

Module Handbook

Master of Science (M. Sc.)

Embedded Systems Engineering

Subject-specific Examination Regulations 2021

Department of Microsystems Engineering (IMTEK)

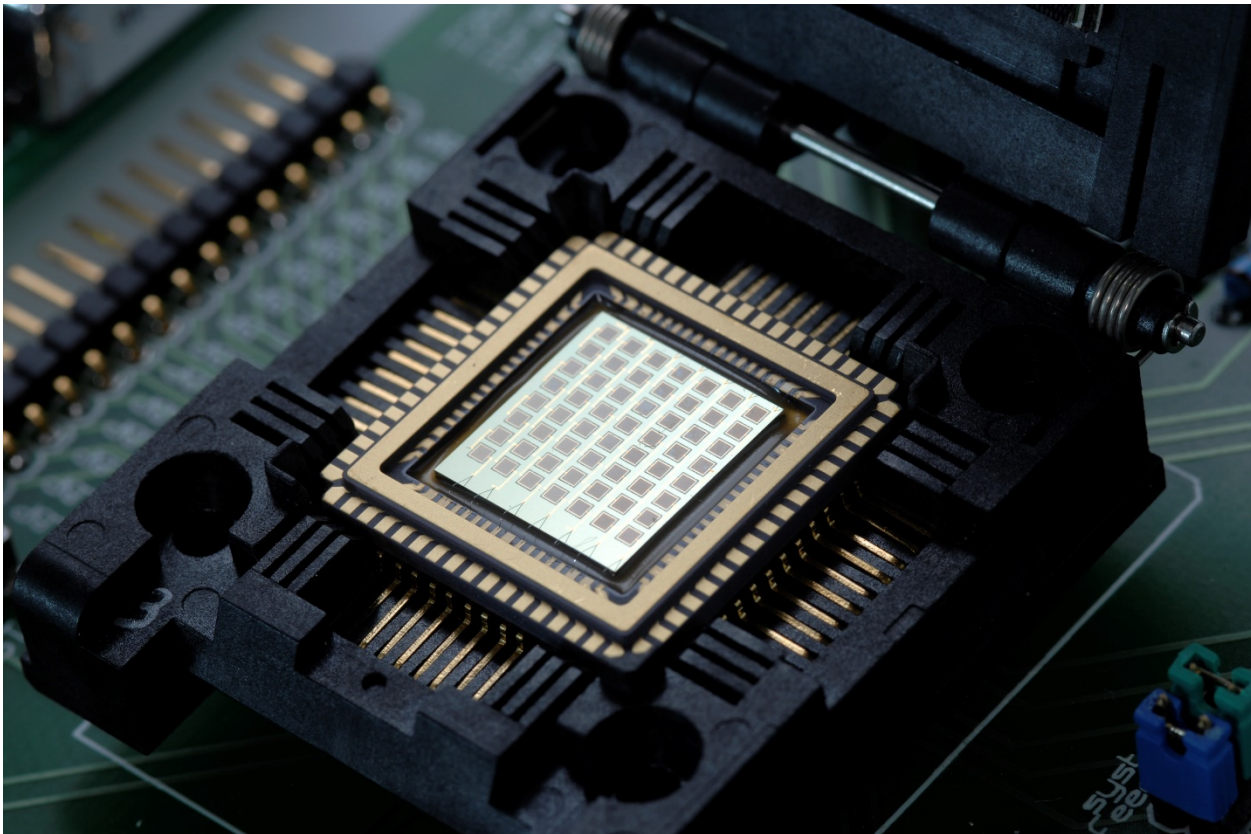
Department of Computer Science (IIF)

Faculty of Engineering, University of Freiburg

29th of April 2021



**UNI
FREIBURG**



Content

The Master's program in ESE.....	3
Overview.....	3
Department / IMTEK.....	5
Department of Computer Science / IIF.....	6
Profile and Qualification Goals	7
Technical qualification goals.....	7
General qualification goals	8
Peculiarities (international cooperation, studying abroad, internships).....	8
Examination Regulations and Module Handbook.....	9
Teaching and Learning Methods	10
Assessment Types	10
Framework.....	11
Profile of the program and general program structure.....	11
Detailed look: Areas and modules in the Master program ESE	13
Spezialization	15
Example for a study plan	17
Study organization.....	18
Examination Registration.....	18
Repetition of Examinations.....	18
Module Descriptions	19

The Master's program in ESE

Overview

University	University of Freiburg (Albert-Ludwigs-Universität Freiburg)
Faculty	Faculty of Engineering
Institute(s)	Department of Microsystems Engineering / Institut für Mikrosystemtechnik, IMTEK Department of Computer Science / Institut für Informatik, IIF
Subject	Embedded Systems Engineering (ESE)
Degree	Master of Science (M.Sc.)
Duration	4 semesters / 2 years, standard duration of studies
Type/Format	Consecutive, full-time studies on campus
ECTS	120 ECTS credits
Language(s)	English (no German skills necessary; however, some elective modules are offered in German)
Profile	<p>The Master of Science program ESE is research-oriented and consecutive. It is designed for highly qualified national and international graduate students holding a bachelor's degree in engineering or science. The English-taught master's program provides in-depth knowledge on design, development, fabrication and application of embedded systems. In detail, it provides knowledge about the design of microelectronic, micro-mechanic and software-based components as well as their integration into complete systems. Engineering optimization targets will be functionality, speed, costs, energy efficiency and reliability. According to their individual study profile, students will gain and deepen special knowledge in these areas. Furthermore, one of the concentration areas Artificial Intelligence, Cyber-Physical Systems, Circuits and Systems, Materials and Fabrication, Biomedical Engineering or Photonics can be chosen as a specialization. Students have the choice between a broader, cross-sectional training on computer science and microsystems engineering or a specialisation on one of the fields described above that is documented in the diploma documents.</p>
Educational Goals/ Professional Prospects	<p>M.Sc. ESE students will have the opportunity to</p> <ul style="list-style-type: none"> • be involved in state-of-the-art research with internationally renowned professors, • benefit from state-of-the-art equipment on a modern campus and pioneering laboratories at partner institutes, • benefit from a European campus (www.eucor-uni.org), • live in one of Germany's most appealing and green cities. <p>Successful students will be enabled to explore, design and apply technical solutions for combined software-hardware based systems during their subsequent employment as engineers. The accomplishment of the Master's degree qualifies for an academic</p>

	career in research and development as well as for an occupation as an engineer or a software developer in industry, in scientific or research organizations or in a state authority.
Admission Requirements	<ul style="list-style-type: none">• A bachelor's degree in engineering or in computer science with a total of 180 ECTS and a duration of at least 3 years• An average grade of 2.9 or better on the German grading scale• Advanced English language skills at the level of C1 on the Common European Framework of Reference for Languages (CEFR) or German C1 plus English B2
Intake	Winter and summer semester
Homepage	https://www.tf.uni-freiburg.de/en/study-programs/embedded-systems-engineering/m-sc-embedded-systems-engineering

Department / IMTEK

The Department of Microsystems Engineering IMTEK was founded in 1995. Presently, it has 21 professors, over 370 research, teaching, and technical staff, and 800 microsystems engineering students. Today we are one of the world's largest academic institutions in our field, and this is reflected in IMTEK's uniquely broad scope of research and courses. The main research focus areas are: Energy Autonomous Microsystems, Smart Systems Integration, Lab-on-a-Chip and Medical MEMS. With our scientific work we help to make life healthier, safer, more comfortable and versatile, and, not least, easier. We turn research ideas into reality by laying the foundations for better and more intelligent products based on micro- and nanotechnologies. We train young scientists to be microsystems engineers by teaching them how to pass on this visionary spirit and to make vision reality. IMTEK's output can be measured by the numbers of high quality scientific publications, patents, innovative products, and successful start-ups coming from IMTEK. The research publications were cited 6607 times in 2018. This means that more than five scientific publications published worldwide every day refer to an IMTEK research publication.

Chairs at IMTEK

21 professors form IMTEK's backbone. Organised autonomously, they cover the whole variety of Micro-Technology. In alphabetical order, they are:

Buse, Karsten	Optical Systems
Dehé, Alfons	Georg H. Endress Chair for Smart Systems Integration
Diehl, Moritz	Systems Control and Optimization
Eberl, Christoph	Micro and Materials Mechanics
Egert, Ulrich	Biomicrotechnology
Manoli, Yiannos/Dr. Matthias Keller	Microelectronics
Pastewka, Lars	Simulation
Paul, Oliver	Microsystem Materials
Rapp, Bastian	Process Technology
Rohrbach, Alexander	Bio- and Nanophotonics
Rupitsch, Stefan	Electrical Instrumentation and Embedded Systems
Rühe, Jürgen	Chemistry and Physics of Interfaces
Stieglitz, Thomas	Biomedical Microtechnology
Urban, Gerald	Sensors
Wallrabe, Ulrike	Microactuators
Wilde, Jürgen	Assembly and Packaging Technology
Wöllenstein, Jürgen	Thin-film Gas Sensors
Woiass, Peter	Design of Microsystems
Zacharias, Margit	Nanotechnology
Zappe, Hans	Gisela and Erwin Sick Chair of Micro-optics
Zengerle, Roland	MEMS Applications
Adjunct Professors	In German: Außerplanmäßiger Professor
apl. Prof. Dr. Hanemann, Thomas	Materials Processing
apl. Prof. Dr. von Stetten, Felix	Hahn-Schickard Institute of Mikroanalysis Systems
Junior Research Group Leaders	
Asplund, Maria	BrainLinks-BrainTools Junior Research Group Leader
Lienkamp, Karen	Emmy Noether Junior Research Group Lead
Osorio, Anayancy	Margarete von Wrangell Junior Research Group Leader
Vierrath, Severin	Research Junior Group Leader

Department of Computer Science / IIF

The technological developments of the past 20 years have changed our daily lives. Smartphones, navigation devices, search engines or data streaming have become indispensable in our everyday lives. Self-directed robots, autonomous vehicles, computers that learn to understand images or mind-controlled prostheses are our future. At the Department of Computer Science (IIF) in Freiburg we are designing the future. And for students that means we teach the practical and theoretical skills anyone would need to work on these and other innovations. The IIF currently has 23 professors and junior research groups, over 150 research staff and about 900 computer science students. The two main research foci, aside from theoretical and applied algorithms, networks and distributed systems, data management and communication as well as bioinformatics, are

- **Artificial Intelligence** e.g. robotics and autonomous intelligent systems, artificial intelligence and machine learning, computer vision and graphics
- **Cyber-Physical Systems** e.g. verification and analysis of hardware and software systems, software development and programming languages, embedded systems

Chairs at IIF

20 professors form IIFs backbone. They cover a big variety of research topics with a special focus on Artificial Intelligence. Sorted alphabetically, they are

Backofen, Rolf	Bioinformatics
Bast, Hannah	Algorithms and Data Structures
Boedecker, Joschka (Assistant Professor)	Neurorobotics
Brox, Thomas	Computer Vision and Image Processing
Burgard, Wolfram	Autonomous Intelligent Systems
Grabocka, Josif (Assistant Professor)	Representation Learning
Hutter, Frank	Machine Learning
Kaiser Trujillo, Anelis	Gender Studies in STEM
Kuhn, Fabian	Algorithms and Complexity
Nebel, Bernhard	Foundations of AI
Podelski, Andreas	Software Engineering
Schneider, Gerhard	Communication Systems
Schindelhauer, Christian	Networks and Telematics
Scholl, Christoph	Operating Systems
Teschner, Matthias	Graphics Data Processing
Thiemann, Peter	Programming Languages
Valada, Abhinav (Assistant Professor)	Robot Learning
Currently in appointment process:	
n.n. (Armin Biere)	Computer Architecture
n.n.	Embedded Systems
n.n.	Data Engineering and Data Analysis
Adjunct Professor (Außerplanmäßiger Professor):	
Image Analysis	apl. Prof. Dr. Olaf Ronneberger (Assistant Professor)
	apl. Prof. Dr. Cai-Nic
Cognitive Computation	apl. Prof. Dr. Marco Ragni, DFG-Heisenberg-group

Profile and Qualification Goals

The Master program in Embedded Systems Engineering is research oriented and consecutive. In the Embedded Systems Engineering Master program it is the overall educational goal to bring graduate students to a post-graduate level where they can perform engineering tasks and develop software and hardware systems on a high scientific level. To that purpose they will gain expertise in subject areas that will be described in the further chapters. On the path from an idea to a product the required professional skills will enable first for problem definition and then for subsequent solutions finding and evaluation, be it in the physical world or in IT. While the development of micro-devices and hardware systems will require methods of design, construction and simulation in mechanical, electrical, materials and physical domains, the approach to IT developments and data analysis will require firm foundations in algorithm design, software engineering and other computer science skills. Also, characterization and testing is important in order to optimize on all levels of systems' architecture.

On this basis, ESE master graduates will be capable of using engineering techniques as well as practical and methodological computer science approaches, and use them effectively and efficiently on the way from research to the market. Besides technical expertise graduates also need non-technical skills like the ability to work in a team, social competence, creativity and openness to new ideas, communication skills. The program also promotes entrepreneurial thinking and the ability to motivate oneself.

The applications of embedded systems are manifold:

In medicine there are trends towards, minimally-invasive surgery, advanced diagnostics or intelligent prostheses. Modern communications systems rely on optics or on radio frequencies like mobile phones. Networks and sensors become more and more ubiquitous for consumers. The same holds for industrial applications, process management and instrumentation. In automobiles modern by-wire controls, safety features or even autonomous functions are based on optical microsystems and micro-sensors. It appears impossible to provide the deepest knowledge in all related fields. Therefore, the program was designed in a way that engineers from related fields will be elevated to a postgraduate level on a standard knowledge platform of Embedded Systems Engineering. Starting from this basis a specialization in the mentioned fields will be possible.

Technical qualification goals

Students

- are able to analyse technical questions and to develop, design, test, optimize and manufacture embedded (micro-)systems
- acquire an overview of the most important methods, models, processes and technologies for realizing embedded systems; they are able to select, apply and combine the processes and methods that are suitable for a given problem
- can analyse and develop software and program code for embedded systems on different levels
- are able to assess the safety, security and efficiency features required for embedded systems
- learn strategies for identifying and evaluating new applications of embedded systems
- are able to prepare, plan, carry out and document experiments independently
- have an applicable overview of the most common design, fabrication and test techniques used in practice as well as their extensions and new methods

- are proficient in using the usual IT tools, like programming, software development, system design, optimization procedures, testing etc.
- acquire in-depth knowledge in a special field of embedded system engineering in the area of concentration or specialization they have chosen
- know how to address technical problems that require knowledge beyond the learning content of their studies

General qualification goals

Students

- have general, interdisciplinary problem-solving skills
- can work on a given technical question largely independently and document the result in a scientific paper
- are able to team up in project groups, which can be made up of students from different master's courses in the specialization modules, to promote social and intercultural competences
- are able to draw up a laboratory diary, write scientific reports, give a scientific lecture and create a scientific poster
- can assess themselves and their performance to the point, that they are capable of planning and implementing a wide variety of projects
- have the ability to work in a team and can take responsibility for themselves and others

Peculiarities (international cooperation, studying abroad, internships)

In addition to the ERASMUS-Partnerships of the University, the Department of Microsystems Engineering has concluded a cooperation contracts with the following international Universities and institutes:

- ESIEE – Ecole Supérieure d'Ingénieurs en Electronique et Electrotechnique, Noisy-le-Grand, Frankreich
- Technical University of Denmark (DTU), Lyngby, Dänemark
- College of Engineering, University of Michigan, USA
- Tohoku University, Graduate School of Engineering, Sendai, Japan
- University of Tokyo, Graduate School of Engineering, Tokyo, Japan
- Ritsumeikan University, Kusatsu, Japan
- Kyoto University, Graduate School of Engineering, Kyoto, Japan

Within this framework, Students have the opportunity to complete foreign semesters, in most cases without additional tuition fees. Students who would like to broaden their cultural horizons by spending a semester abroad will find information and support from various offices, such as the University's International Office and the Faculty's Erasmus coordinator for planning and coordination, and from the student advisor for useful adjustments to the individual personal study plan.

There is no mandatory internship requested. We have observed, that international students select to have elective internships in industry or to perform the work of their Master Thesis there. Most find such positions on their own initiative. Some seek professors' advice in order to get contacts and to improve their applications.

Examination Regulations and Module Handbook

The content and organization of studies are defined by the respective **Subject-Specific Examination Regulations** (*Prüfungsordnung*, PO) for each program and the **General Examination Regulations** (*Rahmenprüfungsordnung*). The latter provide the overarching regulatory framework of a certain degree, in our case all Master of Science programs at the University of Freiburg. One can find a German and English version on the [program's website](#). The German version is the official version. The in-official English version is legally non-binding and is just a courtesy translation.

