 2021. *Unmanned Aerial Vehicle*. Dulles: Mercury Learning and Information LCC. ISBN 978-1-68392-709-9
- CASTILLO, Pedro, LOZANO, Rogelio, DZUL, Alejandro E., 2005. *Modelling and control of mini-flying machines* [online]. London: Springer. PDF e-Book. ISBN 978-1-84628-179-2. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/1-84628-179-2>.

Empfohlen:

- MARSHALL, Douglas M, 2021. *Introduction to unmanned aircraft systems*. [s.l.]: CRC Press. ISBN 978-0-367-36659-9

Additional remarks:

Keine Anmerkungen

CFD			
Module abbreviation:	CFD_M-FT	SPO-No.:	6
Curriculum:	Programme	Module type	Semester
	Hydrogen Technologies & Applications	Individual Electives	
Module attributes:	Language of instruction	Duration of module	Frequency of offer
	Deutsch	1 Semester	nur Wintersemester
Responsible for module:	Költzsch, Konrad		
Lecturers:	Költzsch, Konrad		
Credit points / SWS:	5 ECTS / 4 SWS		
Workload:	Contact hours	47 h	
	Self-study	78 h	
	Total	125 h	
Subjects of the module:	CFD (CFD_M-FT)		
Lecture types:	SU/Ü - seminaristischer Unterricht/Übung		
Examinations:	LN - Seminararbeit, schriftl. Ausarbeitung 8-15 Seiten, Präsentation 15-20 Folien (CFD_M-FT)		
Special features of the examination performance:	Keine		
Recommended prerequisites:			
Keine			
Objectives:			
Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls sind die Studierenden in der Lage: • die mathematisch-physikalischen und numerischen Grundlagen der CFD auf anspruchsvolle ingenieurwissenschaftliche Strömungsprobleme zu übertragen und die Gültigkeit getroffener Modellannahmen zu beurteilen. • für komplexe Strömungsaufgaben eine geeignete CFD-Modellierungsstrategie zu entwickeln, geeignete Geometrie-, Netz-, Solver-, Turbulenzmodell- und Randbedingungskonzepte auszuwählen und fachlich zu begründen. • CFD-Simulationen mit OpenFOAM eigenständig aufzusetzen, durchzuführen, zu überwachen und anhand geeigneter Konvergenz-, Bilanz- und Plausibilitätskriterien zu überprüfen. • numerische Ergebnisse durch Netz- und Parameterstudien sowie durch Vergleich mit analytischen, experimentellen oder literaturbasierten Referenzdaten kritisch zu validieren und Abweichungen fachlich einzuordnen. • Unsicherheiten, Modellgrenzen und Sensitivitäten von CFD-Ergebnissen zu bewerten und daraus belastbare technische Schlussfolgerungen für eine ingenieurwissenschaftliche Fragestellung abzuleiten. • CFD-basierte Untersuchungen in Form einer wissenschaftlich-technischen Seminararbeit nachvollziehbar zu dokumentieren, kritisch zu diskutieren und im Fachkontext zu verteidigen.			
Content:			
• Mathematisch-physikalische Grundlagen der numerischen Strömungssimulation • Finite-Volumen-Methode, Diskretisierung, Kopplung von Druck und Geschwindigkeit			

- Modellbildung, Modellannahmen und Modellgrenzen bei technischen Strömungsproblemen
- CAD- und Geometriedatenaufbereitung für CFD-Modelle
- Vernetzungsstrategien, Grenzschichtauflösung, Netzqualität und Netzunabhängigkeit
- Auswahl und Bewertung von Solver, Randbedingungen, Anfangsbedingungen und Turbulenzmodellen
- RANS-Modellierung als praxisnaher Schwerpunkt, Einordnung weiterführender Modellierungsansätze
- Konvergenzbewertung, Bilanzprüfung, Plausibilisierung, Validierung und Unsicherheitsbetrachtung
- Postprocessing, Strömungsvisualisierung und technische Interpretation von CFD-Ergebnissen
- Eigenständige CFD-Projektarbeit mit OpenFOAM und wissenschaftlich-technischer Dokumentation

Literature:

Verpflichtend:

- Ohne Autor. *OpenFOAM UserGuide* [online]. [Zugriff am:]. Verfügbar unter: <https://cfd.direct/openfoam/user-guide/>
- Ohne Autor. *Greenshields & Weller (2022) Notes on Computational. CFD Direct Ltd. Reading, GB. Fluid Dynamics: General Principles* [online]. [Zugriff am:]. Verfügbar unter: <https://doc.cfd.direct/notes/cfd-general-principles/index>

Empfohlen:

- FERZIGER, Joel H., PERIĆ, Milovan, STREET, Robert L., 2020. *Numerische Strömungsmechanik* [online]. Berlin: Springer Vieweg. PDF e-Book. ISBN 978-3-662-46544-8. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/978-3-662-46544-8>.
- LAURIEN, Eckart, OERTEL JR., Herbert, 2018. *Numerische Strömungsmechanik: Grundgleichungen und Modelle – Lösungsmethoden – Qualität und Genauigkeit* [online]. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden. PDF e-Book. ISBN 978-3-658-21060-1. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/978-3-658-21060-1>.
- WENDT, John F. und John David ANDERSON, 2010. *Computational fluid dynamics: an introduction*. Berlin [u.a.]: Springer. ISBN 978-3-642-09873-4
- SCHWARZE, Rüdiger, 2013. *CFD-Modellierung: Grundlagen und Anwendungen bei Strömungsprozessen* [online]. Berlin; Heidelberg: Springer Vieweg. PDF e-Book. ISBN 978-3-642-24378-3. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/978-3-642-24378-3>.
- MOUKALLED, F., MANGANI, L., DARWISH, M., 2016. *The finite volume method in computational fluid dynamics: an advanced introduction with OpenFOAM and Matlab* [online]. Cham: Springer. PDF e-Book. ISBN 978-3-319-16874-6. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-16874-6>.
- LECHER, Stefan, 2023. *Numerische Strömungsberechnung: schneller Einstieg in ANSYS-CFX durch einfache Beispiele* [online]. Wiesbaden: Springer Vieweg. PDF e-Book. ISBN 978-3-658-42406-0. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/978-3-658-42406-0>.
- MARIĆ, Tomislav, Jens HÖPKEN und Kyle MOONEY, 2014. *The OpenFOAM technology primer*. [Duisburg]: Sourceflux. ISBN 978-3-00-046757-8

Additional remarks:

Bonussystem: Gemäß der Prüfungsordnung der TH Ingolstadt **können** in diesem Modul Bonuspunkte für semesterbegleitend erbrachte Studienleistungen **vergeben werden**; die **Teilnahme** ist **freiwillig**. Ein **Anspruch auf die Durchführung** des Bonussystems durch die Dozierenden **besteht nicht**. Ob und in welcher **Ausgestaltung** ein Bonussystem angeboten wird, wird **zu Beginn der Lehrveranstaltung** bekannt gegeben. Die erzielten Bonuspunkte werden auf die Modulabschlussprüfung angerechnet; **maximal** können **10 %** der in der Prüfungsleistung erreichbaren Punkte zusätzlich als Bonuspunkte erworben werden. Ein **Übertrag** auf Wiederholungsprüfungen ist **nicht möglich**. Erworbenene **Bonuspunkte verfallen** mit Ablauf des Semesters, in dem sie erworben wurden, sofern die Prüfungsleistung des Moduls in diesem Semester nicht abgelegt wird; es sei denn, die Modulendprüfung wird nicht angeboten.