This Module Handbook has been compiled according to the **Subject-Specific Examination Regulations: 2021** for the Master of Science *Embedded Systems Engineering*. These regulations define all formal and legal aspects of this specific study program. In case of the M.Sc. ESE examination regulations of 2021, the course structure is quite versatile and the exam regulations only provide the framework, which students fill with individually chosen lectures, seminars and other courses. There are 4 compulsory areas where students are expected to complete courses with at least 18 credits in each are: 2 areas cover essential courses for the topic of Embedded Systems divided in Computer Science respectively Microsystems Engineering; 2 more areas contain specialization and concentration courses in both the Elective area of Computer Science as well as MSE concentration areas. The remaining ECTS credit points can be divided up as the students wish, by either adding more courses in one of the 4 areas mentioned above or either completing some courses in the Customized Course Selection area. The final module is the Master's Thesis.

Students will be able to compile their own personal skill profile by either selecting a wide range of different courses to broaden their expertise. Or they can choose to focus on a specialization in either one of the Computer Science areas (Artificial Intelligence or Cyber-Physical Systems) or one of the MSE concentrations (Circuits and Systems, Materials and Fabrication, Biomedical Engineering and Photonics).

Detailed descriptions of the modules can be found at the end of this document, with an extra Appendix for the Concentration areas in Microsystems Engineering, as those are used in more than one study program and are, therefore, represented separately. The subsequent pages will provide detailed information about all areas and how to achieve the M.Sc. ESE degree. A **module** is a self-contained unit within a scientific topic or an area that is defined by specific learning goals. Modules may consist of one or more courses. A course is the smallest unit described in this Module Handbook. There are different types of courses including lectures (Vorlesung), exercises (Übung), laboratory/practical courses (Praktikum, Praktische Übung) and seminars. This Module Handbook describes the modules that constitute the curriculum of the ESE program. Individual module descriptions comprise elements such as title of the module, qualification goals, recommended requirements, course content, name of the offering institution & professor, type of assessment, and how many ECTS credits according to the *European Credit Transfer and Accumulation System* (ECTS) will be awarded to the student when completing the module successfully. These credits define the associated workload. For a representative student, one credit is equivalent to a workload of 30 hours. The recommended number of ECTS credits to be completed per term is 30. In this way, the ECTS credits define the weighting of a module within the entire master's program and its impact on the final overall grade, similar to the Grade Point Average, GPA.

Students of the master's program ESE have to complete 120 ECTS credits in total in order to earn their degree. This usually requires two years, organized in four terms (semester). The

entire Faculty of Engineering has installed a uniform ECTS system. This means that a module or course has quantum size of 3, 6 or 12 ECTS credits. As it is possible to select elective modules from other master programs, this standardization makes intra-faculty studies that utilize the complete faculty much easier. Most of the courses offered for the ESE program by IMTEK and IIF are also open for other Master degree programs in one capacity or another. The associated study programs can be found in **HISinOne**, the university's Campus Management System.

Teaching and Learning Methods

Lectures and the corresponding exercises make up the largest part of the modules and courses within the master's program of Embedded Systems Engineering.

Most modules offered within the four "compulsory elective" areas with required 18 ECTS credits each in Computer Science and Microsystems Engineering consist of a lecture and an exercise. Same goes for the Concentration Areas *Circuits and Systems*, *Materials and Fabrication*, *Biomedical Engineering and Photonics* as well as the Specialization Courses in Computer Science. These modules are open to all M.Sc. MSE respectively Computer Science students, and mostly to other study programs, thus reaching a participant numbers of up to 100 students or even more.

Within the *elective modules/courses* offered in the Microsystems Concentrations and Computer Science as well as in the *Customized Course Selection*, the knowledge transfer is carried out additionally in **seminars, practical exercises, laboratory courses** or even a **study project**. These modules are typically more interactive due to the smaller group sizes. For seminars and laboratory courses, the numbers of students are typically between 10 and 25, with practical exercises it can be around 25 to 30. The study project is very similar to the Thesis, in regards to the expected skills and knowledge as well as technical and organizational aspects, as students work supervised, but independently on a current research topic in one of the workgroups.

Within the scope of the **Master's Thesis**, students can select an individual research topic defined by themselves or the supervising professor from the Faculty of Engineering. After the goal of an assigned topic has been agreed upon, the student will work independently. Guided by the principal supervising professor, and in most cases by an additional academic supervisor they learn to solve scientific questions within a given timeframe, on the basis of capabilities acquired in the ESE program. The role of the 2nd official supervisor is mostly to consult and to perform a redundant evaluation of the master's thesis. If the student wishes, she/he can perform an external master thesis when certain conditions of supervision and quality control are met. Here external refers to a hosting organisation outside the Faculty of Engineering or even outside the university.

Assessment Types

Generally speaking, students can complete a module/course in two ways: with a **Prüfungsleistung** (PL) or a so-called **Studienleistung** (SL). Whether a course completes with a PL or SL is defined in the Subject-Specific Examination Regulations. It is further outlined in the framework and in the module descriptions on the subsequent pages.

A Prüfungsleistung (PL) is a **graded assessment**. So its grade(s) will count in the final overall grade. According to the §14 of the General Examination Regulations of the University of Freiburg, written Prüfungsleistungen are written supervised exams (Klausuren), open book exams or written reports (schriftliche Ausarbeitungen). Mündliche Prüfungsleistungen are oral exams (Prüfungsgespräche) or oral presentations. Praktische Prüfungsleistungen can consist

of conducting and reporting experiments as well as of developing software programs or demonstrators. The duration of the written and oral assessments as well as the length of reports (e.g. number of pages) are usually defined in the module descriptions. Details are also provided by the lecturers in the respective courses in a timely manner. In general, a written PL can have a minimum duration of 60 minutes and a maximum of 240 minutes. An oral PL can have a duration between a minimum of 10 minutes and a maximum of 45 minutes.

A Studienleistung (SL) can be either **coursework** (part of a module that has to be carried out in addition to the exam/PL) or it is a **pass/fail assessment** (when there is no graded assessment to complete the module) and must only be passed with a maximum grade of 4.0 on the German grading scale. These assessments do not count into the final overall grade, even if they are graded. §13 of the General Examination Regulations defines that “Studienleistungen are individual written, oral or practical assessments which need to be completed by students in conjunction with the module/course”. They can take the form of active participation (85 % to 100 % mandatory attendance), completion of exercises or project work, written reports (e.g. protocols, posters), written exams, oral exams, oral presentations, conducting experiments, development of software programs or demonstrators.

Summary of assessments

- In addition to registering for a module, a student needs to register for every exam she/he wants to take.
- If failed, one can repeat every exam once. Two exams can be repeated twice.
- If one fails an exam, the student will automatically be registered for the retake in the following semester.
- One can only withdraw from an exam if one is ill or if there is an emergency in the family.
- Missing an registered exam without a valid excuse leads to failing the exam.

Framework

Profile of the program and general program structure

The Master program in Embedded Systems Engineering is research oriented and consecutive. The program addresses international graduates from bachelor programs in computer science and in engineering, especially in electrical engineering, electronics, mechatronics and information technology. The program provides in-depth knowledge on design, development, fabrication and application of embedded systems. In detail, it provides knowledge about the design of microelectronic, micro-mechanic and software-based components as well as their integration into complete systems. Engineering optimization targets will be functionality, speed, costs, energy efficiency and reliability. According to their individual study profile, students will gain and deepen special knowledge in these areas. Furthermore, one of the concentration areas Artificial Intelligence, Cyber-Physical Systems, Circuits and Systems, Materials and Fabrication, Biomedical Engineering or Photonics can be chosen as a specialization. Students have the choice between a broader, cross-sectional training on computer science and microsystems engineering or a specialisation on one of the fields described above that is documented in the diploma documents. Successful students will be able to explore, design and apply combined hardware-software-based technical solutions during their subsequent employment as engineers. The accomplishment of the respective Master’s degree qualifies for an academic career, a position in research and development as well as an engineering or scientific occupation in industry, in research organizations or in a state authority.

The Master of Science program in Embedded Systems Engineering can be started both in the summer term and the winter term. Courses and exams of the Master program Microsystems Engineering generally will be taught in English. Several of the elective modules and courses as well as the corresponding exams can be performed partly or completely in German language.

The Master of Science program in Embedded Systems Engineering encompasses 120 ECTS credits and cover mainly into two fields: Computer Science and Microsystems Engineering. The Master Thesis encompasses 30 ECTS credit points. The remaining 90 ECTS credits are structured in 5 parts with a scope of 18 ECTS credits each. Four of these parts are compulsory:

- Essential Lectures in Computer Science
- Advanced Microsystems Engineering
- Elective Courses in Computer Science
- Microsystems Engineering Concentration Areas

Students are expected to choose modules/courses inside each of these areas with a scope of 18 credits.

The last part (with also 18 ECTS credits) is elective and students can choose modules/course

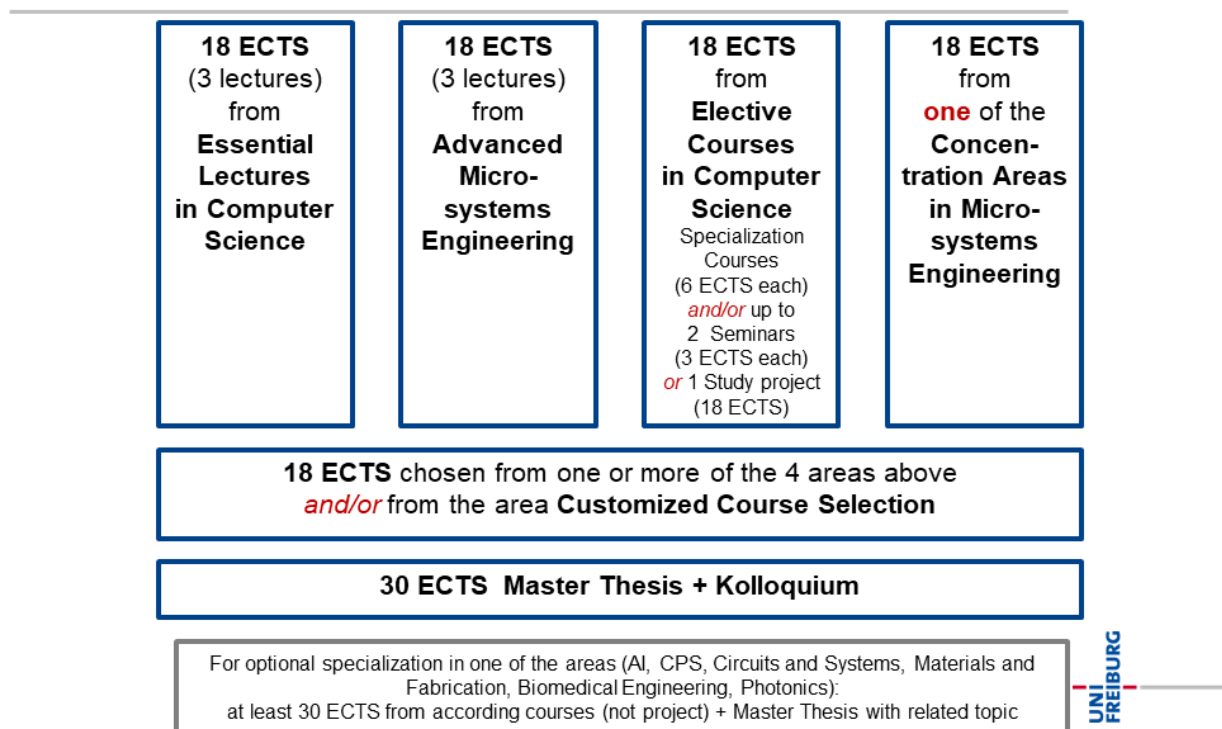
- either in one or more of the four areas mentioned above
- by completing courses from the facultative area of Customized Course Selection

When certain conditions have been met, a **specialization** can be certified in the diploma.

The following figure outlines the program structure in a compact overview:



Structure of the MSc ESE program



The areas, modules and associated courses are listed and described in detail in the actual module handbook attached to this document. In the following section, an overview of the

individual areas and the specialization option is provided.

Detailed look: Areas and modules in the Master program ESE

Area of **Essential Lectures in Computer Science** (with at least 18 ECTS credits to an optional maximum of 36 ECTS credits):

Here students have to choose 3 from the 9 lectures from Computer Science shown in the following table. These courses cover essential topics that are relevant for students aiming to work in the field of embedded systems. Some of the knowledge base laid in these courses might have been part of the under graduate studies of the individual students, so the students are expected to choose courses that complement their already existing fundamental proficiencies. Students who want to take more than three modules in this area can achieve this by using some or all of the 18 ECTS credits from the elective area here.

The modules are all lectures with exercises, that finish with a graded assessment (PL), which in these cases always is a written exam. All the modules have a size of 6 ECTS credits and usually also require some kind of coursework (SL).

Module	Type	SWS	ECTS- Credits	Semester	Assessment type
Algorithm Theory	V + Ü	4	6	1 or 3	SL PL: written exam
Cyber-Physical Systems – Discrete Models	V + Ü	4	6	1 or 3	SL PL: written exam
Databases and Information Systems	V + Ü	4	6	1 or 3	SL PL: written exam
Introduction to Embedded Systems	V + Ü	4	6	1 or 3	SL PL: written exam
Machine Learning	V + Ü	4	6	1 or 3	SL PL: written exam
Computer Architecture	V + Ü	4	6	2	SL PL: written exam
Foundations of Artificial Intelligence	V + Ü	4	6	2	SL PL: written exam
Image Processing and Computer Graphics	V + Ü	4	6	2	SL PL: written exam
Software Engineering	V + Ü	4	6	2	SL PL: written exam

Abbreviations:

PL=*Prüfungsleistung*/graded assessment; SL=*Studienleistung*/coursework or pass/fail assessment;
 V=*Vorlesung*/lecture; Ü=*Übung*/exercise; S=*Seminar*/seminar; Pr=*Praktikum*/practical exercise;
 SWS=*Semesterwochenstunden*/hours per week per semester; Semester=start in winter semester assumed

Area of **Advanced Microsystems Engineering** (with at least 18 ECTS credits to an optional maximum of 36 ECTS credits):

Students have to choose 3 from the 8 lectures from Microsystems Engineering shown in the following table. The knowledge gained in these courses is fundamental for engineers working in the field of embedded systems. Again, students can choose to take more than the required 3 modules here by using some or all of the 18 ECTS credits from the elective area. All 8 modules have an equivalent of 6 ECTS credits and are finalized with a written exam (graded assessment (PL)). Depending on the course concept, additional coursework can be required.

Module	Type	SWS	ECTS-Credits	Semester	Assessment type
Assembly and Packaging Technology	V + Ü	4	6	1, 2 or 3	PL: written exam
Micro-electronics	V + Ü	4	6	1 or 3	PL: written exam
Micro-mechanics	V + Ü	4	6	1 or 3	PL: written exam
Micro-optics	V + Ü	4	6	1 or 3	SL PL: written exam
Modelling and System Identification	V + Ü	4	6	1 or 3	SL PL: written exam
MST Technologies and Processes	V + Ü	4	6	1 or 3	SL PL: written exam
Sensors	V + Pr	4	6	1 or 3	SL PL: written exam
Signal Processing	V + Ü	4	6	2	PL: written exam

Abbreviations:

PL=*Prüfungsleistung*/graded assessment; SL=*Studienleistung*/coursework or pass/fail assessment; V=*Vorlesung*/lecture; Ü=*Übung*/exercise; S=*Seminar*/seminar; Pr=*Praktikum*/practical exercise; SWS=*Semesterwochenstunden*/hours per week per semester; Semester=start in winter semester assumed

Elective area in Computer Science (with at least 18 ECTS credits to an optional maximum of 36 ECTS credits):

In addition to the Essential Lectures in Computer Science students have to complete courses with a scope of at least 18 ECTS credits by taking appropriate Specialization Courses in Computer Science. The **Specialization Courses** in Computer Science are principally offered either as lectures with exercise, lectures with a seminar or as lectures with an exercise and seminar. According to the individual concepts of the Specialization Courses in Computer Science it is possible that additional coursework will be requested. A graded assessment of a Specialization Course in Computer Science is either represented by a written exam or by an oral exam.

Alternative to the Specialization Courses up to two seminars can be completed as part of the Elective Courses in Computer Science. **Seminars** are awarded with 3 ECTS credits. They comprise graded assessments and will be finalised with an oral presentation. In seminars,

active participation is required as coursework, which implies mandatory attendance.

Or students can opt to take a **Study project** in this elective area in Computer Science, which is awarded with 18 ECTS credits after some coursework and a graded assessment have been completed successfully. Depending on the project's topic, the graded assessment can be a written report, the development of software or the creation of a hardware demonstrator.

This big variety of both lectures covering many different topics in Computer Science as well as different course types to choose from provides the opportunity to sharpen one's personal field of expertise in various ways.

Microsystems Engineering Concentrations area (with at least 18 ECTS credits to an optional maximum of 36 ECTS credits):

Here, students have to choose courses with a scope of at least 18 ECTS credits in one of the four Concentration areas offered in Microsystems Engineering:

- **Circuits and Systems**
- **Materials and Fabrication**
- **Biomedical Engineering**
- **Photonics**

The modules can be selected from the teaching portfolio of the Department of Microsystems Engineering as published in the module handbook especially representing the Concentrations areas. The courses comprise lectures, (practical) exercises and lab courses as well as individual project work and bring either 3 or 6 ECTS credits each. A student selects one of the four Concentration Areas and finishes modules of his own choice from the course portfolio provided in that concentration. The kind of graded assessments (usually written or oral exams) and potential additional coursework depends on the chosen courses.

Customized Course Selection (optional, with a maximum of 18 ECTS credits):

Instead of doing more than the required minimum of 18 ECTS credits in one or more of the four compulsory areas, and covering the 18 ECTS credits from the elective area like this, the students can also choose to acquire up to 18 ECTS credits by doing courses in the area of Customized Course Selection. For the Customized Course Selection, modules from the portfolio of the Master programs in Computer Science or Microsystems Engineering, that are not part of the Master ESE curriculum can be chosen, if they are offered as pass/fail courses, like the lab courses in the Master of Computer Science, for instance. Students can attend one language course offered by the Faculty of Philology and the Faculty of Humanities (chosen from the courses provided for students from all faculties). Also, modules or courses from the portfolio of selected other subjects offered at the University of Freiburg can be taken. The responsible body of the Faculty of Engineering (usually the dean of academic affairs together with the program coordinator) will consult about the suitability of courses from other subjects with the offering unit of the university and decide on their clearance. In all the modules from the Customized Course Selection only pass/fail assessments will be requested.

Spezialization

While doing there Master studies in Embedded Systems Engineering, students can opt to specialize in one of six areas:

- Artificial Intelligence (from CS)
- Cyber-Physical Systems (from CS)
- Circuits and Systems (from MSE)
- Materials and Fabrication (from MSE)

- Biomedical Engineering (from MSE)
- Photonics (from MSE)

If one of these six areas has been selected as the specialization for the diploma, modules with a total of at least 30 ECTS credits must be completed in that area, and also the master thesis must have been assigned to the respective field. The degree awarded will be “Master of Science in Embedded Engineering, Specialization in...” accordingly completed with the respective area (Artificial Intelligence, Cyber-Physical Systems, Circuits and Systems, Materials and Fabrication, Biomedical Engineering or Photonics).

The affiliation of a course with one of the specialization areas is mentioned in the detailed module descriptions. As the MSE specialization areas correspond to the respective Concentrations areas, the association is obvious. For the specialization areas in Computer Science (AI and CPS), an overview of the lectures and courses that are assigned to the respective area is shown in the following table:

Lectures belonging to the specialization area Cyber-Physical Systems	Lectures belonging to the specialization area Artificial Intelligence
Advanced Lectures	Advanced Lectures
<ul style="list-style-type: none"> • Rechnerarchitektur / Computer Architecture • Softwaretechnik / Software Engineering 	<ul style="list-style-type: none"> • Image Processing and Computer Graphics • Foundations of Artificial Intelligence • Machine Learning
Specialization Courses	Specialization Courses
<ul style="list-style-type: none"> • Advanced Algorithms • Automated Machine Learning • Blockchain and Cryptocurrencies • Cyber-Physikalische Systeme - Diskrete Modelle / Cyber-Physical Systems – Discrete Models • Cyber-Physical Systems – Program Verification • Einführung in Embedded Systems / Introduction to Embedded Systems • Formale Methoden für Java / Formal Methods for Java • Funktionale Programmierung / Functional Programming • Hardware Security and Trust • Quantitative Verifikation / Quantitative Verification • Modellbildung und Systemidentifikation / Modelling and System Identification • Numerical Optimization • Numerical Optimal Control in Science and Engineering • State Space Control Systems • Test und Zuverlässigkeit / Test and Reliability • Verteilte Systeme / Distributed Systems 	<ul style="list-style-type: none"> • Advanced Computer Graphics • Artificial Intelligence Planning • Automated Machine Learning • Bioinformatics I • Bioinformatics II • Computer Vision • Dynamische Epistemische Logik / Dynamic Epistemic Logic • Einführung in die Multiagentensysteme / Introduction to Multiagent Systems • Information Retrieval • Introduction to data driven life sciences • Introduction to Mobile Robotics • Kompetitives Programmieren • Prinzipien der Wissensrepräsentation / Knowledge Representation • Reinforcement Learning • Robot Mapping • Simulation in Computer Graphics • Social Robotics • Spieltheorie / Game Theory • Statistical Pattern Recognition

Example for a study plan

Since all of the modules in this program are compulsory elective modules with a large selection of courses to choose from, presenting a study schedule is only useful to a limited extent, as the specific plan is different for each student. The following table gives an example of what such an individual study plan might look like when starting in winter semester. It's color coded to differentiate between the areas.

Sem	Module/Course	PL/SL	C/E	SWS	ECTS
Semester 1					30
1	Micro-electronics	PL	C	4	6
1	Sensors	SL+PL	C	4	6
1	Introduction to Embedded Systems	SL+PL	C	4	6
1	Machine Learning	SL+PL	C	4	6
1	MST Technologies and Processes	SL+PL	E	4	6
Semester 2					30
2	Assembly and Packaging Technology	PL	C	4	6
2	Image Processing and Computer Graphics	SL+PL	C	4	6
2	Hardware Security and Trust (Specialization course CS)	PL	C	4	6
2	Introduction to Mobile Robotics (Specialization course CS)	PL	C	4	6
2	Energy harvesting (MSE Conc. Circuits & Systems)	PL	C	4	6
Semester 3					30
3	Seminar in Computer Science	SL+PL	E	2	3
3	Cyber-Physical Systems – Program Verification (Specialization course CS)	SL+PL	C	4	6
3	Reliability Engineering (MSE Conc. Circuits & Systems)	PL	C	2	3
3	Microcontroller Techniques – Praktikum (MSE Conc. Circuits & Systems)	PL	C	2	3
3	Numerical Optimization (MSE Conc. Circuits & Systems)	SL+PL	C	6	6
3	Model Predictive Control and Reinforcement Learning (MSE Conc. Circuits & Systems)	SL+PL	C	2	3
3	German Language Course at SLI	SL	E	2	6
Semester 4					30
4	Master Thesis	PL	C	x	30

Abbreviations:

PL=Prüfungsleistung/graded assessment; SL= Studienleistung/coursework or pass/fail assessment; V=Vorlesung/lecture; Ü=Übung/exercise; S=Seminar/seminar; Pr=Praktikum/practical exercise; C=module from compulsory area, E=module from elective area; SWS=Semesterwochenstunden/hours per week per semester; x=undefined, depends on the subject/module; Semester=start in winter semester assumed

Study organization

In every semester, the **Course Catalog** (Vorlesungsverzeichnis) in **HISinOne**, the university's Campus Management System shows the offered courses and the corresponding modules. Here, the students can orient themselves regarding the currently available courses. In their personal **Planner of Studies**, the whole curriculum is represented, structured in areas and modules as shown above following the examination regulations. Here, students can sign up for courses ("booking") and register for assessments.

Information about these organizational procedures is provided in various ways: on the websites of the Faculty of Engineering (especially on the program website, the FAQs provided by the program coordinators and the examination office, as well as special websites for new students), in introductory events and video tutorials.

All courses offered by IMTEK, IIF or INATECH, which are all departments at the Faculty of Engineering, are available for registration in HISinOne. Usually there is no limitation of seats in compulsory courses, but in lectures (with their accompanying exercises), seminars as well as in laboratories in the elective area, there can be limits to capacity. The information on the maximum number of attendees and on the mode of granting access can be found in the individual module description in HISinOne. The limited seats are in most cases allocated based first-come-first-serve-principle; for seminars, there is a special procedure. Although there is no legal right to get a seat in a specific course or module, the teacher can be addressed for acceptance directly and will comply, when reasonable arguments are given.

If a course is not offered by the Faculty of Engineering (as offered in the Customized Course Selection), it is the students' own responsibility to look for further information about the course. Normally, all information about courses is given in HISinOne or on the respective websites of the faculties and chairs offering the courses. The different faculties and departments may have specific registration requirements, periods and procedures. It is important that students make sure that they will inform themselves in time and – if necessary – get in contact with these units. Some courses are not offered regularly.

Examination Registration

In order to take a Prüfungsleistung and/or a Studienleistung, students must register the PL/SL through HISinOne within the registration periods. The deadlines for the registration (and de-registration) for exams, the modalities as well as the actual exam periods are listed on the website of the Faculty of Engineering. Please note: courses from other faculties may have different registration rules and periods. This refers to the ones within the Customized Course Selection area. Some modules require both a PL and SL. If this is the case, students need to register for both. The completion of the SL is not a requirement for the registration and completion of the PL. In theory, the SL and PL can be completed independently from each other. However, from a practical and study-efficient perspective it is highly recommended to complete both the SL and PL within the same semester, i.e. within the semester when the course is actually offered.

Repetition of Examinations

Prüfungsleistungen which are graded "not adequate" (5.0) or which are considered as "failed" can be repeated once. In addition, a maximum of two failed Prüfungsleistungen can be repeated twice. For further information and the modalities for improving the grade see the Subject-Specific Examination Regulations.

Studienleistungen can be repeated as many times as needed until they are passed.

Module Descriptions

In the following two documents (also titled “module handbooks” on their own, as created from HISinOne) detailed descriptions for the available modules for the Master program in Embedded Systems Engineering can be found:

- Modulhandbuch Master of Science im Fach Embedded Systems Engineering (Prüfungsordnungsversion 2021)
- Anhang/Appendix zu den Modulhandbüchern: MSE Concentration Areas – Vertiefungsbereiche der Studiengänge MSc ESE, MSE und MST

Please note: Since for the calculation of the final grade all relevant module grades (i.e. from modules completed by a graded assessment) are weighted by ECTS credits, this is not specifically mentioned in each individual module description. Please refer to the examination regulations.



Modulhandbuch

Master of Science im Fach Embedded Systems
Engineering
(Prüfungsordnungsversion 2021)



Content

Prolog	4
Mastermodul.....	5
Essential Lectures in Computer Science	7
Algorithms Theory	8
Computer Architecture	12
Cyber-Physikalische Systeme - Diskrete Modelle / Cyber-Physical Systems	50
– Discrete Models.....	50
Datenbanken und Informationssysteme / Data Bases and Information Systems	55
Foundations of Artificial Intelligence.....	59
Image Processing and Computer Graphics	64
Introduction to Embedded Systems	67
Machine Learning.....	72
Software Engineering	77
Advanced Microsystems Engineering.....	82
Assembly and packaging technology	83
Micro-electronics	87
Micromechanics	91
Micro-optics	95
Modelling and System Identification.....	99
MST technologies and processes	103
Sensors	107
Signal processing.....	110
Elective Courses in Computer Science.....	114
Advanced Algorithms	115
Advanced Computer Graphics	119
Advanced Database and Information Systems	123
Analyse von Life Science Hochdurchsatzdaten mit Galaxy	127
Artificial Intelligence Planning.....	130
Automated Machine Learning	134
Bioinformatics I.....	139
Bioinformatics II.....	144
Blockchain and Cryptocurrencies.....	149
Computer Vision.....	153
Cyber-Physical Systems – Program Verification.....	157
Dynamische Epistemische Logik / Dynamic Epistemic Logic	162
Einführung in die Multiagentensysteme / Introduction to Multiagent Systems	167
Formale Methoden für Java / Formal Methods for Java.....	172

Funktionale Programmierung / Functional Programming	176
Hardware Security and Trust.....	181
High-Performance Computing: Fluid Mechanics with Python	186
Information Retrieval	190
Introduction to data driven life sciences	194
Introduction to Mobile Robotics	197
Kompetitives Programmieren	202
Maschinelles Lernen in den Lebenswissenschaften / Machine Learning in Life Science	207
Netzwerkalgorithmen / Network Algorithms	191
Prinzipien der Wissensrepräsentation / Knowledge Representation.....	194
Quantitative Verifikation / Quantitative Verification	198
Reinforcement Learning	203
RNA Bioinformatik / RNA Bioinformatics.....	208
Robot Mapping.....	212
Simulation in Computer Graphics.....	216
Social Robotics.....	220
Spieltheorie / Game Theory	224
Statistical Pattern Recognition	228
Test und Zuverlässigkeit / Test and Reliability	233
Verteilte Systeme / Distributed Systems	237
Seminars.....	241
Seminar 1	242
Studienprojekt / Study project.....	245
Studienprojekt / Study project	246
Microsystems Engineering Concentration Areas	248
Customized Course Selection.....	249
Modules/courses from MSc Computer Science or MSc Microsystems Engineering (SL only)	250
Praktikum / Lab course from Computer Science.....	251
Courses from other Subjects or Departments/Faculties at the University.....	253

Prolog

This module handbook is based on the upcoming version of the examination regulations for the Master of Science degree program in the 2021 version, subject-specific provisions for the major in Embedded Systems Engineering. These provisions define the course content structured in the modules and the curriculum structured in terms of semesters and areas.

In the module descriptions, the required study and examination achievements are assessed with credit points, the so-called ECTS points according to the "European Credit Transfer and Accumulation System". Due to their amount, these indicate the weighting of a course in a module as well as the workload associated with the course. One credit point corresponds to around 30 hours of work per semester for an average student. A student should collect around 30 ECTS points per semester.

The standard period of study is four semesters. A total of 120 ECTS points must be acquired in the Master of Science Embedded Systems Engineering.

Further information on the program (e.g. the examination regulations, the model study plan, entry requirements, etc.) can soon be found at

<https://www.tf.uni-freiburg.de/en/study-programs/embedded-systems-engineering/m-sc-embedded-systems-engineering>

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Mastermodul	
Verantwortliche/r	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	30,0
Empfohlenes Fachsemester	4
Moduldauer	
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
Workload	900 Stunden hours
Angebotsfrequenz	in jedem Semester

Teilnahmevoraussetzung
Successful completion of modules with a scope of at least 72 ECTS credits.
Empfohlene Voraussetzung
In-depth knowledge of mathematical fundamentals, engineering methods and applications, practical and theoretical IT areas and especially in the subject area in which the thesis will be written

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Masterarbeit / Thesis	Prüfung	Pflicht	27,0		
Masterkolloquium / Colloquium	Prüfung	Pflicht	3,0		

Inhalt
<p>The topic of the master thesis is given by a professor from the Faculty of Engineering in consultation with the student. The topic may originate outside of the Faculty of Engineering, as long as one of the professors at the Department of Computer Science agrees to the assessment and evaluation of the work as the official supervisor. The student is assigned a supervisor with a university-level qualification.</p> <p>The technical content is task-specific and is predominantly acquired in self-study through independent research.</p> <p>If a specialization (Circuits and Systems, Specialization Materials and Fabrication, Biomedical Engineering or Photonics in the Microsystems Engineering area, or Artificial Intelligence or Cyber-Physical Systems in the Computer Science area) is chosen, the topic of the master thesis must be chosen from within the relevant specialization.</p>
Qualifikationsziel

In the master thesis, the students work independently on a computer science topic. For the given questions, they carry out background research in literature for scientific sources. The students select suitable scientific procedures and methods and apply them on their topic, adapt them or develop them. The results obtained are critically compared with the current state of research and evaluated. The students present their results clearly and in an academically appropriate form in their written thesis, as well in its presentation during the colloquium. They are able to discuss their work on a suitable academic level.

Zu erbringende Prüfungsleistung

Written Master thesis in German or English, must be completed within six months

The master thesis is supplemented by an approximately 60-minute master colloquium, which may be held in German or English at the student's choice. The master colloquium is usually led and evaluated by the supervisor of the master thesis and consists of an approximately 20-minute presentation by the student on the results of the master thesis and a subsequent discussion. Admission to the master colloquium is granted only if the master thesis has been submitted. The master colloquium counts for 3 ECTS points and is usually open to the university public.

Zu erbringende Studienleistung

Active participation (attendance can be required) in meetings with the supervisor, self-organizing the given tasks, doing background research

Literatur

Abhängig vom Thema | Depending on topic

Name des Kontos	Nummer des Kontos
Essential Lectures in Computer Science	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
ECTS-Punkte	18 to 36 credits
Benotung	

Kommentar
<p>Students have to choose at least 3 lectures from the following selection of Computer Science lectures. They can take at most 6 of these lectures.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Algorithm Theory • Cyber-Physical Systems – Discrete Models • Databases and Information Systems • Introduction to Embedded Systems • Machine Learning • Computer Architecture • Foundations of Artificial Intelligence • Image Processing and Computer Graphics • Software Engineering <p>Together with the chosen courses in the Elective Courses in Computer Science area, the amount of ECTS credits must not surpass 54.</p> <p>Overall, the limit of ECTS credits is 90 for the areas of</p> <ul style="list-style-type: none"> • Essential Lectures in Computer Science • Elective Courses in Computer Science • Advanced Microsystems Engineering • Microsystems Engineering Concentration Areas

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Algorithms Theory	11LE13MO-2010_PO 2020
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Fabian Kuhn	
Veranstalter	
Institut für Informatik, Algorithmen und Komplexität	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	1
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	180 Stunden hours
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung
keine none
Empfohlene Voraussetzung
Basic algorithms and data structures knowledge, comparable to what is done in Algorithms and Data structures, is assumed.