Colloborative Project Management for Sustainability			
Module abbreviation:	SMT_CollPMSust	SPO-No.:	6
Curriculum:	Programme	Module type	Semester
	Hydrogen Technologies & Applications	Individual Electives	
Module attributes:	Language of instruction	Duration of module	Frequency of offer
	English	1 semester	only winter term
Responsible for module:	Lüdecke, Gesa		
Lecturers:	Lüdecke, Gesa		
Credit points / SWS:	5 ECTS / 4 SWS		
Workload:	Contact hours	47 h	
	Self-study	78 h	
	Total	125 h	
Subjects of the module:	Colloborative Project Management for Sustainability (SMT_CollPMSust)		
Lecture types:	SU/Ü - lecture with integrated exercises (SMT_CollPMSust)		
Examinations:	LN - project work (SMT_CollPMSust)		
Special features of the examination performance:	The assignment is a group project in which several students work on a shared task as a team and present the results both orally and in writing. Each student is required to make an individual contribution to the shared task and deliver an oral presentation of 15 minutes. The assessment consists of a written project documentation, and a final presentation at the end of the lecture period. Exact dates will be communicated at the beginning of the semester via Moodle.		
Recommended prerequisites:			
None			
Objectives:			
After completing this module, students will be able to - describe and distinguish classical and agile project management approaches - explain core methods of goal clarification, planning and project control - develop goals and work packages for a project - plan and carry out team roles and coordination processes - apply facilitation techniques to structure group processes - apply digital collaboration tools for project management - account for the specific demands of sustainability projects			
Content:			
- Project management: Relevance and fields of application - Classical and agile project management - Characteristics of sustainability projects			

- Goal clarification and stakeholder analysis
- Milestones, progress monitoring and risk management
- Roles and responsibilities in project teams
- Coordination processes and meeting formats
- Facilitation and collaborative communication
- Digital Tools for project management
- Impact measurement and assessment

Literature:

Will be specified at the beginning

Additional remarks:

Up to 5 bonus points can be gained for semester-accompanying partial presentations and active participation in classroom discussions.

DOE / Datenanalyse			
Module abbreviation:	DOEDat_M-FT	SPO-No.:	6
Curriculum:	Programme	Module type	Semester
	Hydrogen Technologies & Applications	Individual Electives	
Module attributes:	Language of instruction	Duration of module	Frequency of offer
	Deutsch	1 Semester	nur Wintersemester
Responsible for module:	Horak, Jiri		
Lecturers:	Horak, Jiri		
Credit points / SWS:	5 ECTS / 4 SWS		
Workload:	Contact hours	47 h	
	Self-study	78 h	
	Total	125 h	
Subjects of the module:	DOE / Datenanalyse (DOEDat_M-FT)		
Lecture types:	SU/Ü - seminaristischer Unterricht/Übung		
Examinations:	LN - mündliche Prüfung, 15-30 Minuten (DOEDat_M-FT)		
Special features of the examination performance:	Keine		
Recommended prerequisites:			
Keine			
Objectives:			
Die Studierenden sind in der Lage, - ingenieurwissenschaftliche Fragestellungen in statistisch auswertbare Untersuchungsfragen zu überführen und geeignete Datenanalyse- oder DOE-Methoden auszuwählen. - Daten mit Methoden der deskriptiven Statistik aufzubereiten, graphisch darzustellen und hinsichtlich Qualität, Streuung, Ausreißern und Aussagekraft zu bewerten. - wahrscheinlichkeitstheoretische Modelle auf zufällige Prozesse anzuwenden, Verteilungsannahmen zu prüfen, Parameter zu schätzen und Hypothesen zu testen. - vollfaktorielle und Screening-Versuchspläne zu planen, auszuwerten und die Ergebnisse hinsichtlich Effekten, Wechselwirkungen, Modellgüte und Ressourceneinsatz zu beurteilen. - industrienähe Softwarewerkzeuge für Datenanalyse und statistische Versuchsplanung anzuwenden und Ergebnisse nachvollziehbar zu dokumentieren, zu interpretieren und zu verteidigen.			
Content:			
- Grundbegriffe der deskriptiven Statistik, Verteilungsfunktion und Verteilungsparameter - Wahrscheinlichkeit, Zufallsvariable, Verteilungen - Schätzen und Testen - Grundbegriffe der statistischen Versuchsplanung wie Faktor, Stufe, Effekt, Wechselwirkung - Versuchspläne: vollfaktoriell, Screening-Versuchspläne, Auflösungsstufen, Yates-Standard - Lineares Beschreibungsmodell, Ermittlung der Modellkonstanten, Kontrollverfahren			

Literature:

Verpflichtend:

- ARENS, Tilo, HETTLICH, Frank, KARPFFINGER, Christian, KOCKELKORN, Ulrich, LICHTENEGGER, Klaus, STACHEL, Hellmuth, 2022. *Mathematik* [online]. Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum. PDF e-Book. ISBN 978-3-662-64389-1. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/978-3-662-64389-1>.
- SIEBERTZ, Karl, BEBBER, David van, HOCHKIRCHEN, Thomas, 2017. *Statistische Versuchsplanung: Design of Experiments (DoE)* [online]. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. PDF e-Book. ISBN 978-3-662-55743-3. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/978-3-662-55743-3>.
- MOHR, Richard, 2014. *Statistik für Ingenieure und Naturwissenschaftler: Grundlagen und Anwendung statistischer Verfahren*. Renningen: expert-Verl.. ISBN 9783816981541

Empfohlen:

Keine

Additional remarks:

Keine Anmerkungen

Energy Management and Energy Efficiency			
Module abbreviation:	WMod_EnManaEnEff_M-RES	SPO-No.:	6
Curriculum:	Programme	Module type	Semester
	Hydrogen Technologies & Applications	Individual Electives	
Module attributes:	Language of instruction	Duration of module	Frequency of offer
	English	1 semester	only winter term
Responsible for module:	Patel, Dharmik		
Lecturers:	Patel, Dharmik; Weitz, Klaus Peter		
Credit points / SWS:	5 ECTS / 4 SWS		
Workload:	Contact hours	47 h	
	Self-study	78 h	
	Total	125 h	
Subjects of the module:	Energy Management and Energy Efficiency (WMod_EnManaEnEff_M-RES)		
Lecture types:	SU/Ü - lecture with integrated exercises		
Examinations:	LN - written exam, 90 minutes (WMod_EnManaEnEff_M-RES)		
Special features of the examination performance:	None		
Recommended prerequisites:			
None			
Objectives:			
The students - understand the design rules of a photovoltaic system and will be able to layout specific systems. - are familiar with supply versus demand simulations of photovoltaic system in industrial environments and understand methods to increase self-consumption of produced energy. - understand the different contributions of the electricity bill and know methods to reduce costs. - can analyze and understand electric load profiles and extract exposed loads. - understand energy management systems and know how to manage exposed loads. - are familiar with the cross-sectional technologies in industrial companies, can identify potential of savings and take measures to reduce energy consumption.			
Content:			
- Photovoltaic: design rules for solid photovoltaic system layout (connection module to inverter). Overall planning of photovoltaic systems. Simulation of provided energy. - Electric load profile: analyzing electric load profiles and identification of exposed loads. - Supply versus demand simulation of photovoltaic systems in industrial environments. Methods of supply and demand displacements. - Contributions to energy costs of industrial companies and methods to reduce the cost level. - Energy management systems in industrial companies (DIN EN ISO 50001 and DIN EN 16247).			

- Methods to identify, measure and manage energy consumption of exposed loads.
- Methods to analyze general cross-sectional technologies (compressed air, ventilation, cooling, process heating, lighting, heat recovery).
- Methods to identify and reduce the energy consumption of cross-sectional technologies (electricity and other energy sources).

Literature:

Compulsory:

- BILGE, Ali Nezihi, 2015. *Energy systems and management* [online]. Cham: Springer International Publishing. PDF e-Book. ISBN 978-3-319-16024-5, 978-3-319-16023-8. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-16024-5>.
- THORPE, David, 2014. *Energy management in industry: the Earthscan Expert Guide*. London: Routledge, Taylor & Francis Group. ISBN 978-1-134-64941-9, 1-134-64941-X

Recommended:

None

Additional remarks:

Course selection varies depending on availability and demand. The actual selection for each semester can be found in the timetable. Courses may be canceled at the beginning of the semester. Participation is limited in some cases.

Fahrzeugstrukturauslegung			
Module abbreviation:	Fzstraus_M-FT	SPO-No.:	6
Curriculum:	Programme	Module type	Semester
	Hydrogen Technologies & Applications	Individual Electives	
Module attributes:	Language of instruction	Duration of module	Frequency of offer
	Deutsch	1 Semester	nur Wintersemester
Responsible for module:	Kessler, Jörg		
Lecturers:	Kessler, Jörg		
Credit points / SWS:	5 ECTS / 4 SWS		
Workload:	Contact hours	47 h	
	Self-study	78 h	
	Total	125 h	
Subjects of the module:	Fahrzeugstrukturauslegung (Fzstraus_M-FT)		
Lecture types:	SU/Ü - seminaristischer Unterricht/Übung		
Examinations:	LN - mündliche Prüfung, 15-30 Minuten (Fzstraus_M-FT)		
Special features of the examination performance:	Keine		
Recommended prerequisites:			
Keine			
Objectives:			
Die Studierenden: - erwerben vertiefte Kenntnisse in ausgewählten Kapiteln der höheren Technischen Mechanik mit praxisorientierten Beispielen aus der Karosserietechnik. - erwerben vertieftes Verständnis für anwendungsorientierte Leichtbauformeln durch Herleitung und Beurteilung der Berechnungsmethodik mit speziellem Focus auf die Auslegung vom Kontinuum zum Leichtbauträger. - erwerben vertieftes Wissen in Bereich der Tensoralgebra und der angewandten Kontinuumsmechanik für den Bereich der Strukturmechanik. - können modellbeherrschende Gleichungen von Leichtbauträgern wissenschaftlich anwenden. - können die Grundlagen der Plattentheorie auf aktuelle Karosseriebauweisen anwenden. - können Fahrzeugstrukturen bewerten und auslegen sowie die Tragwerkstheorie anwenden.			
Content:			
Die Inhalte: - Tragwerksberechnung und Auslegung, Strukturoptimierung, lastoptimierte Gestaltung und Dimensionierung von Leichtbauträgern in Fahrzeugbau - Behandlung ebener und gekrümmter Flächentragwerke, Herleitung und Anwendung partieller Differentialgleichungen mit Fokus auf Platte, Scheibe, schwach gekrümmte Schalen folgend der höheren technischen Mechanik - Bewertung und Auslegung von Leichtbaustrukturen hinsichtlich des Stabilitätsversagens von Balkensystemen, Knicken, Kippen, Stabilitätsversagen von dünnwandigen Flächentragwerken, Zylinderschale unter Axialdruck und Radialdruck			

- Ausgewählte Auslegestrategien für Leichtbaukonstruktionen mit besonderem Schwerpunkt auf Fahrzeugtechnik insbesondere Schwingungen von flächigen Tragwerken, Stabilität von Crash Trägern, Mehrachsiger Spannungszustand im Kontinuum
- Anwendung der Tensoralgebra auf das Anisotrope Kontinuum im Schalernraum
- Berechnung von Invarianten in Bezug auf Versagenskriterien im Karosseriebau

Literature:

Verpflichtend:

- BAŞAR, Yavuz, KRÄTZIG, Wilfried B., 1985. *Mechanik der Flächentragwerke: Theorie, Berechnungsmethoden, Anwendungsbeispiele* [online]. Wiesbaden: Vieweg+Teubner. PDF e-Book. ISBN 978-3-322-93983-8, 978-3-322-93984-5. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/978-3-322-93983-8>.
- PFLÜGER, Alf, 1981. *Elementare Schalenstatik* [online]. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. PDF e-Book. ISBN 978-3-642-52216-1, 978-3-642-52217-8. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/978-3-642-52216-1>.

Empfohlen:

Keine

Additional remarks:

Keine Anmerkungen

Funktionswerkstoffe und ressourceneffizientes Engineering			
Module abbreviation:	FWStuRE_M-WR	SPO-No.:	6
Curriculum:	Programme	Module type	Semester
	Hydrogen Technologies & Applications	Individual Electives	
Module attributes:	Language of instruction	Duration of module	Frequency of offer
	Deutsch	1 Semester	nur Wintersemester
Responsible for module:	Kerschenlohr, Annegret		
Lecturers:	Kerschenlohr, Annegret; Lohr, Christoph; Oberhauser, Simon; Tetzlaff, Ulrich		
Credit points / SWS:	5 ECTS / 4 SWS		
Workload:	Contact hours	47 h	
	Self-study	78 h	
	Total	125 h	
Subjects of the module:	Funktionswerkstoffe und ressourceneffizientes Engineering (FWStuRE_M-WR)		
Lecture types:	SU/Ü - seminaristischer Unterricht/Übung		
Examinations:	LN - schriftliche Prüfung, 90 Minuten (FWStuRE_M-WR)		
Special features of the examination performance:	Keine		
Recommended prerequisites:			
Keine			
Objectives:			
Nach dem Besuch des Moduls sind die Studierenden in der Lage, • Funktionswerkstoffe und Funktionsschichten anhand von Eigenschaftsprofilen, Wirkprinzipien, Einsatzgrenzen und ressourceneffizienzbezogenen Anforderungen zu analysieren und für technische Anwendungen auszuwählen. • metallurgische, polymere und halbleitertechnische Prozessrouten hinsichtlich Material- und Energieeinsatz, Ausbeute, Ausschuss, Skalierbarkeit und Bauteillebensdauer zu bewerten. • funktionsrelevante Werkstoffgruppen wie Elektroleche, Leiterwerkstoffe, Hartlotwerkstoffe, Batterie- und Elektrolysewerkstoffe sowie Polymere anforderungsbezogen zu beurteilen und Substitutionsmöglichkeiten abzuleiten. • tribologische und grenzflächenbezogene Wirkmechanismen in Funktionswerkstoffen und Beschichtungen zu erklären, auf neue Anwendungen zu übertragen und daraus Maßnahmen zur Reibungs-, Verschleiß- und Ressourcenreduktion abzuleiten. • Lebenszyklus-, Kreislauf- und Nachhaltigkeitsaspekte mithilfe von Life Cycle Assessment und Fallstudien in werkstofftechnische Entscheidungen einzubeziehen und ressourceneffiziente Engineering-Konzepte kritisch zu überprüfen.			
Content:			
• Metallurgische Prozessrouten und ressourceneffiziente Stahlherstellung durch Wasserstoffreduktion • Funktionsschichten und Schichttechnologien für Halbleitertechnik			

- Polymere als Funktionswerkstoffe
- additive Fertigung von Polymeren
- Tribologie, Reibung, Verschleiß und tribologische Systembetrachtung
- Elektrobleche
- Werkstoffe der Batterietechnik, Elektrolyse und energietechnischer Anwendungen
- Hartlote mit Blick auf Prozesssicherheit, Materialeinsatz und Lebensdauer
- elektrische Leiterwerkstoffe, elektrische Steckkontakte und Einsatz von Schichten
- Life Cycle Assessment, Recycling und Fallstudien zum ressourceneffizienten Einsatz der besprochenen Materialien

Literature:

Verpflichtend:

- AUERSWALD, Janko und Pius PORTMANN, 2022. *Grundlagen der Funktionswerkstoffe für Studium und Praxis*. Weinheim: Wiley-VCH. ISBN 978-3-527-34963-0
- KAISER, Wolfgang, 2024. *Kunststoffchemie für Ingenieure: von der Synthese bis zur Anwendung* [online]. München: Hanser. PDF e-Book. ISBN 978-3-446-47807-7. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.3139/9783446478077?locatt=mode:legacy>.

Empfohlen:

- CZICHOS, Horst, HABIG, Karl-Heinz, 2020. *Tribologie-Handbuch: Tribometrie, Tribomaterialien, Tribotechnik* [online]. Wiesbaden: Springer Vieweg. PDF e-Book. ISBN 978-3-658-29484-7. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/978-3-658-29484-7>.
- CALLISTER, William D., David G. RETHWISCH und Michael SCHEFFLER, 2013. *Materialwissenschaften und Werkstofftechnik: eine Einführung*. Weinheim: Wiley-VCH. ISBN 978-3-527-33007-2, 3-527-33007-0

Additional remarks:

Keine Anmerkungen

Getriebe			
Module abbreviation:	Getriebe_M-TE	SPO-No.:	6
Curriculum:	Programme	Module type	Semester
	Hydrogen Technologies & Applications	Individual Electives	
Module attributes:	Language of instruction	Duration of module	Frequency of offer
	Deutsch	1 Semester	nur Wintersemester
Responsible for module:	Perponcher, Christian von		
Lecturers:	Perponcher, Christian von; Suchandt, Thomas		
Credit points / SWS:	5 ECTS / 4 SWS		
Workload:	Contact hours	47 h	
	Self-study	78 h	
	Total	125 h	
Subjects of the module:	Getriebe (Getriebe_M-TE)		
Lecture types:	SU/Ü - seminaristischer Unterricht/Übung		
Examinations:	LN - schriftliche Prüfung, 90 Minuten (Getriebe_M-TE)		
Special features of the examination performance:	Keine		
Recommended prerequisites:			
Keine			
Objectives:			
Die Studierenden - analysieren Getriebe für unterschiedliche stationäre und mobile Anwendungen zielgerichtet und ordnen deren Einsatzbereiche ein. - analysieren und synthetisieren auch komplexe Getriebestrukturen systematisch und anwendungsorientiert. - beurteilen und bewerten Verzahnungen hinsichtlich Auslegung und Tragfähigkeit auf Grundlage rechnerischer Nachweise. - evaluieren und bewerten die Qualität von Verzahnungen anhand technischer Kriterien und Qualitätsmerkmale. - analysieren Schadensbilder an Getrieben, beurteilen deren Ursachen und bewerten geeignete Maßnahmen zur Vermeidung.			
Content:			
Getriebekonzepte - Bauarten von Industrie-, Anlagen- und Fahrzeuggetrieben - Auslegung von Getrieben - Verzahnungsberechnung - Verzahnungstoleranzen - Herstellung von Verzahnungen - Schadensbilder an Getrieben Praktikum			

Literature:

Verpflichtend:

- NAUNHEIMER, Harald, BERTSCHE, Bernd, RYBORZ, Joachim, NOVAK, Wolfgang, FIETKAU, Peter, 2019. *Fahrzeuggetriebe: Grundlagen, Auswahl, Auslegung und Konstruktion* [online]. Berlin; Heidelberg: Springer Vieweg. PDF e-Book. ISBN 978-3-662-58883-3. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/978-3-662-58883-3>.

Empfohlen:

- NIEMANN, G. und H. WINTER, 1989. *Maschinenelemente Bd. 2.*. Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo: Springer. ISBN 978-3540111498
- DECKER, Karl-Heinz, Frank RIEG und Karlheinz KABUS, 2024. *Decker Maschinenelemente - Aufgaben*. 17. Auflage. München: Hanser. ISBN 978-3-446-47332-4

Additional remarks:

Im Rahmen der Vorlesung sind Gastvorträge vorgesehen.