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Algorithms Theory	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	3.00	180 Stunden hours
Algorithms Theory	Übung	Wahlpflicht		1.00	

Qualifikationsziel
The design and analysis of algorithms is fundamental to computer science. Students know important algorithmic techniques, are able to apply them and, if necessary, adapt them for new situations. Students have mastered the basic principles of algorithm design, and are able to use complex data structures to implement algorithms. They can assess the power of algorithmic design principles, such as randomization and dynamic programming, and are able to apply sophisticated approaches for the analysis of methods designed according to such principles.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Algorithms Theory	11LE13MO-2010_PO 2020
Veranstaltung	
Algorithms Theory	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE13V-2010
Veranstalter	
Institut für Informatik, Algorithmen u.Datenstrukturen Institut für Informatik, Algorithmen und Komplexität	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	3.0
Empfohlenes Fachsemester	5
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	47 Stunden
Selbststudium	118 Stunden
Workload	180 Stunden hours

Inhalt
<p>This course teaches fundamental algorithms and data structures, and a variety of fundamental techniques for their design and analysis. The focus is on material not already covered in the basic undergraduate course on algorithms and data structures, or on the enhancement of that material. Example techniques are: divide and conquer, randomization, amortized analysis, greedy algorithms, dynamic programming. Example algorithms and data structures are: fast Fourier transformation, randomized quicksort, Fibonacci heaps, minimum spanning trees, longest common subsequence, network flows.</p> <p>The design and analysis of algorithms is fundamental to computer science. In this course, we will study efficient algorithms for a variety of basic problems and, more generally, investigate advanced design and analysis techniques. Central topics are algorithms and data structures that go beyond what has been considered in the undergraduate course Informatik II. Basic algorithms and data structures knowledge, comparable to what is done in Informatik II, or , is therefore assumed. The topics of the course include (but are not limited to):</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Divide and conquer: geometrical divide and conquer, fast fourier transformation ■ Randomization: median, randomized quicksort, probabilistic primality testing, etc. ■ Amortized analysis: binomial queues, Fibonacci heaps, union-find data structures ■ Greedy algorithms: minimum spanning trees, bin packing problem, scheduling ■ Dynamic programming: matrix chain product problem, edit distance, longest common subsequence problem ■ Graph algorithms: network flows, combinatorial optimization problems on graphs

Zu erbringende Prüfungsleistung
Klausur / schriftliche Abschlussprüfung (Dauer im Rahmen der Prüfungsordnungsregelung) Written examination (duration within the framework of the examination regulations)
Zu erbringende Studienleistung
siehe Übung see Exercises
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> ■ Jon Kleinberg and Éva Tardos: Algorithm Design, Addison Wesley ■ Thomas H. Cormen, Charles E. Leiserson, Robert L. Rivest, and Clifford Stein: Introduction to Algorithms, MIT Press ■ Thomas Ottmann and Peter Widmayer: Algorithmen und Datenstrukturen, Spektrum Akademischer Verlag
Teilnahmevoraussetzung
keine none
Empfohlene Voraussetzung
Grundkenntnisse in Algorithmen und Datenstrukturen Basic algorithms and data structures knowledge

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Algorithms Theory	11LE13MO-2010_PO 2020
Veranstaltung	
Algorithms Theory	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE13Ü-2010
Veranstalter	
Institut für Informatik, Algorithmen u.Datenstrukturen Institut für Informatik, Algorithmen und Komplexität	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	1.0
Empfohlenes Fachsemester	5
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	15 Stunden

Inhalt
Zu erbringende Prüfungsleistung
siehe Vorlesung see lectures
Zu erbringende Studienleistung
To successfully complete the course work, you need to have 50% of all exercise points. Exercises should be done in groups of 2 students. Please team up with a colleague and send an email (including name and matriculation number of both students) to the lecturer.
Teilnahmevoraussetzung
Bemerkung / Empfehlung
We might be able to offer German exercise tutorials (there will definitely be English tutorials). In case you'd prefer to have the exercise tutorials in German, please indicate this via email to the lecturer.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Computer Architecture	11LE13MO-2020_PO 2020
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Bernd Becker Prof. Dr. Christoph Scholl	
Veranstalter	
Institut für Informatik, Rechnerarchitektur Institut für Informatik, Betriebssysteme	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	1
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	180 Stunden hours
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung
keine none
Empfohlene Voraussetzung
Grundlegendes Wissen und Kenntnisse aus dem Bereich der technischen Informatik (analog zum Modul Technische Informatik), Grundlagen binärer Mathematik; Grundlagen zu digitalen Schaltkreisen; Programmierkenntnisse in C / C ++ Basic knowledge and in the area of technical informatics (analogous to the module Technische Informatik), fundamentals of binary mathematics; basic knowledge of digital circuits; programming skills in C / C ++

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Rechnerarchitektur / Computer Architecture	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	3.00	180 Stunden hours
Rechnerarchitektur / Computer Architecture	Übung	Wahlpflicht		1.00	

Qualifikationsziel
Students will be introduced to methods of designing computers, which will cover the topics of testing and verification of digital circuits, processor data and control paths, pipelining and parallelism. They will learn

about the RISC-V instruction set and related CPUs. Students will learn to maximize the performance of computing machinery and how to guarantee the correctness of circuits. Finally, they understand how the restrictions resulting from digital technology and the specific computer architectures affect higher levels of abstraction, especially those of software technology.

Verwendbarkeit der Veranstaltung

Teil der Spezialisierung Cyber-Physical Systems im Master of Science Informatik/Computer Science bzw. MSc Embedded Systems Engineering
Part of the specialization Cyber-Physical Systems in Master of Science Informatik/Computer Science bzw. MSc Embedded Systems Engineering

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Rechnerarchitektur / Computer Architecture	11LE13MO-2020_PO 2020
Veranstaltung	
Rechnerarchitektur / Computer Architecture	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE13V-2020
Veranstalter	
Institut für Informatik, Rechnerarchitektur Institut für Informatik, Betriebssysteme	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	3.0
Empfohlenes Fachsemester	5
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprachen	deutsch, englisch
Präsenzstudium	45
Selbststudium	120
Workload	180 Stunden hours

Inhalt
An introduction to fundamental questions, methods and techniques of computer design and computer architecture is given. The following topics are included: Instructions, Logic Design, Digital Circuit Verification, Testing, Placement & Routing, Single-Cycle Datapath & Control, Pipelining and Pipelining Hazards, Parallelism, Exception and Interrupts
Zu erbringende Prüfungsleistung
Klausur / schriftliche Abschlussprüfung (Dauer im Rahmen der Prüfungsordnungsregelung) Written examination (duration within the framework of the examination regulations)
Zu erbringende Studienleistung
siehe Übung see Exercises
Literatur
Mainly: <ul style="list-style-type: none"> ■ David A. Patterson, John L. Hennesey - "Computer Organization and Design - The Hardware Software Interface [RISC-V Edition] Also helpful: <ul style="list-style-type: none"> ■ J.Teich: Digitale Hardware/Software-Systeme, Springer Verlag, 1997. ■ Becker, Bernd and Drechsler, Rolf and Molitor, Paul, „Technische Informatik – Eine Einführung“, Pearson Studium.

■ Tanenbaum: Structured Computer Organization, Prentice Hall, 3rd Edition, 1990.

Teilnahmevoraussetzung

keine | none

Empfohlene Voraussetzung

Grundlegendes Wissen und Kenntnisse aus dem Bereich der technischen Informatik (analog zum Modul Technische Informatik), Grundlagen binärer Mathematik; Grundlagen zu digitalen Schaltkreisen; Programmierkenntnisse in C / C ++ |

Basic knowledge and in the area of technical informatics (analogous to the module Technische Informatik), fundamentals of binary mathematics; basic knowledge of digital circuits; programming skills in C / C ++

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Rechnerarchitektur / Computer Architecture	11LE13MO-2020_PO 2020
Veranstaltung	
Rechnerarchitektur / Computer Architecture	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE13Ü-2020
Veranstalter	
Institut für Informatik, Rechnerarchitektur Institut für Informatik, Betriebssysteme	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	1.0
Empfohlenes Fachsemester	5
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprachen	deutsch, englisch
Präsenzstudium	15

Inhalt
Die Übungen sollen den Studenten ein besseres Verständnis der wichtigsten Techniken vermitteln, die sie während der Vorlesungen lernen, indem sie die Prinzipien und Methoden anwenden. The exercises are intended to give students a better understanding of the most important techniques they learn during lectures by applying the principles and methods.
Zu erbringende Prüfungsleistung
siehe Vorlesung see Lecture
Zu erbringende Studienleistung
Mindestens 50% der Punkte, die man für das erfolgreiche Bearbeiten von Übungsaufgaben erhält At least 50% of the points you'll receive for completing exercises successfully
Teilnahmevoraussetzung

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Cyber-Physikalische Systeme - Diskrete Modelle / Cyber-Physical Systems – Discrete Models	11LE13MO-2070_PO 2020
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Andreas Podelski	
Veranstalter	
Institut für Informatik, Softwaretechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	1
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	180 Stunden hours
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung
keine none
Empfohlene Voraussetzung
Grundlegende Kenntnisse in den Themenbereichen Rechnerarchitektur und Softwaretechnik / Softwareentwurf Basic knowledge in the areas of computer architecture and software engineering / software design

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Cyber-Physikalische Systeme – Diskrete Modelle / Cyber-Physical Systems – Discrete Models - Vorlesung	Vorlesung	Pflicht	6,0	3.00	180 Stunden hours
Cyber-Physikalische Systeme – Diskrete Modelle / Cyber-Physical Systems – Discrete Models - Übung	Übung	Pflicht		1.00	

Qualifikationsziel
The course provides an introduction to discrete models of cyber-physical systems, their analysis and verification: The students learn how to model cyber-physical systems as transition systems. Here, the main focus lies on software and hardware aspects of cyber-physical systems and on methods for modeling parallelism and communication. The students learn how to express properties about such systems. The course covers different mechanisms to specify temporal properties including linear time properties and branching time properties such as LTL, CTL, and CTL* properties.

Finally, the course demonstrates how to develop algorithms for checking whether these properties hold. After presenting algorithms for explicit state systems we introduce symbolic BDD-based algorithms which are able to tackle the well-known "state explosion problem". In addition, the course covers basic "Bounded Model Checking" (BMC) techniques which restrict the analysis to computation paths up to a certain length and reduce the verification problem to a Boolean satisfiability problem.

Verwendbarkeit der Veranstaltung

Teil der Spezialisierung Cyber-Physical Systems im Master of Science Informatik/Computer Science bzw. MSc Embedded Systems Engineering
Part of the specialization Cyber-Physical Systems in Master of Science Informatik/Computer Science bzw. MSc Embedded Systems Engineering

Name des Moduls		Nummer des Moduls	
Cyber-Physikalische Systeme - Diskrete Modelle / Cyber-Physical Systems – Discrete Models		11LE13MO-2070_PO 2020	
Veranstaltung			
Cyber-Physikalische Systeme – Diskrete Modelle / Cyber-Physical Systems – Discrete Models - Vorlesung			
Veranstaltungsart		Nummer	
Vorlesung		11LE13V-2070	
Veranstalter			
Institut für Informatik, Rechnerarchitektur Institut für Informatik, Programmiersprache Institut für Informatik, Softwaretechnik Institut für Informatik, Betriebssysteme			
Fachbereich / Fakultät			
Technische Fakultät			

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	3.0
Empfohlenes Fachsemester	1
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	45 Stunden
Selbststudium	120 Stunden
Workload	180 Stunden hours

Inhalt
<p>The course provides an introduction to discrete models of cyberphysical systems, their analysis and verification:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ The students learn how to model cyber-physical systems as transition systems. Here, the main focus lies on software and hardware aspects of cyber-physical systems and on methods for modeling parallelism and communication. ■ Moreover, the students learn how to express properties about such systems. The course covers different mechanisms to specify temporal properties including linear time properties and branching time properties such as LTL, CTL, and CTL* properties. ■ Finally, the course demonstrates how to develop algorithms for checking whether these properties hold. After presenting algorithms for explicit state systems we introduce symbolic BDDbased algorithms which are able to tackle the well-known “state explosion problem”. In addition, the course covers basic “Bounded Model Checking” (BMC) techniques which restrict the analysis to computation paths up to a certain length and reduce the verification problem to a Boolean Satisfiability problem. ■ All necessary foundations for these algorithms such as fixed point theory, data structures like Binary Decision Diagrams (BDDs), and Satisfiability (SAT) solvers are introduced in the course as well.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Klausur / schriftliche Abschlussprüfung (Dauer im Rahmen der Prüfungsordnungsregelung) Written examination (duration within the framework of the examination regulations)

Zu erbringende Studienleistung
siehe Übungen / see exercises
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> ■ Christel Baier, Joost-Pieter Katoen, Principles of Model Checking, MIT, 2008, ISBN 9780262026499 ■ B. Berard, M. Bidoit, A. Finkel, F. Laroussinie, Systems and Software Verification, Springer, 2001, ISBN 3642074782 ■ E. Clarke, O. Grumberg, D. Peled, "Model Checking", MIT Press 1999 ■ Kropf, Thomas, "Introduction to Formal Hardware Verification", Springer, 1999, ISBN 3-540-65445-3
Teilnahmevoraussetzung
keine none
Empfohlene Voraussetzung
<p>Grundlegende Kenntnisse in den Themenbereichen Rechnerarchitektur und Softwaretechnik / Softwareentwurf Basic knowledge in the areas of computer architecture and software engineering / software design</p>

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Cyber-Physikalische Systeme - Diskrete Modelle / Cyber-Physical Systems – Discrete Models	11LE13MO-2070_PO 2020
Veranstaltung	
Cyber-Physikalische Systeme – Diskrete Modelle / Cyber-Physical Systems – Discrete Models - Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE13Ü-2070
Veranstalter	
Institut für Informatik, Rechnerarchitektur Institut für Informatik, Programmiersprache Institut für Informatik, Softwaretechnik Institut für Informatik, Betriebssysteme	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	1.0
Empfohlenes Fachsemester	1
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	15 Stunden

Inhalt
The lecture is accompanied by exercises. Students train themselves to write down things in a formally correct way.
Zu erbringende Prüfungsleistung
siehe Vorlesung see Lecture
Zu erbringende Studienleistung
To pass the study performance (Studienleistung), you must obtain at least 50% of the exercise points. Also, every student must present his/her solution to an exercise in an exercise group at least once in the semester.
Teilnahmevoraussetzung

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Datenbanken und Informationssysteme / Data Bases and Information Systems	11LE13MO-2060_PO 2020
Verantwortliche/r	
Veranstalter	
Institut für Informatik, Datenbanken u. Informationssysteme	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	1
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	180 Stunden hours
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung
keine none
Empfohlene Voraussetzung
Basic knowledge of practical computer science, algorithms and data structures as well as basic programming skills; Basic knowledge of operating systems and their use, fundamental knowledge about networks and protocols

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Datenbanken und Informationssysteme / Data Bases and Information Systems	Vorlesung	Pflicht	6,0	2.00	180 Stunden hours
Datenbanken und Informationssysteme / Data Bases and Information Systems	Übung	Pflicht		2.00	

Qualifikationsziel
Students understand the basic concepts of databases. They are able to think on different levels of abstraction and have methodical skills in designing a database. They know essential concepts of the SQL standard. Students gained practical experience in using a declarative, set-oriented language for databases. They are able to estimate the processing effort of a request and are able to deal with access rights.
Bemerkung / Empfehlung
While the course is usually offered in German, there are English recordings available; at least one exercise group will be held in English. You are allowed to do the coursework and the written exam in English.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Datenbanken und Informationssysteme / Data Bases and Information Systems	11LE13MO-2060_PO 2020
Veranstaltung	
Datenbanken und Informationssysteme / Data Bases and Information Systems	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE13V-2060
Veranstalter	
Institut für Informatik, Datenbanken u. Informationssysteme	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
Lehrsprache	deutsch
Präsenzstudium	32
Selbststudium	118
Workload	180 Stunden hours

Inhalt
<p>Aufgabe von Datenbanken ist die Verwaltung großer, dauerhafter Datenbestände in der Weise, dass eine Menge von Benutzern diese Daten unabhängig voneinander, effizient, bequem und sicher verarbeiten können.</p> <p>Der Stoff der Vorlesung wird in Übungen und einem parallel laufenden Praktikum anhand verschiedener Datenbanksysteme konkretisiert.</p> <p>Es werden im einzelnen die folgenden Aspekte behandelt:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Einführung in Datenbanken ■ Datenbankentwurf und Datenmodelle ■ Datenmanipulationssprachen ■ Entwurfstheorie ■ Datenintegrität ■ Transaktionsverwaltung ■ Physische Datenorganisation und aktuelle Entwicklungen. <p> </p> <p>The function of databases is to manage large, permanent data sets in such a way that a large number of users can process this data independently, efficiently, comfortably and securely.</p> <p>The material of the lecture is concretized in theoretical and practical exercises using various database systems.</p> <p>The following aspects are dealt with in detail:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Introduction to databases

- Database design and data models
- Data manipulation languages
- Design theory
- Data integrity
- Transaction management
- Physical data organization and current developments.

Zu erbringende Prüfungsleistung

Klausur / schriftliche Abschlussprüfung (Dauer im Rahmen der Prüfungsordnungsregelung) |
 Written examination (duration within the framework of the examination regulations)

Zu erbringende Studienleistung

Welche Leistung der Studierenden zu erbringen hat, wird in der Inhaltsbeschreibung der Übung detailliert beschrieben und ebenso zu Beginn der Lehrveranstaltung vom Dozierenden mitgeteilt.

|

The coursework required of the students is described in detail in the description about the exercises and also communicated by the lecturer at the beginning of the course.

Literatur

- G. Lausen: Datenbanken - Grundlagen und XML-Technologien, Elsevier Spektrum Akademischer Verlag, 2005.
- A. Heuer, G. Saake: Datenbanken - Konzepte und Sprachen, International Thomson Publishing, 2. Auflage, 2000.
- A. Kemper, A. Eickler: Datenbanksysteme - Eine Einführung, Oldenbourg, 4. Auflage, 2001.
- G. Vossen: Datenmodelle, Datenbanksprachen und Datenbank-Management-Systeme, Oldenbourg, 4. Auflage, 2000.

Teilnahmevoraussetzung

keine | none

Empfohlene Voraussetzung

Grundkenntnisse in praktischer Informatik, zu Algorithmen und Datenstrukturen sowie grundlegende Programmierkenntnisse;

Grundkenntnisse über Betriebssysteme und deren Einsatz, über Netzwerk und Protokolle

|

Basic knowledge of practical computer science, algorithms and data structures as well as basic programming skills;

Basic knowledge of operating systems and their use, fundamental knowledge about networks and protocols

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Datenbanken und Informationssysteme / Data Bases and Information Systems	11LE13MO-2060_PO 2020
Veranstaltung	
Datenbanken und Informationssysteme / Data Bases and Information Systems	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE13Ü-2060
Veranstalter	
Institut für Informatik, Datenbanken u. Informationssysteme	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
Lehrsprache	deutsch
Präsenzstudium	30

Inhalt
<p>Die Übungen vertiefen den in der Vorlesung behandelten Stoff in Theorie und Praxis. Die Übungsblätter enthalten auch am Computer zu lösende Aufgaben. Hierzu ist ein Vertrautmachen mit der benötigten Software erforderlich.</p> <p>The exercises deepen the subject matter dealt with in the lecture in theory and practice. The exercise sheets also contain practical tasks to be solved on the computer. Familiarization with the required software is required for this.</p>
Zu erbringende Prüfungsleistung
siehe Vorlesung see Lecture
Zu erbringende Studienleistung
<p>Die Übungen vertiefen den in der Vorlesung behandelten Stoff in Theorie und Praxis. Die Übungsblätter enthalten auch am Computer zu lösende Aufgaben. Hierzu ist ein Vertrautmachen mit der benötigten Software erforderlich.</p> <p>Alle Aufgaben auf den Übungsblättern werden korrigiert. Für das Bestehen der Studienleistung müssen mindestens 50% der Punkte auf den Übungsblättern erreicht werden.</p> <p>The exercises deepen the subject matter dealt with in the lecture in theory and practice. The exercise sheets also contain tasks to be solved on the computer. Familiarization with the required software is required for this.</p> <p>The exercise sheets will be assessed. To pass the course, at least 50% of the points you can get by working on the exercise sheets must be achieved.</p>
Teilnahmevoraussetzung

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Foundations of Artificial Intelligence	11LE13MO-2040_PO 2020
Verantwortliche/r	
JProf. Dr. Joschka Bödecker Prof. Dr. Wolfram Burgard Prof. Dr. Frank Roman Hutter Prof. Dr. Bernhard Nebel Dr. Michael Willi Tangermann	
Veranstalter	
Institut für Informatik, Informatik, Grundlagen der künstlichen Intelligenz Institut für Informatik, Autonome intelligente Systeme Institut für Informatik, Professur für Neurorobotik Institut für Informatik, Professur für Maschinelles Lernen	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	1
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	180 Stunden hours
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
keine none
Empfohlene Voraussetzung
keine none Grundlagenkenntnisse in mathematischer Logik können hilfreich sein Basic knowledge about formal logic can be helpful

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Foundations of Artificial Intelligence	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	3.00	180 Stunden hours
Foundations of Artificial Intelligence	Übung	Wahlpflicht		1.00	

Qualifikationsziel
Students have basic knowledge of the various techniques of artificial intelligence. They understand the basic principles of artificial intelligence and apply the technical terms in the correct context. Students are able to interpret tasks in the area of problem solving and searching, and can apply the learned algorithms to new situations. Students know the usual types of knowledge representation and are able to analyze the techniques presented and evaluate their use in new situations.

Verwendbarkeit der Veranstaltung

Teil der Spezialisierung Künstliche Intelligenz im Master of Science Informatik/Computer Science
bzw. MSc Embedded Systems Engineering|
Part of the specialization Artificial Intelligence in Master of Science Informatik/Computer Science
bzw. MSc Embedded Systems Engineering

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Foundations of Artificial Intelligence	11LE13MO-2040_PO 2020
Veranstaltung	
Foundations of Artificial Intelligence	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE13V-2040
Veranstalter	
Institut für Informatik, Informatik, Grundlagen der künstlichen Intelligenz Institut für Informatik, Autonome intelligente Systeme Institut für Informatik, Professur für Neurorobotik Institut für Informatik, Professur für Maschinelles Lernen	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	3.0
Empfohlenes Fachsemester	4
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	41
Selbststudium	126
Workload	180 Stunden hours

Inhalt
<p>This course will introduce the basic concepts and techniques used within the field of Artificial Intelligence. The following topics will be covered:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Introduction to Artificial Intelligence, including a short history of Artificial Intelligence ■ agents ■ problem solving and search ■ logic and knowledge representation ■ action planning ■ representation of and reasoning with uncertainty ■ machine learning
Zu erbringende Prüfungsleistung
Klausur / schriftliche Abschlussprüfung (Dauer im Rahmen der Prüfungsordnungsregelung) Written examination (duration within the framework of the examination regulations)
Zu erbringende Studienleistung
siehe Übung see Exercises
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> ■ Artificial Intelligence: A modern approach, Stuart Russel and Peter Norvig, Prentice Hall, 2009

Teilnahmevoraussetzung
keine none
Empfohlene Voraussetzung
keine none Grundlagenkenntnisse in mathematischer Logik können hilfreich sein Basic knowledge about formal logic can be helpful

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Foundations of Artificial Intelligence	11LE13MO-2040_PO 2020
Veranstaltung	
Foundations of Artificial Intelligence	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE13Ü-2040
Veranstalter	
Institut für Informatik, Informatik, Grundlagen der künstlichen Intelligenz Institut für Informatik, Autonome intelligente Systeme Institut für Informatik, Professur für Neurorobotik Institut für Informatik, Professur für Maschinelles Lernen	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	1.0
Empfohlenes Fachsemester	4
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	13

Inhalt
The exercises are intended to give students a better understanding of the most important techniques they learn during lectures by applying the principles and formal methods to real life tasks.
Zu erbringende Prüfungsleistung
siehe Vorlesung see lecture
Zu erbringende Studienleistung
Working on the exercise sheets is voluntary, but strongly recommended. The exam will contain similar tasks.
Teilnahmevoraussetzung

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Image Processing and Computer Graphics	11LE13MO-2050_PO 2020
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Thomas Brox Prof. Dr.-Ing. Matthias Teschner	
Veranstalter	
Institut für Informatik, Graphische Datenverarbeitung Institut für Informatik, Mustererkennung u. Bildverarbeitung	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	1
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	180 Stunden hours
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
keine none
Empfohlene Voraussetzung
Fundamental mathematical knowledge and programming skills in C/C++

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Image Processing and Computer Graphics	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	3.00	180 Stunden hours
Image Processing and Computer Graphics	Übung	Wahlpflicht		1.00	

Qualifikationsziel
Students have basic knowledge of the tasks and procedures in image processing and computer graphics. They are able to classify typical image processing problems and questions of generative computer graphics and to understand the main features of current related literature.

Verwendbarkeit der Veranstaltung
Teil der Spezialisierung Künstliche Intelligenz im Master of Science Informatik/Computer Science bzw. MSc Embedded Systems Engineering Part of the specialization Artificial Intelligence in Master of Science Informatik/Computer Science bzw. MSc Embedded Systems Engineering

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Image Processing and Computer Graphics	11LE13MO-2050_PO 2020
Veranstaltung	
Image Processing and Computer Graphics	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE13V-2050
Veranstalter	
Institut für Informatik, Graphische Datenverarbeitung Institut für Informatik, Mustererkennung u. Bildverarbeitung	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	3.0
Empfohlenes Fachsemester	4
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	41 Stunden
Selbststudium	126 Stunden
Workload	180 Stunden hours

Inhalt
The lecture provides an introduction of basic approaches and illustrates the state-of-the-art in image processing and computer graphics. The curriculum covers image generation, point operations on images, linear and non-linear filters, image segmentation, optical flow and techniques such as calculus of variations and energy minimization. In the context of computer graphics, rasterization-based image generation, i.e. the rendering pipeline of modern graphics cards, is covered. Here, homogeneous coordinates, transforms, color spaces, rasterization, visibility, local illumination models and textures are addressed.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Klausur / schriftliche Abschlussprüfung (Dauer im Rahmen der Prüfungsordnungsregelung) Written examination (duration within the framework of the examination regulations)
Zu erbringende Studienleistung
keine none
Literatur
Will be announced in each lesson.
Teilnahmevoraussetzung
keine none
Empfohlene Voraussetzung
Fundamental mathematical knowledge and programming skills in C/C++

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Image Processing and Computer Graphics	11LE13MO-2050_PO 2020
Veranstaltung	
Image Processing and Computer Graphics	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE13Ü-2050
Veranstalter	
Institut für Informatik, Graphische Datenverarbeitung Institut für Informatik, Mustererkennung u. Bildverarbeitung	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	1.0
Empfohlenes Fachsemester	4
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	13 Stunden

Inhalt
The exercises are intended to give students a better understanding of the most important techniques they learn during lectures. They are expected to implement some selected methods in C/C++ and develop an intuition of their usage.
Zu erbringende Prüfungsleistung
siehe Vorlesung see lecture
Zu erbringende Studienleistung
keine none Active participation in exercises is recommended.
Teilnahmevoraussetzung

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Introduction to Embedded Systems	11LE13MO-910_PO 2020
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Bernd Becker Prof. Dr. Christoph Scholl	
Veranstalter	
Institut für Informatik, Rechnerarchitektur Institut für Informatik, Betriebssysteme	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	180 Stunden hours
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung
keine none
Empfohlene Voraussetzung
Basic knowledge in the field of technical informatics, analog and digital circuits, programming knowledge in C / C ++

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Einführung in Embedded Systems / Introduction to Embedded Systems	Vorlesung	Pflicht	6,0	3.00	180 Stunden hours
Einführung in Embedded Systems / Introduction to Embedded Systems	Übung	Pflicht		1.00	

Qualifikationsziel
Students understand the specific properties of embedded systems, their architecture and components, their hardware and software interface, the communication between components, basic analog-digital-analog conversion methods, low-power designs and specification techniques. They will be able to specify embedded systems with VHDL, statechart and petri-nets and reason about properties of the modeled system, and write basic programs in C for an embedded platform.

Verwendbarkeit der Veranstaltung

Teil der Spezialisierung Cyber-Physical Systems im Master of Science Informatik/Computer Science
bzw. MSc Embedded Systems Engineering|
Part of the specialization Cyber-Physical Systems in Master of Science Informatik/Computer Science
bzw. MSc Embedded Systems Engineering

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Einführung in Embedded Systems / Introduction to Embedded Systems	11LE13MO-910_PO 2020
Veranstaltung	
Einführung in Embedded Systems / Introduction to Embedded Systems	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE13V-910
Veranstalter	
Institut für Informatik, Rechnerarchitektur Institut für Informatik, Betriebssysteme	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	3.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
Lehrsprachen	deutsch, englisch
Präsenzstudium	45 Stunden
Selbststudium	120 Stunden
Workload	180 Stunden hours

Inhalt
<p>Eingebettete Systeme gelten als die Schlüsselanwendung der Informationstechnologie in den kommenden Jahren und sind, wie der Name bereits andeutet, Systeme, bei denen Informationsverarbeitung in eine Umgebung eingebettet ist und dort komplexe Regelungs-, Steuerungs- oder Datenverarbeitungsaufgaben übernimmt.</p> <p>Die Vorlesung beschäftigt sich mit grundlegenden Konzepten für Modellierung und Entwurf Eingebetteter Systeme. Sie behandelt u.a. Spezifikationssprachen und Methoden für Eingebettete Systeme (wie z.B. Statecharts, Petrinetze, VHDL), Abbildung von Spezifikationen auf Prozesse, Hardware Eingebetteter Systeme sowie Hardware-/Software-Codesign.</p> <p>Es wird auf die Bauelemente eines Eingebetteten Systems eingegangen (z.B. Prozessoren, AD-/DA-Wandler, Sensoren, Sensorschnittstellen, Speicher) und es werden Methoden zum Entwurf und zur Optimierung der zugehörigen Schaltungen bezüglich Geschwindigkeit, Energieverbrauch und Testbarkeit vorgestellt.</p> <p>Embedded Systems are considered the key application in information technology for the years to come. As the name suggests, they are systems embedding information processing into an environment, where complex control or data processing tasks are executed.</p> <p>The lecture deals with the basic concepts for modelling and designing embedded systems. Among others it covers specification languages and methods for embedded systems (such as statecharts, petri nets, VHDL), the mapping of specifications on processes, hardware of Embedded Systems as well as hardware/software codesign.</p> <p>It addresses the construction elements of an embedded system (e.g. processors, AD/DA converters, sensors, sensor interfaces, memory devices) and presents methods for the design and optimization of the associated circuits with respect to speed, energy consumption and testability.</p>

Zu erbringende Prüfungsleistung
Klausur / schriftliche Abschlussprüfung (Dauer im Rahmen der Prüfungsordnungsregelung) Written examination (duration within the framework of the examination regulations)
Zu erbringende Studienleistung
siehe Übungen see Exercises
Literatur
<ol style="list-style-type: none"> 1. Marwedel, P.: Embedded System Design. Springer-Verlag New York, Inc., 2006. 2. Marwedel, P. ; Wehmayer, L.: Eingebettete Systeme. Springer-Verlag Berlin, 2007. 3. Ritter, J. ; Molitor, P.: VHDL - Eine Einführung. Pearson Studium, 2004. 4. Chang, K. C.: Digital Design and Modeling with VHDL and Synthesis. IEEE Computer Society Press, 1996. 5. Teich, J. ; Haubelt, C.: Digitale Hardware/Software-Systeme. Berlin : Springer-Verlag Berlin, 2007. 6. Baker, R. J.; Li, H. W.; Boyce, D. E.: CMOS Circuit Design, Layout, and Simulation. IEEE Press Series on Microelectronic Systems, 1998. 7. Rabaey, J. M.; Chandrakasan, A. P.; Nikolic, B.: Digital Integrated Circuits. Prentice-Hall, 2003. 8. Tietze, U.; Schenk, C.: Halbleiter Schaltungstechnik. Springer-Verlag, 2002. 9. Weste, N.; Eshraghian, K.: Principles of CMOS VLSI Design; A Systems Perspective. Addison-Wesley, 1993.
Teilnahmevoraussetzung
keine none
Empfohlene Voraussetzung
<p>Grundkenntnisse im Bereich Technische Informatik, analoge und digitale Schaltkreise, Programmierkenntnisse in C / C++ Basic knowledge in the field of technical informatics, analog and digital circuits, programming knowledge in C / C ++</p>

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Einführung in Embedded Systems / Introduction to Embedded Systems	11LE13MO-910_PO 2020
Veranstaltung	
Einführung in Embedded Systems / Introduction to Embedded Systems	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE13Ü-910
Veranstalter	
Institut für Informatik, Rechnerarchitektur Institut für Informatik, Betriebssysteme	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	1.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
Lehrsprachen	deutsch, englisch
Präsenzstudium	15 Stunden

Inhalt
Die Übungen bestehen aus theoretischen Aufgaben und Programmieraufgaben, um die Methoden und Konzepte der Vorlesung in praktischen Anwendungen einzusetzen. The exercises consist of theoretical assignments and programming assignments, to apply the methods and concepts from the lecture.
Zu erbringende Prüfungsleistung
siehe Vorlesung see Lecture
Zu erbringende Studienleistung
Die Studienleistung ist bestanden, wenn 50% der erreichbaren Punkte aus den Übungen erreicht sind. For passing the coursework (Studienleistung) it is necessary to reach 50% of all points from the exercises.
Teilnahmevoraussetzung

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Machine Learning	11LE13MO-1153_PO 2020
Verantwortliche/r	
JProf. Dr. Joschka Bödecker Prof. Dr. Frank Roman Hutter Dr. Michael Willi Tangermann	
Veranstalter	
Institut für Informatik, Professur für Neurorobotik Institut für Informatik, Professur für Maschinelles Lernen	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	1
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	180 Stunden
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung
keine none
Empfohlene Voraussetzung
We have to rely on a solid background in basic math, specifically linear algebra (an eigenvalue decomposition, matrix operations, covariance matrices etc. should be very familiar concepts), calculus and probability theory. We use the Python programming language for most of our assignments. If you do not yet have Python experience, you must ramp up at least basic knowledge thereof. We recommend basic knowledge of optimization and of the scikit-learn Python library.