Inner Capacities for Personal Strength and Regenerative Change			
Module abbreviation:	SMT_InnCapaPers-Strength_FW	SPO-No.:	6
Curriculum:	Programme	Module type	Semester
	Hydrogen Technologies & Applications	Individual Electives	
Module attributes:	Language of instruction	Duration of module	Frequency of offer
	English	1 semester	only winter term
Responsible for module:	Risi, Annette		
Lecturers:	Risi, Annette		
Credit points / SWS:	5 ECTS / 4 SWS		
Workload:	Contact hours	47 h	
	Self-study	78 h	
	Total	125 h	
Subjects of the module:	Inner Capacities for Personal Strength and Regenerative Change (SMT_InnCapaPersStrength_FW)		
Lecture types:	SU/Ü - lecture with integrated exercises		
Examinations:	LN - seminar paper and presentation (SMT_InnCapaPersStrength_FW)		
Special features of the examination performance:	None		
Recommended prerequisites:			
None			
Objectives:			
After completing this module, students will be able to ... • understand how personal well-being and societal transformation are deeply intertwined, e. g., differentiating between downloading and happiness vs. presencing and well-being. • reflect on their own thought patterns, purpose, habits, and narratives to expand empathy and conscious choice. • cultivate self-care, self-compassion, personal energy, vitality, strength-based action and flow. • design and implement interventions that strengthen mental, emotional, and social well-being in times of volatility. • facilitate co-creation and regenerative societal transformation processes in living labs that bring together diverse perspectives. • develop pathways to activate sustainable well-being across individual, organizational, and community levels. • strengthen human capacities that become increasingly important in AI-supported work. • build and maintain healthy relationships, also for teamwork and project leadership			
Content:			
• Connections between national health status of social groups and climate change drivers			

- Principles of neuroscience, holistic health, mental clarity and focus in an age of information overload and AI-supported work
- Principles of cognitive, positive, emotional and biological psychology
- Practices of deep listening, perspective-taking, mindfulness and embodied awareness inspired by MBSR, PERMA, Theory U, and SPT
- Identification of personal and systemic unsustainable patterns, with hands-on methods to transform them
- Cultivation of grit, vulnerability, openness, optimism, and curiosity as capacities for everyday life and sustainable change
- Frameworks for evaluating regenerative initiatives in organizational and societal systems, connecting knowledge with real-world application
- Intervention design and practice to foster social connectedness, purpose, and long-term flourishing, contributing to individual growth and societal progress
- Case studies and cross-cultural dialogue on sustainable well-being

Literature:

Compulsory:

None

Recommended:

- HARARI, Yuval Noah, 2024. *Nexus: a brief history of information networks from the Stone Age to AI*. New York: Random House. ISBN 978-0-593-73422-3, 059373422X
- FREDRICKSON, Barbara, 2011. *Positivity: groundbreaking research to release your inner optimist and thrive*. Richmond: Oneworld. ISBN 978-1-85168-790-9, 1-85168-790-4
- JOSEPH, Stephen, 2015. *Positive psychology in practice: promoting human flourishing in work, health, education, and everyday life* [online]. Hoboken, New Jersey: Wiley. PDF e-Book. ISBN 978-1-118-75725-3, 978-1-118-75717-8. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1002/9781118996874>.
- HAYASHI, Arawana und Otto SCHARMER, 2021. *Social presencing theater: the art of making a true move*. Cambridge, MA: PI Press (Presencing Institute). ISBN 978-0-9997179-7-4
- KABAT-ZINN, Jon, 2013. *Full catastrophe living: how to cope with stress, pain and illness using mindfulness meditation*. London: Piatkus. ISBN 978-0-7499-5841-1
- BEANE, Matthew Ian, 2024. *The skill code: how to save human ability in an age of intelligent machines*. New York, NY: HarperBusiness. ISBN 9780063337794, 0063337797
- HARI, Johann, 2022. *Stolen focus: why you can't pay attention - and how to think deeply again*. New York: Crown. ISBN 978-0-593-13851-9
- SCHARMER, Claus Otto, 2018. *The essentials of theory U: core principles and applications*. Oakland: Berrett-Koehler Publishers, Incorporated. ISBN 978-1-5230-9444-8, 1-5230-9444-3

Additional remarks:

The assessment focuses on the application and reflection of course concepts, individual practices and group exercises. It does not assess memorization or reproduction of predefined content, no final presentation but self-defined sharing. There are no "right" or "wrong" personal answers — every experience counts. Individual reflections are treated confidentially. Grading is based on reflective depth, connection, and transfer to future personal and professional contexts.

The specific learning settings, working formats and thematic priorities may be discussed with students at the beginning of the semester to support meaningful engagement.

Students may earn up to 9 bonus points through additional course-related activities announced in class. Bonus activities are time-bound and require timely sign-up.

Langzeitverhalten der Werkstoffe

Module abbreviation:	LZVWkst_M-WR	SPO-No.:	6
Curriculum:	Programme	Module type	Semester
	Hydrogen Technologies & Applications	Individual Electives	
Module attributes:	Language of instruction	Duration of module	Frequency of offer
	Deutsch	1 Semester	nur Wintersemester
Responsible for module:	Tetzlaff, Ulrich		
Lecturers:	Tetzlaff, Ulrich		
Credit points / SWS:	5 ECTS / 4 SWS		
Workload:	Contact hours	47 h	
	Self-study	78 h	
	Total	125 h	
Subjects of the module:	Langzeitverhalten der Werkstoffe (LZVWkst_M-WR)		
Lecture types:	SU/Pr - Seminaristischer Unterricht/Praktikum		
Examinations:	LN - schriftliche Prüfung, 90 Minuten (LZVWkst_M-WR)		
Special features of the examination performance:	Keine		
Recommended prerequisites:			
Keine			
Objectives:			
Die Studierenden, • können Schädigungsmechanismen des Kriechens und der Ermüdung metallischer Werkstoffe mikrostrukturell einzuordnen und ihre Relevanz für technische Anwendungen bewerten. • können Prüfkonzepte, Versuchssysteme und wesentliche Einflussgrößen auf das Langzeitverhalten metallischer Werkstoffe auszuwählen, begründen und Messergebnisse kritisch interpretieren. • sind in der Lage Kriech- und Ermüdungsverhalten mit geeigneten Gleichungen und Modellen zu beschreiben sowie Methoden der Lebensdauerabschätzung auf werkstofftechnische Problemstellungen anzuwenden. • sind in der Lage den Einfluss von Temperatur, Zeit, Spannung, Umgebung und Mikrostruktur auf das Materialverhalten zu analysieren und daraus Strategien zur Lebensdauererhöhung abzuleiten. • können experimentelle Aufgaben im Praktikum eigenständig bzw. im Team durchführen, auswerten und wissenschaftlich nachvollziehbar zu präsentieren.			
Content:			
Kriechen: • Übersicht über Kriechmechanismen • Gleichungen zur Beschreibung des Kriechverhaltens • Interpretation von Versuchsergebnissen • Verschiedene theoretische und empirische Methoden der Lebensdauerabschätzung			

- Strategien zur Reduzierung der Kriechverformung damit zur Verbesserung des ressourceneffizienten Hochtemperatureinsatzes von metallischen Werkstoffen

Ermüdung:

- Low Cycle Fatigue und High Cycle Fatigue
- Übersicht der Ermüdungsmechanismen
- Übersicht der Ermüdungsfestigkeit in Abhängigkeit verschiedener Parameter
- Mathematische Beschreibung des Ermüdungsverhaltens
- Einfluss der Mikrostruktur auf die Ermüdungseigenschaften metallischer Werkstoffe
- Probeneinflüsse auf die Anrissbildung
- Strategien zur Lebensdauererhöhung und damit zum ressourceneffizienten Einsatz der Materialien

Literature:

Verpflichtend:

- MAIER, Hans Jürgen, Thomas NIENDORF und Ralf BÜRGE, 2025. *Handbuch Hochtemperatur-Werkstofftechnik: Grundlagen, Werkstoffbeanspruchungen, Hochtemperaturlegierungen und -beschichtungen*. Wiesbaden: Springer Vieweg. ISBN 978-3658474423

Empfohlen:

- EVANS, Russell W. und Brian WILSHIRE, 1993. *Introduction to creep*. London: Inst. of Materials. ISBN 0-901462-64-0
- CHRIST, Hans-Jürgen, 2009. *Ermüdungsverhalten metallischer Werkstoffe*. Weinheim: Wiley-VCH. ISBN 978-3-527-31340-2, 3-527-31340-0
- SURESH, S., 1998. *Fatigue of materials*. Cambridge [u.a.]: Cambridge Univ. Press. ISBN 0-521-57046-8, 0-521-57847-7

Additional remarks:

Keine Anmerkungen

Metallische Leichtbauwerkstoffe			
Module abbreviation:	MetLb_M-WR	SPO-No.:	6
Curriculum:	Programme	Module type	Semester
	Hydrogen Technologies & Applications	Individual Electives	
Module attributes:	Language of instruction	Duration of module	Frequency of offer
	Deutsch	1 Semester	nur Wintersemester
Responsible for module:	Kerschenlohr, Annegret		
Lecturers:	Kerschenlohr, Annegret		
Credit points / SWS:	5 ECTS / 4 SWS		
Workload:	Contact hours	47 h	
	Self-study	78 h	
	Total	125 h	
Subjects of the module:	Metallische Leichtbauwerkstoffe (MetLb_M-WR)		
Lecture types:	SU/Ü - seminaristischer Unterricht/Übung		
Examinations:	LN - schriftliche Prüfung, 90 Minuten (MetLb_M-WR)		
Special features of the examination performance:	Keine		
Recommended prerequisites:			
Keine			
Objectives:			
Die Studierenden • schließen aus dem inneren Aufbau metallischer Werkstoffe für Leichtbau- und Hochtemperaturanwendungen auf die mechanischen und physikalischen Eigenschaften der Werkstoffe und schätzen deren Eignung für spezifische Anwendungen ein. • hinterfragen die Zusammenhänge zwischen Legierungselementen, Mikrostruktur und Werkstoffeigenschaften und bewerten deren Wechselwirkungen. • beurteilen Möglichkeiten zur ressourcenschonenden Gestaltung und Optimierung bestehender Werkstoffe unter Berücksichtigung technischer Anforderungen. • wählen Werkstoffe für spezifische Fertigungsverfahren aus und evaluieren den Einfluss von Legierungselementen sowie Nachbehandlungen auf die resultierenden Eigenschaften. • übertragen und reflektieren die erworbenen Kenntnisse auf weitere Werkstoffsysteme und beurteilen deren Anwendungs- und Optimierungspotenziale.			
Content:			
• Analyse des Aufbaus, der Eigenschaften und der Anwendungsfelder ausgewählter metallischer Konstruktionswerkstoffe für Leichtbau- und Hochtemperaturanwendungen unter Berücksichtigung von Nachhaltigkeit und Ressourceneffizienz • Vertiefte Betrachtung von aluminium-, titan- und magnesiumbasierten Legierungssystemen hinsichtlich ihrer werkstofftechnischen Eigenschaften • Untersuchung des Einflusses von Legierungselementen auf Struktur-, Phasen- und Gefügeausbildung metallischer Werkstoffe			

- Bewertung der Zusammenhänge zwischen Mikrostruktur und den resultierenden mechanischen sowie physikalischen Eigenschaften
- Analyse biologischer Materialsysteme und deren funktionaler Eigenschaften als Vorbild für technische Hochleistungswerkstoffe
- Übertragung natürlicher Struktur- und Wirkprinzipien auf die nachhaltige Entwicklung und Optimierung technischer Werkstoffsysteme

Literature:

Verpflichtend:

- OETTEL, Heinrich, Gaby KETZER-RAICHLE und Hermann SCHUMANN, 2025. *Schumann Metallographie*. 16. Auflage. Weinheim: Wiley-VCH. ISBN 978-3-527-35106-0

Empfohlen:

- KAMMER, Catrin, 2009. *Aluminium-Taschenbuch*. 16. Auflage. Düsseldorf: Alu Media GmbH. ISBN 978-3-942486-10-1, 978-3-87017-295-4
- KAMMER, Catrin, 2000. *Magnesium-Taschenbuch: Mg*. Düsseldorf: Aluminium-Verl.. ISBN 3-87017-264-9
- MAIER, Hans Jürgen, Thomas NIENDORF und Ralf BÜRGE, 2019. *Handbuch Hochtemperatur-Werkstofftechnik: Grundlagen, Werkstoffbeanspruchungen, Hochtemperaturlegierungen und -beschichtungen*. Wiesbaden: Springer Vieweg. ISBN 978-3-658-25313-4
- PETERS, Manfred, 2002. *Titan und Titanlegierungen* [online]. Weinheim: Wiley-VCH. PDF e-Book. ISBN 978-3-527-61108-9. Verfügbar unter: <https://online-library.wiley.com/doi/book/10.1002/9783527611089>.

Additional remarks:

Bonussystem:

- Im Rahmen der Lehrveranstaltung führen die Studierenden praktische Versuche zur Werkstoffcharakterisierung durch. Die Ergebnisse werden in wissenschaftlichen Berichten dokumentiert, analysiert, interpretiert und präsentiert.
- Darüber hinaus analysieren die Studierenden biologische Materialsysteme und bewerten deren funktionale Eigenschaften hinsichtlich ihres Potenzials als Vorbild für technische Hochleistungswerkstoffe. Die gewonnenen Erkenntnisse werden dokumentiert, interpretiert und vorgestellt.
- Die Ausarbeitung der Berichte wird qualitativ bewertet. Entsprechend der Qualität der eingereichten Leistungen können Bonuspunkte vergeben werden, die auf die Prüfungsleistung angerechnet werden.
- Die maximal erreichbare Anzahl an Bonuspunkten beträgt 5% der in der Prüfungsleistung erreichbaren Gesamtpunktzahl.