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Machine Learning	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	3.00	180 Stunden
Machine Learning	Übung	Wahlpflicht		1.00	

Qualifikationsziel
This course provides you with a good theoretical understanding and practical experience about the basic concepts of machine learning. You shall be enabled to implement a number of basic algorithms, understand advantages and drawbacks of single methods and know typical application domains thereof. Furthermore, you should be able to use (Python) software libraries in order to work on novel data analysis problems.

The course will prepare you to dive deeper into advanced methods of ML, e.g. deep learning, recurrent networks, reinforcement learning, hyperparameter optimization, and into specific application domains such as image analysis, brain signal analysis, robot learning, bioinformatics etc., for which specialized courses are available.

Verwendbarkeit der Veranstaltung

Teil der Spezialisierung Künstliche Intelligenz im Master of Science Informatik/Computer Science bzw. MSc Embedded Systems Engineering]

Part of the specialization Artificial Intelligence in Master of Science Informatik/Computer Science bzw. MSc Embedded Systems Engineering

Students of the M.Sc. programmes Microsystems Engg. and Mikrosystemtechnik (PO 2021) can select this module in the concentration area Biomedical Engineering (Biomedizinische Technik).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Machine Learning	11LE13MO-1153_PO 2020
Veranstaltung	
Machine Learning	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE13V-1153
Veranstalter	
Institut für Informatik, Professur für Maschinelles Lernen	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	3.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	45
Selbststudium	120
Workload	180 Stunden

Inhalt
<ul style="list-style-type: none"> ■ Applications / typical problems dealt with by machine learning ■ basic data analysis pipeline (from data recording to output shaping) ■ software libraries ■ linear methods (e.g. LDA, logistic regression, ICA, PCA, OLSR) for dimensionality reduction, classification, regression and blind source separation ■ non-linear methods (e.g. support vector machines, kernel PCA, decision trees / random forests, neural networks) for classification and regression ■ unsupervised clustering (e.g. k-means, DBSCAN) ■ algorithm independent principles in machine learning (z.b. bias-variance trade-off, model complexity, regularization, validation strategies, interpretation of trained machine learning models, basic optimization approaches, feature selection, data visualization)
Lernziele / Lernergebnisse
<p>This course provides you with a good theoretical understanding and practical experience about the basic concepts of machine learning. You shall be enabled to implement a number of basic algorithms, understand advantages and drawbacks of single methods and know typical application domains thereof. Furthermore, you should be able to use (Python) software libraries in order to work on novel data analysis problems.</p> <p>The course will prepare you to dive deeper into advanced methods of ML, e.g. deep learning, recurrent networks, reinforcement learning, hyperparameter optimization, and into specific application domains such as image analysis, brain signal analysis, robot learning, bioinformatics etc., for which specialized courses are available.</p>

Zu erbringende Prüfungsleistung
Oral examination with a duration of 35 minutes
Zu erbringende Studienleistung
see exercise
Literatur
<p>Duda, Hart and Stork: Pattern Classification Christopher Bishop: Pattern Recognition and Machine Learning Hastie, Tibshirani and Friedman: The Elements of Statistical Learning Mitchell: Machine Learning Murphy: Machine Learning – a Probabilistic Perspective Criminisi et. al: Decision Forests for Computer Vision and Medical Image Analysis Schölkopf & Smola: Learning with Kernels Goodfellow, Bengio and Courville: Deep Learning Michael Nielsen: Neural Networks and Deep Learning</p> <p>In addition, literature for every section of the course is announced during these sections.</p>
Teilnahmevoraussetzung
keine none
Empfohlene Voraussetzung
<p>We have to rely on a solid background in basic math, specifically linear algebra (an eigenvalue decomposition, matrix operations, covariance matrices etc. should be very familiar concepts), calculus and probability theory.</p> <p>We use the Python programming language for most of our assignments. If you do not yet have Python experience, you must ramp up at least basic knowledge thereof.</p> <p>We recommend basic knowledge of optimization and of the scikit-learn Python library.</p>
Lehrmethoden
<p>For in-class lectures:</p> <p>Despite the large lecture rooms, a teacher-centered style shall be enriched as much as possible by measures like:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ interactive question and answer rounds ■ discussions in sub-groups, reporting to the large group ■ cross-teaching ■ problem-oriented teaching e.g. via data analysis competition ■ repetition of important concepts in slightly altered contexts. <p>For virtual lectures:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ flipped classroom teaching with videos provided ■ Q&A sessions to discuss the videos' content ■ Cross-teaching via Ilias forum ■ problem-oriented teaching e.g. via data analysis competition ■ repetition of important concepts in slightly altered contexts.
Zielgruppe
Advanced BSc., MSc. students and PhD students

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Machine Learning	11LE13MO-1153_PO 2020
Veranstaltung	
Machine Learning	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE13Ü-1153
Veranstalter	
Institut für Informatik, Professur für Maschinelles Lernen	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	1.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	15

Inhalt	
The exercises are intended to give students a better understanding of the most important techniques they learn during lectures. They are expected to implement some selected methods to gain experience in practical applications.	
Zu erbringende Prüfungsleistung	
see Lecture	
Zu erbringende Studienleistung	
Passing an oral or written examination.	
Teilnahmevoraussetzung	
none	
Empfohlene Voraussetzung	
none	

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Software Engineering	11LE13MO-2030_PO 2020
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Andreas Podelski Prof. Dr. Peter Thiemann	
Veranstalter	
Institut für Informatik, Programmiersprache Institut für Informatik, Softwaretechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	1
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	180 Stunden hours
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
keine none
Empfohlene Voraussetzung
Basic knowledge about practical Computer Science concepts, algorithms and datastructure, Programming Skills

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Softwaretechnik / Software Engineering	Vorlesung	Pflicht	6,0	3.00	180 Stunden hours
Softwaretechnik / Software Engineering	Übung	Pflicht		1.00	

Qualifikationsziel
Students know the basic modeling techniques and construction principles for software systems, they have an overview over the challenges of software engineering and the techniques and tools to address these challenges. They have knowledge of the main activities during software development (in particular project management, requirements engineering, design, testing, formal verification) with an emphasis on formal methods. Students know the foundations of process models, software metrics, approaches to requirements specification and analysis, (formal) modelling and analysis techniques, design and architecture patterns, testing, and program verification, and can apply these techniques on a small scale and can acquire advanced techniques on their own. Students have applied formal methods in example scenarios and are able to assess in which situations such methods are useful.

Verwendbarkeit der Veranstaltung

Teil der Spezialisierung Cyber-Physical Systems im Master of Science Informatik/Computer Science bzw. MSc Embedded Systems Engineering|
Part of the specialization Cyber-Physical Systems in Master of Science Informatik/Computer Science bzw. MSc Embedded Systems Engineering

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Softwaretechnik / Software Engineering	11LE13MO-2030_PO 2020
Veranstaltung	
Softwaretechnik / Software Engineering	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE13V-2030
Veranstalter	
Institut für Informatik, Programmiersprache Institut für Informatik, Softwaretechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	3.0
Empfohlenes Fachsemester	4
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	40
Selbststudium	127
Workload	180 Stunden hours

Inhalt
Software engineering is "the application of engineering to software". This lecture provides knowledge of the fundamental techniques in software engineering: Revision Control, Process Models, Requirements Analysis, Formal and Semiformal Modeling Techniques, Object Oriented Analysis, Object Oriented Design, Design Patterns, Testing.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Klausur / schriftliche Abschlussprüfung (Dauer im Rahmen der Prüfungsordnungsregelung) Written examination (duration within the framework of the examination regulations)
Zu erbringende Studienleistung
siehe Übung see Exercises
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> ■ Ludewig, J. and Lichter, H. Software Engineering ■ Jacobson, I. et al. Object Oriented Software-Engineering - A Use Case Driven Approach ■ Davis, A. Software Requirements - Analysis and Specification
Teilnahmevoraussetzung
keine none
Empfohlene Voraussetzung
Basic knowledge about practical Computer Science concepts, algorithms and datastructure,

Programming Skills

(for Bachelor of Science: Participation in Softwarepraktikum)

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Softwaretechnik / Software Engineering	11LE13MO-2030_PO 2020
Veranstaltung	
Softwaretechnik / Software Engineering	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE13Ü-2030
Veranstalter	
Institut für Informatik, Programmiersprache Institut für Informatik, Softwaretechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	1.0
Empfohlenes Fachsemester	4
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
Lehrsprachen	deutsch, englisch
Präsenzstudium	13

Inhalt
The exercises consist of theoretical assignments and programming assignments, to apply the methods and concepts from the lecture.
Zu erbringende Prüfungsleistung
siehe Vorlesung see Lecture
Zu erbringende Studienleistung
Um die Studienleistung zu bestehen, müssen mindestens 50% der Punkte aus den Übungsblättern erreicht werden. 50% of the total points from the exercise sheets are sufficient
Teilnahmevoraussetzung

Name des Kontos	Nummer des Kontos
Advanced Microsystems Engineering	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
ECTS-Punkte	18 to 36 credits
Benotung	

Kommentar
<p>Students have to choose at least 3 lectures from the following selection of Microsystems Engineering lectures. They can take at most 6 of these lectures.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Assembly and Packaging Technology • Micro-electronics • Micro-mechanics • Micro-optics • Modelling and System Identification • MST Technologies and Processes • Sensors • Signal Processing <p>Together with the chosen courses in the Microsystems Engineering Concentration Areas, the amount of ECTS credits must not surpass 54.</p> <p>Overall, the limit of ECTS credits is 90 for the areas of</p> <ul style="list-style-type: none"> • Essential Lectures in Computer Science • Elective Courses in Computer Science • Advanced Microsystems Engineering • Microsystems Engineering Concentration Areas

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Assembly and packaging technology	11LE50MO-7700/986 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Jürgen Wilde	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Aufbau- u. Verbindungstechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	180 Stunden
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
keine

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Assembly and packaging technology	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	2.00	180 hours
Assembly and packaging technology	Übung	Wahlpflicht		1.00	

Qualifikationsziel
<p>Using the example of packaging and interconnection technology, the realization step from basically functioning microsystems to industrial products is demonstrated. In addition, an overview is given of the main technologies that are frequently used for the realization of demonstrators within the scope of the master's thesis. AVT is a complex technology that serves to generate the hardware of electronic systems. This technology draws directly from materials science, manufacturing technology, engineering mechanics and also electrical engineering. The aim of this module is to build operationally higher integrated systems by integrating and contacting a functional element and at the same time providing a barrier to protect it from environmental influences.</p> <p>The main learning objective is to understand the manufacturing technologies for electronic hardware and specifically for microsystems using modern industrial manufacturing processes. Another important learning objective is the knowledge of the concepts for the design and optimization of the assembly and interconnection technology in microsystems technology, taking into account functionality, service life, stress and operating conditions, and the ability to apply them to one's own scientific questions. The learning objective is also to qualify students specifically for the practical questions on assembly and interconnection technology that frequently arise during the master's thesis.</p>

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Assembly and packaging technology	11LE50MO-7700/986 PO 2021
Veranstaltung	
Assembly and packaging technology	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-7700/986_2018
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	60
Selbststudium	120
Workload	180 hours

Inhalt
<p>Assembly and packaging comprises a complex technology which aims at the fabrication of electronic hardware. This technology is mainly based on Materials Science and Engineering, Mechanical and Electrical Engineering. The target is to connect a functional element to an application and at the same time to protect it from the environment.</p> <p>Fabrication technologies comprise assembly, joining and interconnection, while the main constructional elements are substrates, housings or packages. For all of these present days' state of the art is presented and the fundamental requirements are demonstrated. So the students will get an overview of the basic manufacturing operations and the required materials in order to integrate electronic hardware.</p> <p>Besides, it is indispensable that knowledge about modern techniques for design optimisation will be taught. Electronic systems must fulfil specifications concerning integration density, high frequency behaviour, thermal management, thermal-mechanical behaviour and lifetime. To that purpose, the basic techniques for performance and reliability optimization will be regarded. In this way, it is desired that the students will become capable of finding own solutions in the field of assembly and packaging of microsystems.</p> <p>The course comprises the following</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Housing and packaging technologies - Hermetic and plastic packaging, wafer-level packaging 2. Substrates - Printed circuit boards, multi-chip-modules, moulded interconnect devices 3. Assembly technologies - Surface mount technology, adhesive bonding 4. Interconnection technology - Wire bonding, flip-chip-bonding 5. Electromagnetic compatibility EMC - Integrity and speed of electrical signals and equivalent circuits 6. Thermal management - Temperature problems and cooling techniques 7. Mechanical optimization - Stress-affected problems, solder joint reliability
Zu erbringende Prüfungsleistung
written examination (150 minutes)

Zu erbringende Studienleistung

see exercise
Literatur
■ An English manuscript will be made available in printed and in electronic form. Sources of information and references for the various fields are given in the manuscript.
Teilnahmevoraussetzung
none
Empfohlene Voraussetzung
none

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Assembly and packaging technology	11LE50MO-7700/986 PO 2021
Veranstaltung	
Assembly and packaging technology	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-7700/986_2018
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	1.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalt
<p>The exercise helps to reinforce the teaching contents of the lecture. It is the aim that students will be enabled to apply the acquired competences to relevant applications of assembly, packaging and interconnection technology like power electronics or sensor systems. To that purpose specific tasks will be exercised, which help to create suitable application-specific packaging concepts. Also it will be important to select the corresponding materials and fabrication processes properly. A highly relevant aspect is the capability to evaluate assembly and packaging concepts quantitatively with respect to the relevant performance parameters. Such criteria comprise a signal's time-of-flight, the thermal resistance, stress level, and life-time.</p>
Zu erbringende Prüfungsleistung
Zu erbringende Studienleistung
The exercise is passed when the student obtains 50 % of the points that can be obtained from the exercise sheets.
Teilnahmevoraussetzung
keine

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Micro-electronics	11LE50MO-7050/986 PO 2021
Verantwortliche/r	
Dr.-Ing. Matthias Keller	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Mikroelektronik	
Fachbereich / Fakultät	
Institut für Mikrosystemtechnik, Mechanische Werkstatt	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	1
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
Workload	180 hours
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung
keine
Empfohlene Voraussetzung
<p>Basic knowledge in electrical engineering and good knowledge in electronics, particularly with regard to the following topics:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ semiconductor diode ■ bipolar transistor ■ MOS transistor ■ operational amplifier ■ digital circuit design ■ logic gates & logic families ■ sequential circuits

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Micro-electronics	Vorlesung	Pflicht	6,0	2.00	workload: 180 hours
Micro-electronics	Übung	Pflicht		2.00	

Qualifikationsziel
<p>Having attended the module, the students will be able to understand and to design widely used basic analog integrated circuits like current mirrors and differential amplifiers. The students understand the physical principles and the use of MOS transistors in circuits and are able to build simple circuits. Furthermore, they will be able to analyze microelectronic systems on block and on transistor level.</p>

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Micro-electronics	11LE50MO-7050/986 PO 2021
Veranstaltung	
Micro-electronics	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-7050/986
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Mikroelektronik	
Fachbereich / Fakultät	
Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	1
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	60
Selbststudium	120
Workload	workload: 180 hours

Inhalt
<p>This course covers the fundamentals of microelectronics for analog circuits. It starts with a review of the CMOS process and the available components. Then, current sources, single stage amplifiers and differential amplifiers are discussed in time and frequency domain. The presentation of basic circuit concepts and their enhancements is completed with an introduction into analog circuit layout and a discussion of electronic noise in circuits.</p> <p>At last, applications of the presented circuits are shown, with a special focus on MEMS sensor readout.</p> <p>List of contents:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Introduction and review of CMOS technology and available components 2. Small signal equivalent circuit 3. Current sources 4. Single stage amplifier and its frequency behavior 5. Differential amplifiers 6. Noise in electronic circuits 7. Analog layout 8. MEMS Applications
Zu erbringende Prüfungsleistung
written examination with a duration of 120 minutes
Zu erbringende Studienleistung
none
Literatur
1. Allen, Holberg: CMOS Analog Circuit Design, Oxford University Press

- 2. Sedra, Smith: Microelectronic Circuits, Oxford University Press
- 3. Razavi: Design of Analog CMOS Integrated Circuits, McGraw-Hill Higher Education

Teilnahmevoraussetzung

none

Empfohlene Voraussetzung

Basic knowledge in electrical engineering and good knowledge in electronics, particularly with regard to the following topics:

- semiconductor diode
- bipolar transistor
- MOS transistor
- operational amplifier
- digital circuit design
- logic gates & logic families
- sequential circuits

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Micro-electronics	11LE50MO-7050/986 PO 2021
Veranstaltung	
Micro-electronics	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-7050/986
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Mikroelektronik	
Fachbereich / Fakultät	
Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	1
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalt
Zu erbringende Prüfungsleistung
Zu erbringende Studienleistung
none
Teilnahmevoraussetzung
none

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Micromechanics	11LE50MO-7100/986 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Lars Pastewka	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Simulation	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	1
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
Workload	180 hours
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung
none
Empfohlene Voraussetzung
Participants of this module have knowledge in mathematical analysis and linear algebra (basic calculus, vector operations, matrices, tensors, ...) and basic physics (forces, momenta, ...).