Werkstoff- und Schadensanalytik			
Module abbreviation:	WstuSchad_M-WR	SPO-No.:	6
Curriculum:	Programme	Module type	Semester
	Hydrogen Technologies & Applications	Individual Electives	
Module attributes:	Language of instruction	Duration of module	Frequency of offer
	Deutsch	1 Semester	nur Wintersemester
Responsible for module:	Oberhauser, Simon		
Lecturers:	Oberhauser, Simon; Tetzlaff, Ulrich		
Credit points / SWS:	5 ECTS / 4 SWS		
Workload:	Contact hours	47 h	
	Self-study	78 h	
	Total	125 h	
Subjects of the module:	Werkstoff- und Schadensanalytik (WstuSchad_M-WR)		
Lecture types:	SU/Pr - Seminaristischer Unterricht/Praktikum		
Examinations:	LN - mündliche Prüfung, 15 Minuten (WstuSchad_M-WR)		
Special features of the examination performance:	Keine		
Recommended prerequisites:			
Keine			
Objectives:			
Nach dem Besuch des Moduls sind die Studierenden in der Lage, - geeignete werkstofftechnische, metallographische, analytische und fraktographische Untersuchungsmethoden anhand einer Aufgabenstellung oder Schadenshypothese auszuwählen, anzuwenden und ihre Aussagegrenzen zu beurteilen. - insbesondere Rasterelektronenmikroskopie und Röntgenbeugung hinsichtlich Messprinzip, Methodik und Einsatz zu verstehen und Ergebnisse daraus kritisch zu interpretieren und bewerten. - Schadensfälle metallischer Bauteile systematisch zu analysieren, Befunde aus Werkstoff, Konstruktion, Fertigung, Beanspruchung und Umgebung zu verknüpfen und daraus belastbare Ursachenketten abzuleiten. - Untersuchungsergebnisse kritisch auszuwerten, Alternativhypothesen und mögliche Analyseartefakte zu überprüfen sowie technische Schlussfolgerungen nachvollziehbar zu dokumentieren und in Schadensberichten darzustellen. - Instandhaltungs-, Reparatur- und Abhilfemaßnahmen hinsichtlich Sicherheit, Restlebensdauer, Ressourceneinsatz, Materialverlust, Ersatzteilbedarf und Wirtschaftlichkeit zu bewerten. - Erkenntnisse aus Schadensanalysen in Präventions-, Qualitäts-, Risiko- und Instandhaltungsmaßnahmen zu übertragen und dadurch Lebensdauererlängerung, Ausschussvermeidung, Wiederverwendung und ressourceneffiziente Werkstoffnutzung zu unterstützen.			
Content:			
Untersuchungsmethoden der Werkstoff- und Schadensanalytik: Metallographie, Legierungsanalyse, Fraktographie und ergänzende Prüfverfahren			

- Messprinzip, Methodik, Anwendung und Ergebnisinterpretation von Elektronenmikroskopie (REM) und Röntgenbeugungsanalyse (XRD)
- Probenahme, Präparation und Analyseplanung unter Berücksichtigung von Aussagegrenzen, Fehlerquellen und Nachweisgrenzen
- Systematische Vorgehensweise in der Schadensanalyse und Hypothesenbildung
- Schadensmechanismen metallischer Bauteile und Einflussgrößen aus Werkstoff, Konstruktion, Fertigung, Beanspruchung und Umgebung
- Bewertung von Befunden, Abgleich von Schadenshypothesen und Ableitung von Ursachenketten
- Instandhaltungsverfahren, Reparaturmaßnahmen, Restlebensdauer und Wiederverwendungsmöglichkeiten
- Ressourceneffizienz durch die Schadensanalytik: Lebensdauerverlängerung, Materialerhalt, Reparaturfähigkeit, Ausschuss- und Ersatzteilreduktion sowie Vermeidung von Wiederholschäden
- Abhilfemaßnahmen, Fehlervermeidung, Qualitätsmanagement und Risikomanagement
- Dokumentation, Schadensbericht, Präsentation und fachliche Diskussion von Zwischen- und Endergebnissen
- Gruppenarbeit, Projektplanung und Organisation praktischer Untersuchungen

Literature:

Verpflichtend:

- LANGE, Günther und Michael POHL, 2014. *Systematische Beurteilung technischer Schadensfälle*. Weinheim: Wiley-VCH. ISBN 978-3-527-32530-6, 3-527-32530-1
- LENG, Y., c2013. *Materials characterization: introduction to microscopic and spectroscopic methods*. Weinheim: J. Wiley. ISBN 978-3-527-33463-6, 978-3-527-67080-2

Empfohlen:

- SCHMITT-THOMAS, Karlheinz Günter, 2015. *Integrierte Schadenanalyse: Technikgestaltung und das System des Versagens* [online]. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. PDF e-Book. ISBN 978-3-662-46134-1. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/978-3-662-46134-1>.
- BROOKS, Charlie R., *Failure analysis of engineering materials*. ISBN 0-07-135758-0
- BIERMANN, Horst, *Moderne Methoden der Werkstoffprüfung*. [s.l.]: Weinheim: Wiley-VCH. ISBN 3-527-33413-0, 978-3-527-33413-1
- HEINE, Burkard. *Werkstoffprüfung: Ermittlung der Eigenschaften metallischer Werkstoffe; mit 363 Bildern und zahlreichen Tabellen* [online]. [s.l.]: Fachbuchverlag Leipzig im Carl Hanser Verlag. PDF e-Book. ISBN 978-3-446-44505-5. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.3139/9783446445055?locatt=mode:legacy>.
- BÜRCEL, Ralf, RICHARD, Hans Albert, RIEMER, Andre, 2014. *Werkstoffmechanik: Bauteile sicher beurteilen und Werkstoffe richtig einsetzen* [online]. Wiesbaden: Springer Vieweg. PDF e-Book. ISBN 978-3-658-03935-6. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/978-3-658-03935-6>.
- HORNBOGEN, Erhard und Birgit SKROTZKI, 2009. *Mikro- und Nanoskopie der Werkstoffe*. Berlin [u.a.]: Springer. ISBN 978-3-540-89945-7
- NEIDEL, Andreas, 2012. *Handbuch Metallschäden: REM-Atlas und Fallbeispiele zur Ursachenanalyse und Vermeidung*. München: Hanser. ISBN 978-3-446-42775-4, 3-446-42775-9
- BIERMANN, Horst, 2015. *Moderne Methoden der Werkstoffprüfung*. Weinheim: Wiley-VCH. ISBN 3-527-33413-0, 978-3-527-33413-1

Additional remarks:

Keine Anmerkungen

Werkstofftechnologie			
Module abbreviation:	Wtech_M-WR	SPO-No.:	6
Curriculum:	Programme	Module type	Semester
	Hydrogen Technologies & Applications	Individual Electives	
Module attributes:	Language of instruction	Duration of module	Frequency of offer
	Deutsch	1 Semester	nur Wintersemester
Responsible for module:	Kerschenlohr, Annegret		
Lecturers:	Kerschenlohr, Annegret		
Credit points / SWS:	5 ECTS / 4 SWS		
Workload:	Contact hours	47 h	
	Self-study	78 h	
	Total	125 h	
Subjects of the module:	Werkstofftechnologie (Wtech_M-WR)		
Lecture types:	SU/Ü - seminaristischer Unterricht/Übung		
Examinations:	LN - schriftliche Prüfung, 90 Minuten (Wtech_M-WR)		
Special features of the examination performance:	Keine		
Recommended prerequisites:			
Keine			
Objectives:			
Die Studierenden • leiten aus metallurgischen Vorgängen resultierende Bauteileigenschaften ab und evaluieren Möglichkeiten zu deren Optimierung. • bewerten die metallurgischen Zusammenhänge unterschiedlicher spanloser Fertigungsverfahren hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf den Prozess und die Bauteileigenschaften. • beurteilen Potenziale zur ressourcenschonenden Gestaltung von Fertigungsprozessen unter werkstofftechnischen und nachhaltigkeitsbezogenen Gesichtspunkten. • wählen für spezifische Fertigungsprozesse geeignete Legierungen aus und optimieren diese hinsichtlich ihrer verfahrens- und anwendungsrelevanten Eigenschaften. • übertragen und reflektieren die erworbenen Kenntnisse auf weitere Fertigungsverfahren und bewerten deren werkstofftechnische Besonderheiten.			
Content:			
• Analyse der Eigenschaften und Qualitätsmerkmale metallischer Schmelzen sowie deren Einfluss auf Erstarrung und Gefügeausbildung beim Formguss • Bewertung der Auswirkungen thermischer und kinetischer Prozessgrößen auf die Gefügeentwicklung metallischer Gusswerkstoffe • Analyse der Eigenschaften metallischer Pulver sowie deren Bedeutung für nachfolgende Verarbeitungsprozesse in der Pulvermetallurgie und additiven Fertigung • Untersuchung von Sinter- und Schmelzvorgängen sowie der damit verbundenen Gefügeausbildung unter Einfluss prozessspezifischer Parameter			

- Bewertung der Gefügeentwicklung und der resultierenden Bauteileigenschaften in der additiven Fertigung in Abhängigkeit zentraler Prozessgrößen
- Analyse der Verfahren der Einkristallherstellung sowie der resultierenden Kristalleigenschaften und deren Bedeutung für technische Anwendungen

Literature:

Verpflichtend:

- KÖNIG, Wilfried, KLOCKE, Fritz, 2018. *Fertigungsverfahren* [online]. PDF e-Book. ISBN 978-3-662-54728-1. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/978-3-662-54728-1>.

Empfohlen:

- CAMPBELL, John, 2003. *Castings: [the new metallurgy of cast metals]* [online]. Oxford u.a.: Butterworth Heinemann. PDF e-Book. ISBN 0-7506-4790-6, 978-0-7506-4790-8. Verfügbar unter: <http://www.sciencedirect.com/science/book/9780750647908>.
- SCHATT, Werner, 2007. *Pulvermetallurgie: Technologien und Werkstoffe*. Berlin [u.a.]: Springer. ISBN 3-540-23652-X, 978-3-540-23652-8

Additional remarks:

Bonussystem:

- Studierende erarbeiten ein Modell für den Formguss und stellen entsprechende Abgüsse her. Die Ergebnisse werden in wissenschaftlichen Berichten dokumentiert, analysiert, interpretiert und präsentiert.
- Studierende führen praktische Versuche zur Materialcharakterisierung durch. Die Ergebnisse werden ebenfalls in wissenschaftlichen Berichten dokumentiert, analysiert, interpretiert und präsentiert.
- Die Ausarbeitung der Berichte wird qualitativ bewertet. Entsprechend der Qualität der eingereichten Leistungen können Bonuspunkte vergeben werden, die auf die Prüfungsleistung angerechnet werden.
- Die maximal erreichbare Anzahl an Bonuspunkten beträgt 5 % der in der Prüfungsleistung erreichbaren Gesamtpunktzahl.

Knowledge Modeling and Machine Learning			
Module abbreviation:	AUF_WissMod	SPO-No.:	6
Curriculum:	Programme	Module type	Semester
	Hydrogen Technologies & Applications	Individual Electives	
Module attributes:	Language of instruction	Duration of module	Frequency of offer
	English	1 semester	only winter term
Responsible for module:	Botsch, Michael		
Lecturers:	Botsch, Michael		
Credit points / SWS:	5 ECTS / 4 SWS		
Workload:	Contact hours	47 h	
	Self-study	78 h	
	Total	125 h	
Subjects of the module:	Knowledge Modeling and Machine Learning (AUF_WissMod)		
Lecture types:	SU/Ü - lecture with integrated exercises		
Examinations:	LN - written exam, 90 minutes (AUF_WissMod)		
Special features of the examination performance:	None		
Recommended prerequisites:			
None			
Objectives:			
Upon successful completion of the course, students will be able to, • understand and apply the mathematical foundations of statistical signal processing for knowledge modeling and machine learning. • mathematically describe, implement, and apply classical methods for classification and regression models. • mathematically describe, implement and apply advanced machine learning methods for classification and regression models. • understand generative machine learning models. • use machine learning methods in automated driving applications.			
Content:			
• Fundamentals of statistical signal processing (random variables, maximum likelihood and maximum a posteriori parameter estimation, kernel density estimators, bias-variance decomposition, model selection procedures) • Bayes classifier and Bayes regression • Linear classification and regression models (derivation, implementation, applications) • Classification by means of "softmax", k-NN, Nadaraya-Watson regression function (derivation, implementation, applications) • Gradient descent method and automatic differentiation in reverse mode (backpropagation) • Multi-layer perceptron neural networks (derivation, implementation, applications) • Deep Convolutional Neural Networks (derivation, implementation, applications)			

- Expectation Maximization and Gaussian Mixture Models (derivation, implementation, applications)
- Sequence Processing, Recurrent Neural Networks, and Transformers (derivation, implementation, applications)
- Autoencoder
- Generative Adversarial Neural Networks
- Applications in the field of automated driving

Literature:

Compulsory:

None

Recommended:

- BOTSCH, Michael, UTSCHICK, Wolfgang, 2020. *Fahrzeugsicherheit und automatisiertes Fahren: Methoden der Signalverarbeitung und des maschinellen Lernens* [online]. München: Hanser. PDF e-Book. ISBN 978-3-446-46804-7. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.3139/9783446468047>.
- GOODFELLOW, Ian und andere, 2018. *Deep Learning: das umfassende Handbuch: Grundlagen, aktuelle Verfahren und Algorithmen, neue Forschungsansätze*. Frechen: mitp. ISBN 978-3-95845-701-0
- BISHOP, Christopher M., 2009. *Pattern recognition and machine learning*. New York [u.a.]: Springer. ISBN 0-387-31073-8, 978-1-4939-3843-8
- BISHOP, Christopher M., BISHOP, Hugh, 2024. *Deep Learning: Foundations and Concepts* [online]. Cham: Springer International Publishing. PDF e-Book. ISBN 978-3-031-45468-4. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/978-3-031-45468-4>.

Additional remarks:

None