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Micromechanics	Vorlesung	Pflicht		2.00	workload 180 hours
Micromechanics	Übung	Wahlpflicht		2.00	

Qualifikationsziel
The student...
...understands the relationship between displacement, strain and strain energy density.
...can formulate and solve the equations for static force equilibrium of rigid and elastically deformable bodies.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Micromechanics	11LE50MO-7100/986 PO 2021
Veranstaltung	
Micromechanics	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-7100/986
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Simulation	
Fachbereich / Fakultät	
Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	1
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	60
Selbststudium	120
Workload	workload 180 hours

Inhalt
<p>This course is an introduction into the mechanics of structures and materials with a focus on mechanics at small scales. The lecture contains:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Statics: force systems, force couples, moments, bearings, internal force variables, free body diagrams, distributed loads ■ Elastostatics: stress, force equilibrium, stress invariants, displacement, strain, Hooke's law, strain energy, compatibility, plane problems, Airy stress function, Westergaard stress function ■ Beams & Plates: Euler-Bernoulli beam theory, buckling of beams, Kirchhoff plate theory ■ Failure & Cracks: yield criteria, fracture modes, near-field solution, fracture toughness, strain energy release rate, Griffith criterion
Zu erbringende Prüfungsleistung
The final examination will be written and of 150 minutes duration.
Zu erbringende Studienleistung
none
Literatur
<p>J.R. Barber, "Elasticity", Kluwer Academic Publishers, 2012</p> <p>P.C. Chou, N.J. Pagano, "Elasticity: Tensor, Dyadic, and Engineering Approaches", Dover, 1992</p> <p>D. Gross, W. Hauger, J. Schröder, W.A. Wall, J. Bonet, "Engineering Mechanics 2: Mechanics of Materials", Springer, 2011</p>

D. Gross, T. Seelig, "Fracture Mechanics: With an Introduction to Micromechanics", Springer, 2017

L.D. Landau, L.P. Pitaevskii, A.M. Kosevich, E.M. Lifshitz, "Theory of Elasticity", Butterworth-Heinemann, 1986

J.L. Meriam, L.G. Kraige, "Engineering Mechanics: Statics", John Wiley & Sons, 2014

S.P. Timoshenko, J.N. Goodier, "Theory of Elasticity", McGraw Hill, 1987

Teilnahmevoraussetzung

none

Empfohlene Voraussetzung

Participants of this module have knowledge in mathematical analysis and linear algebra (basic calculus, vector operations, matrices, tensors, ...) and basic physics (forces, momenta, ...).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Micromechanics	11LE50MO-7100/986 PO 2021
Veranstaltung	
Micromechanics	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-7100/986
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Simulation Institut für Mikrosystemtechnik, Konstruktion von Mikrosystemen	
Fachbereich / Fakultät	
Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	1
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalt
<p>The exercises will practice the contents of the lecture with sample problems. The lectures largely introduce the theoretical framework of mechanics analysis, while the exercise provides students the opportunity to engage with applied problems. Due to limitations in both lecture and exercise time, however, it is strongly recommended that students practice problems on their own as well. Exercise problems will not be graded or count toward the final course grade. Exercise problems will give students practice in utilizing and synthesizing multiple concepts in solving practical problems.</p>
Zu erbringende Prüfungsleistung
Zu erbringende Studienleistung
none
Teilnahmevoraussetzung
none

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Micro-optics	11LE50MO-7600/986 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Hans Zappe	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Mikrooptik	
Fachbereich / Fakultät	
Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	1
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	180 hours
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
none

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Micro-optics	Vorlesung	Wahlpflicht		2.00	180 hours
Micro-optics	Übung	Wahlpflicht		2.00	

Qualifikationsziel
<p>Optics is the science and engineering of light and is one of the most important technical disciplines with wide-ranging applications in both basic science and in industrial application.</p> <p>Micro-optics is optics for microsystems, small-scale components and systems which bring light into MEMS. This course will introduce the physics of light, the concepts of optics and optical components and their use in a broad variety of microsystems.</p> <p>The instructional aim of the course Micro-optics is the establishment of competence in basic optics, including optical components and systems, and generation of the ability to incorporate optical concepts into MEMS.</p> <p>At the completion of the course, the successful student should possess:</p> <ul style="list-style-type: none"> • a basic understanding of electromagnetic radiation and its interaction with matter; • the ability to analyze and understand the most important optical components and their functionality; • expertise in the analysis of fundamental lens combinations; • the ability to design and calculate the behavior of simple optical systems; • an awareness of the most important fabrication and assembly processes used in optics; • the ability to understand and apply micro-optical components and concepts in microsystems.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Micro-optics	11LE50MO-7600/986 PO 2021
Veranstaltung	
Micro-optics	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-7600/986
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Mikrooptik	
Fachbereich / Fakultät	
Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	6
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	1
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	60
Selbststudium	120
Workload	180 hours

Inhalt
<p>This course covers the fundamentals of micro-optics with a focus on implementation and application in optical microsystems. Following an overview of the relevant basic mathematics and electromagnetics, we will consider optical phenomena including Gaussian optics, optical interfaces and materials. The core of the course consists of an in-depth presentation of reflective, geometric, diffractive and integrated optics. In each section, both the basic optical components as well as their application in microsystems are considered.</p> <p>Table of contents:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Electromagnetic waves 2. Light waves & beams 3. Optical materials 4. Optical interfaces 5. Reflective optics 6. Refractive optics 7. Refractive components 8. Refractive systems 9. Diffractive optics 10. Diffractive components 11. Waveguide optics 12. Fiber optics 13. Fabrication

Zu erbringende Prüfungsleistung

Written examination with a duration of 120 minutes
Zu erbringende Studienleistung
see exercise
Literatur
<p>English:</p> <ul style="list-style-type: none"> • H. Zappe: Fundamentals of Micro-optics • E. Hecht: Optics • R. Hunsperger: Integrated Optics • B. Saleh & M. Teich: Fundamentals of Photonics • S. Sinzinger & J. Jahns: Microoptics • W. Smith: Modern Optical Engineering • H. Zappe: Introduction to Semiconductor Integrated Optics <p>In German:</p> <ul style="list-style-type: none"> • E. Hecht: Optik • G. Litfin: Technische Optik in der Praxis
Teilnahmevoraussetzung
none
Empfohlene Voraussetzung
none

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Micro-optics	11LE50MO-7600/986 PO 2021
Veranstaltung	
Micro-optics	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-7600/986
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Mikrooptik	
Fachbereich / Fakultät	
Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	1
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalt
The curriculum of practice serves to deepen the learning material micro-optics.
Zu erbringende Prüfungsleistung
The exercises have been passed if at least 50% of the exercise sheets have been prepared and submitted as well as if 50% of the practice sessions were attended. The grade is then calculated from the average of all points from all exercise sheets.
Zu erbringende Studienleistung
Teilnahmevoraussetzung
none
Empfohlene Voraussetzung
none

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Modelling and System Identification	11LE50MO-2080 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Moritz Diehl	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Systemtheorie, Regelungstechnik und Optimierung	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	180 hours
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung
keine
Empfohlene Voraussetzung
none

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Modellbildung und Systemidentifikation / Modelling and System Identification	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	2.00	180 hours
Modellbildung und Systemidentifikation / Modelling and System Identification	Übung	Wahlpflicht		2.00	

Qualifikationsziel
Aim of the module is to enable the students to create and identify models that help to describe and predict the behaviour of dynamic systems. In particular, students shall become able to use input-output measurement data in form of time series to identify unknown system parameters and to assess the validity and accuracy of the obtained models.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Modelling and System Identification	11LE50MO-2080 PO 2021
Veranstaltung	
Modellbildung und Systemidentifikation / Modelling and System Identification	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-2080
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Systemtheorie, Regelungstechnik und Optimierung	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	1
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	60 hours
Selbststudium	120 hours
Workload	180 hours

Inhalt
Linear and Nonlinear Least Squares, Maximum Likelihood and Bayesian Estimation, Cramer-Rao-Inequality, Recursive Estimation, Dynamic System Model Classes (Linear and Nonlinear, Continuous and Discrete Time, State Space and Input Output, White Box and Black Box Models), Application of identification methods to several case studies. The lecture course will also review necessary concepts from the three fields Statistics, Optimization, and Systems Theory, where needed.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Written exam (180 minutes)
Zu erbringende Studienleistung
see exercise
Literatur
1. Lecture manuscript 2. Ljung, L. (1999). System Identification: Theory for the User. Prentice Hall 3. Lecture manuscript "System Identification" by J
Teilnahmevoraussetzung
None

Empfohlene Voraussetzung

Undergraduate knowledge in analysis, algebra, differential equations as well as in systems theory and feedback control.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Modelling and System Identification	11LE50MO-2080 PO 2021
Veranstaltung	
Modellbildung und Systemidentifikation / Modelling and System Identification	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-2080
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Systemtheorie, Regelungstechnik und Optimierung	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	1
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalt
The exercises accompany the lecture content and are mostly computer exercises and case studies.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Zu erbringende Studienleistung
The course work is successfully completed if both of the following criteria are met: 1) Passing the exercise: For each exercise sheet, the achieved points are determined in percentage points with respect to the maximum score of the respective exercise sheet. The two exercise sheets with the lowest percentage points achieved will not be included in the assessment. The exercise is considered passed if the average of the achieved percentage points in the remaining exercise sheets is at least 50 percentage points. 2) Passing the micro-examinations: For each micro-examination, the points achieved are determined in percentage points with respect to the maximum number of points. The micro-exam in which the fewest percentage points were obtained will not be included in the evaluation. The microclauses are considered passed if the average of the percentage points achieved in the remaining microclauses is at least 50 percentage points.
Teilnahmevoraussetzung
none
Empfohlene Voraussetzung
none

Name des Moduls	Nummer des Moduls
MST technologies and processes	11LE50MO-7250 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Claas Müller Prof. Dr.-Ing. Bastian Rapp	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Prozesstechnologie	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	1
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
Workload	180 Stunden
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung
keine

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
MST technologies and processes	Vorlesung	Pflicht		2.00	180 hours
MST technologies and processes	Übung	Pflicht		1.00	

Qualifikationsziel
<p>It is the learning target that students will have a sound understanding of the fundamentals of MEMS technologies. They will know</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ the physical and technological background of microsystems processing ■ process flows for the fabrication of MEMS elements ■ principals of material sciences (silicon and other semiconductors) ■ principals of clean-room and vacuum technologies <p>Also the students will be able to apply this knowledge practically to own designs, and especially in the MST design laboratories.</p>
Literatur
<p>Marc Madou: Fundamentals of Microfabrication and Nanotechnology, CRC Press; 3 edition (August 1, 2011), ISBN 978-0849331800</p> <p>Menz, Mohr, Paul: Microsystem Technology, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA; Edition: 1 edition (February 15, 2001), ISBN 978-3527296347</p>

Name des Moduls	Nummer des Moduls
MST technologies and processes	11LE50MO-7250 PO 2021
Veranstaltung	
MST technologies and processes	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-7250
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Prozesstechnologie	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	6
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	1
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	60
Selbststudium	120
Workload	180 hours

Inhalt
<p>The content of the course:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ overview of MEMS processing (silicon, polymers) ■ mechanical, chemical and physical properties of silicon ■ cleanrooms – layout, function and operational procedures ■ lithographic methods: physical background, optical lithography, ebeam lithography, x-Ray lithography ■ vacuum technology, thin film and etching processes: physical and chemical background, Oxidation, Doping, Implantation, Physical Vapor Deposition (PVD), Chemical Vapor Deposition (CVD), Chemical etching processes. Plasma and reactive ion etching (RIE) ■ surface and bulk micromachinig (process chains) ■ back end processing: wafer bonding, dicing ■ assembly and packaging
Zu erbringende Prüfungsleistung
Written examination with a duration of 120 minutes
Zu erbringende Studienleistung
see exercises
Literatur
Marc Madou: Fundamentals of Microfabrication and Nanotechnology, CRC Press; 3 edition (August 1, 2011), ISBN 978-0849331800

Menz, Mohr, Paul: Microsystem Technology, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA; Edition: 1 edition (February 15, 2001), ISBN 978-3527296347

Teilnahmevoraussetzung

none

Empfohlene Voraussetzung

none

Name des Moduls	Nummer des Moduls
MST technologies and processes	11LE50MO-7250 PO 2021
Veranstaltung	
MST technologies and processes	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-7250
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Prozesstechnologie	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	1.0
Empfohlenes Fachsemester	1
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalt
Zu erbringende Prüfungsleistung
Zu erbringende Studienleistung
Within the practical course of this lecture, students will be assembled in teams and given an assignment to perform. The assignment will stem from the context of the lecture and will be solved by the teams independently under supervision of the professor. The assignment will be documented in a 4-page summary reported which will be graded and corrected. The result will then be presented in a 10-15 minute presentation.
Teilnahmevoraussetzung
keine

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Sensors	11LE50MO-7500/986 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Gerald Urban	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Sensoren	
Fachbereich / Fakultät	
Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	6,0
Empfohlenes Fachsemester	1
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	180 hours
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung
none
Empfohlene Voraussetzung
Basic knowledge in physics, mathematics and materials

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Sensors	Vorlesung	Wahlpflicht		2.00	180 hours
Sensorik und Aktorik - Praktikum / Sensors - Laboratory	Praktikum	Wahlpflicht		1.00	

Qualifikationsziel
<p>Participants should exhibit a comprehensive overview over all technical sensor types, their working principles, measurement ranges, accuracies, their realization technologies. Thermodynamics and material based conversion principles for sensor functions.</p> <p>Students should be enabled to select, apply, optimise, existing sensor types and establish sensor signal handling for a specific task. Furthermore, they should gain abilities to develop novel sensor types and technologies for their realization.</p>

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Sensors	11LE50MO-7500/986 PO 2021
Veranstaltung	
Sensors	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-7500/986
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Sensoren	
Fachbereich / Fakultät	
Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	6
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	1
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	60
Selbststudium	120
Workload	180 hours

Inhalt
<p>The lecture Sensors gives an overview about methods and technologies creating sensors and actuators focussing on micro-technology.</p> <p>In the lecture, an introduction in basics of sensor principles is given starting with bionic principles, thermodynamics as sensor theory and also close insights into industrial sensors and production technologies are provided. Emphasis is laid on micro technological technologies and methods.</p> <p>The lecture covers physical sensors as temperature, radiation, force, pressure and gear rate. Also magnetic sensors , optical sensors and position and angular arte sensors are presented. The very actual topics of chemo-, gas- and biosensors complete the lecture.</p> <p>Additionally electronic interfaces, linearization procedures and applications will be communicated. Examples of university and industrial environment will be demonstrated and the problems occurring in real life discussed.</p>
Zu erbringende Prüfungsleistung
Written or oral examination
Zu erbringende Studienleistung
see exercise
Teilnahmevoraussetzung
none

Empfohlene Voraussetzung
Basic knowledge in physics, mathematics and materials

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Sensors	11LE50MO-7500/986 PO2021
Veranstaltung	
Sensorik und Aktorik - Praktikum / Sensors - Laboratory	
Veranstaltungsart	Nummer
Praktikum	11LE50P-7500
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Sensoren	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	1.0
Empfohlenes Fachsemester	1
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprachen	deutsch, englisch

Inhalt
Zu erbringende Prüfungsleistung
For each experiment there will be an assessment of the work done during the lab course. For each protocol a grade is assigned to the student who is responsible for the protocol.
Zu erbringende Studienleistung
For each experiment there will be a short written test with a grade for the individual student, the test is passed, if 50% of the max. points have been acquired.
Teilnahmevoraussetzung
keine
Empfohlene Voraussetzung
Basic knowledge in physics, mathematics and materials

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Signal processing	11LE50MO-7400 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Stefan Rupitsch	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Professur für Elektrische Messtechnik und Eingebettete Systeme	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
Workload	180 hours
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
Good knowledge in mathematics (complex numbers, trigonometry, calculus, linear algebra, circuit analysis, differential equations).

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Signal processing - Vorlesung	Vorlesung	Pflicht		2.00	180 hours
Signal processing - Übung	Übung	Pflicht		1.00	

Qualifikationsziel
With this module students will be able to mathematically model the propagation of signals in electronic systems, enabling them to optimize their design. In particular, students will be able to design and test analog and digital filters.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Signal processing	11LE50MO-7400 PO 2021
Veranstaltung	
Signal processing - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-7400
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Professur für Elektrische Messtechnik und Eingebettete Systeme	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	6
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	60
Selbststudium	120
Workload	180 hours

Inhalt
The purpose of the course is to teach students how to mathematically model the propagation of signals through electrical systems. The following topics will be covered in the course: Matlab, Analog networks, Network analysis, Convolution, Impulse response, Signal response, Freq response, Bode plot, Phasors, Transfer functions, Pole-zero plot, System response, Stability, Laplace transform, Analog Filter design, Sampling, Quantizing, Analog to digital converter, Digital to analog converter, Digital networks, Z transform, Digital filter design, Digital signal processor, Fourier series, Fourier transform, Discrete Fourier transform, Fast Fourier transform, and Windowing.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Written exam (Klausur), 120 minutes
Zu erbringende Studienleistung
none
Literatur
In English: <ul style="list-style-type: none"> ■ Denbigh, Philip: System Analysis and Signal Processing ■ Mertins: Signal Analysis ■ Mitra: Digital Signal Processing ■ Kay: Fundamentals of statistical signal processing & Modern spectral estimation ■ Ingle, Proakis: Digital Signal Processing using MATLAB

In German:

- Butz, Tilman: Fouriertransformation für Fußgänger
- Daniel Ch. von Grüningen: Digitale Signalverarbeitung, Fachbuchverlag Leipzig
- E. Schröder: Signalverarbeitung, Hanser Verlag
- R. Scheithauer: Signale und Systeme, Teubner Stuttgart
- Kammeyer, Kroschel: Digitale Signalverarbeitung
- Einführung in MATLAB, Skript zu den Übungen Signalverarbeitung SS2005
- Vorlesungsskript Signalverarbeitung SS2005
- Oppenheim, Schaffer: Zeitdiskrete Signalverarbeitung

Teilnahmevoraussetzung

None

Empfohlene Voraussetzung

Good knowledge in mathematics (complex numbers, trigonometry, calculus, linear algebra, circuit analysis, differential equations).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Signal processing	11LE50MO-7400 PO 2021
Veranstaltung	
Signal processing - Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-7400
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Professur für Elektrische Messtechnik und Eingebettete Systeme	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	1.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalt	
Zu erbringende Prüfungsleistung	see lecture
Zu erbringende Studienleistung	none
Teilnahmevoraussetzung	None
Empfohlene Voraussetzung	Good knowledge in mathematics (complex numbers, trigonometry, calculus, linear algebra, circuit analysis, differential equations).

Name des Kontos	Nummer des Kontos
Elective Courses in Computer Science	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
ECTS-Punkte	18 to 36 credits
Benotung	

Kommentar
<p>Students have to take at least 3 Specialization Courses in Computer Science.</p> <p>Together with the chosen Essential Courses in Computer Science, the amount of ECTS credits must not surpass 54.</p> <p>Overall, the limit of ECTS credits is 90 for the areas of</p> <ul style="list-style-type: none"> • Essential Lectures in Computer Science • Elective Courses in Computer Science • Advanced Microsystems Engineering • Microsystems Engineering Concentration Areas

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Advanced Algorithms	11LE13MO-1326_PO 2020
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Fabian Kuhn	
Veranstalter	
Institut für Informatik, Algorithmen und Komplexität	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	180 Stunden hours
Angebotsfrequenz	unregelmäßig

Teilnahmevoraussetzung
keine none
Empfohlene Voraussetzung
some background in algorithm design/analysis and probability theory is expected (as gained in the course "Algorithms Theory")

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Advanced Algorithms	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	2.00	180 Stunden hours
Advanced Algorithms	Übung	Wahlpflicht		2.00	

Qualifikationsziel
Students have advanced knowlegde about modern algorithmic techniques. They know the advantages and disadvantages of various methods for different applications.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Teil der Spezialisierung Cyber-Physical Systems im Master of Science Informatik/Computer Science bzw. MSc Embedded Systems Engineering Part of the specialization Cyber-Physical Systems in Master of Science Informatik/Computer Science bzw. MSc Embedded Systems Engineering

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Advanced Algorithms	11LE13MO-1326_PO 2020
Veranstaltung	
Advanced Algorithms	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE13V-1326
Veranstalter	
Institut für Informatik, Algorithmen und Komplexität	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	1
Angebotsfrequenz	unregelmäßig
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	28
Selbststudium	124
Workload	180 Stunden hours

Inhalt
In the course, we discuss modern algorithmic techniques. The course covers a variety of topics, such as for example: <ul style="list-style-type: none"> - approximation algorithms - randomized algorithms - graph embeddings - graph sparsification - theory of learning - sketching and streaming algorithms - continuous methods in combinatorial optimization
Zu erbringende Prüfungsleistung
Oral exam (duration within the framework of the examination regulations)
Zu erbringende Studienleistung
none
Literatur
Literature will be provided in the lecture.
Teilnahmevoraussetzung
none

Empfohlene Voraussetzung

There is no formal requirement, however some background in algorithm design/analysis and probability theory is expected. Having passed the algorithm theory course (or a similar course) prior to taking the advanced algorithms lecture is highly recommended.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Advanced Algorithms	11LE13MO-1326_PO 2020
Veranstaltung	
Advanced Algorithms	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE13Ü-1326
Veranstalter	
Institut für Informatik, Algorithmen und Komplexität	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	unregelmäßig
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	28

Inhalt
The lecture will be complemented by theoretical exercises that allow to apply and further develop ideas and techniques discussed in the lecture. The exercises are an integral part of the lecture, the topics covered by the exercises will also be part of the oral exam. There are two graded homework assignments that count 30% towards the final grade of the course.
Zu erbringende Prüfungsleistung
see Lecture
Zu erbringende Studienleistung
none
Teilnahmevoraussetzung

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Advanced Computer Graphics	11LE13MO-1106_PO 2020
Verantwortliche/r	
Prof. Dr.-Ing. Matthias Teschner	
Veranstalter	
Institut für Informatik, Graphische Datenverarbeitung	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	180 Stunden hours
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung
keine none
Empfohlene Voraussetzung
Programming skills Knowledge in Algorithms and Data Structures, Linear Algebra and Analysis Knowledge in Image Processing and Computer Graphics

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Advanced Computer Graphics	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	2.00	180 Stunden hours
Advanced Computer Graphics	Übung	Wahlpflicht		2.00	

Qualifikationsziel
Students know the main concepts for image synthesis as well as global illumination approaches. They are able to use formal governing equation and solution techniques and know how to describe light. They know bidirectional reflectance distribution functions for material modeling and can apply Monte-Carlo techniques for approximately solving the rendering equation that describes the interaction of light with surfaces.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Teil der Spezialisierung Künstliche Intelligenz im Master of Science Informatik/Computer Science bzw. MSc Embedded Systems Engineering Part of the specialization Artificial Intelligence in Master of Science Informatik/Computer Science bzw. MSc Embedded Systems Engineering

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Advanced Computer Graphics	11LE13MO-1106_PO 2020
Veranstaltung	
Advanced Computer Graphics	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE13V-1106
Veranstalter	
Institut für Informatik, Graphische Datenverarbeitung	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	30 Stunden
Selbststudium	90 Stunden
Workload	180 Stunden hours

Inhalt
The course addresses all aspects of the raytracing technique. The curriculum covers photometric quantities to describe light, bidirectional reflectance distribution functions for material modeling and Monte-Carlo techniques for approximately solving the rendering equation that describes the interaction of light with surfaces. The curriculum also addresses the homogeneous notation, spatial data structures for ray-object intersections and sampling strategies.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Klausur / schriftliche Abschlussprüfung (Dauer im Rahmen der Prüfungsordnungsregelung) Written examination (duration within the framework of the examination regulations)
Zu erbringende Studienleistung
none
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> ■ Dutre, Bala, Bekaert: Advanced Global Illumination, A K Peters, 2006 ■ Pharr, Humphreys: Physically Based Rendering, Elsevier, 2010 ■ Shirley, Keith Morley: Realistic Ray Tracing, A K Peters, 2003 ■ Suffern: Ray Tracing From The Ground Up, A K Peters, 2007 ■ Foley, vanDam, Feiner, Hughes: Computer Graphics - Principles and Practice -, Addison Wesley, ISBN 0-201-84840-6 ■ Tomas Moller and Eric Haines: Real-Time Rendering, A. K. Peters Limited, 1999, ISBN 1-56881-182-9

- David F. Rogers: Procedural Elements for Computer Graphics, McGraw-Hill, 1998, ISBN 0-07-053548-5
- OpenGL Programming Guide, Second Edition, Addison-Wesley, 1997, ISBN 0-201-461138-2

Teilnahmevoraussetzung

Empfohlene Voraussetzung

Programming skills
Knowledge in Algorithms and Data Structures, Linear Algebra and Analysis
Knowledge in Image Processing and Computer Graphics

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Advanced Computer Graphics	11LE13MO-1106_PO 2020
Veranstaltung	
Advanced Computer Graphics	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE13Ü-1106
Veranstalter	
Institut für Informatik, Graphische Datenverarbeitung	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	30 Stunden

Inhalt
Practical development of ray tracing components based on concepts from lectures
Zu erbringende Prüfungsleistung
see Lectures
Zu erbringende Studienleistung
none (voluntary work)
Teilnahmevoraussetzung

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Advanced Database and Information Systems	11LE13MO-1345_PO 2020
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Georg Lausen	
Veranstalter	
Institut für Informatik, Datenbanken u. Informationssysteme	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	180 Stunden hours
Angebotsfrequenz	unregelmäßig

Teilnahmevoraussetzung
none
Empfohlene Voraussetzung
Foundations in databases and information systems

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Advanced Database and Information Systems	Lehrveranstaltung	Wahlpflicht	6,0	2.00	180 Stunden hours
Advanced Database and Information Systems	Übung	Wahlpflicht		2.00	

Qualifikationsziel
Students know advanced, system-oriented as well as theoretical aspects of databases and information systems. They know fundamental techniques for storing, interchanging and querying data. They can apply them, but also how to adapt them to slightly different circumstances. They can know common JSON and XML standards and can choose the best way to apply them in different usage scenarios. Practical application using SQL is part of their expertise.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Advanced Database and Information Systems	11LE13MO-1345_PO 2020
Veranstaltung	
Advanced Database and Information Systems	
Veranstaltungsart	Nummer
Lehrveranstaltung	11LE13V-1345
Veranstalter	
Institut für Informatik, Datenbanken u. Informationssysteme	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	unregelmäßig
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	30
Selbststudium	90
Workload	180 Stunden hours

Inhalt
<p>The course introduces into advanced topics of Databases and Information Systems. The course covers systemoriented and theoretical aspects, e.g.:</p> <p>Systems:</p> <ul style="list-style-type: none"> - JSON and XML standard, language families and processing using SQL - NoSQL and columnar datastores - SQL on top of compute clusters: basics, HDFS, Parquet, Hive and SparkSQL <p>Theory:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Equivalence Relational Algebra and Relational Calculus - Conjunctive queries, containment and Chase - Datalog families
Zu erbringende Prüfungsleistung
Oral exam (duration within the framework of the examination regulations)
Zu erbringende Studienleistung
see exercises
Literatur
High-quality literature for each topic can be found on the Web. Students are encouraged to make their own selections.

Teilnahmevoraussetzung
Empfohlene Voraussetzung
Sehr gute Kenntnisse in Databases and Information Systems werden erwartet

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Advanced Database and Information Systems	11LE13MO-1345_PO 2020
Veranstaltung	
Advanced Database and Information Systems	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE13Ü-1345
Veranstalter	
Institut für Informatik, Datenbanken u. Informationssysteme	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	unregelmäßig
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	30

Inhalt
Exercises give the students opportunities to deepen their understanding of the course material. Practical exercises will demonstrate the specific problems arising when applying the methods on real data. Students are encouraged to present their own solutions.
Zu erbringende Prüfungsleistung
see lectures
Zu erbringende Studienleistung
Students pass the coursework when they have presented at least one correct solution.
Teilnahmevoraussetzung

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Analyse von Life Science Hochdurchsatzdaten mit Galaxy	11LE13MO-1340_PO 2020
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Rolf Backofen	
Veranstalter	
Institut für Informatik, Bioinformatik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	180 Stunden hours
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
none
Empfohlene Voraussetzung
Basic knowledge in bioinformatics It is recommended to take the Bioinformatics I lecture before attending this course.

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Analyse von Life Science Hochdurchsatzdaten mit Galaxy - Praktische Übung	Lehrveranstaltung	Wahlpflicht	6,0	2.00	180 hours

Qualifikationsziel
Students can use Galaxy (open source, webbased platform for data intensive biomedical research) for big data analysis as needed for biological and medical research. They know data analysis concepts for DNA and RNA and can visualize results.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Analyse von Life Science Hochdurchsatzdaten mit Galaxy	11LE13MO-1340_PO 2020
Veranstaltung	
Analyse von Life Science Hochdurchsatzdaten mit Galaxy - Praktische Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Lehrveranstaltung	11LE13PÜ-1340
Veranstalter	
Institut für Informatik, Bioinformatik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprachen	deutsch, englisch
Präsenzstudium	26 hours
Selbststudium	154 hours
Workload	180 hours

Inhalt
<p>In biological and medical research big data analysis is urgently needed for understanding the information which is encoded in the molecules of life. Many diseases, such as cancer, are caused by aberrations in those molecules. In this course you will learn to use Galaxy for big data analysis which is an open source, webbased platform for data intensive biomedical research. Galaxy provides access to a powerful analysis infrastructure and allows for reproducible and transparent data analysis. Creating pipelines and workflows in Galaxy ensure a transparent and reproducible analysis of data. The Galaxy course offers comprehensive knowledge about HTS data analyses. You will get an theoretical introduction into the analysis of DNA and RNA. After the workshop you will be able to create pipelines for your individual analyses and visualize the results.</p> <p>In the exercises, gained knowledge from the Galaxy training course will be used to solve tasks and apply tools to real world biological and medical data.</p> <p>http://galaxy.bi.uni-freiburg.de/ http://www.bioinf.uni-freiburg.de</p>
Zu erbringende Prüfungsleistung
written composition / report
Zu erbringende Studienleistung
None

Literatur
https://academic.oup.com/nar/article/44/W1/W3/2499339/The-Galaxy-platform-for-accessible-reproducible
Teilnahmevoraussetzung
none
Empfohlene Voraussetzung
It is recommended to take the Bioinformatics I lecture before attending this course.
Lehrmethoden
This course will be held in English if there is at least one international participant.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Artificial Intelligence Planning	11LE13MO-1102_PO 2020
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Bernhard Nebel	
Veranstalter	
Institut für Informatik, Informatik, Grundlagen der künstlichen Intelligenz	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	1
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	180 Stunden hours
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung
keine none
Empfohlene Voraussetzung
The essential concepts from complexity theory (NP completeness, polynomial reductions) should be known. We also expect basic knowledge of the basic search algorithms covered in the lecture on Foundations of Artificial Intelligence, such as depth-first search, breadth-first search, heuristic search with the A* algorithm, or greedy best-first search. Basic knowledge of (propositional) logic is expected.

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Artificial Intelligence Planning	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	3.00	180 Stunden hours
Artificial Intelligence Planning	Übung	Wahlpflicht		1.00	

Qualifikationsziel
Students know theoretical and algorithmic foundations of modern AI planning systems. They know formal methods, understand the differences between heuristics and can apply them appropriately. They are familiar with planning in nondeterministic domains and can estimate the complexity of planning processes.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Teil der Spezialisierung Künstliche Intelligenz im Master of Science Informatik/Computer Science bzw. MSc Embedded Systems Engineering Part of the specialization Artificial Intelligence in Master of Science Informatik/Computer Science bzw. MSc Embedded Systems Engineering

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Artificial Intelligence Planning	11LE13MO-1102_PO 2020
Veranstaltung	
Artificial Intelligence Planning	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE13V-1102
Veranstalter	
Institut für Informatik, Informatik, Grundlagen der künstlichen Intelligenz	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	3.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	48
Selbststudium	116
Workload	180 Stunden hours

Inhalt
<p>The lecture provides a detailed introduction to the theoretical and algorithmic foundations of modern AI planning systems. In detail, we will cover the following topics:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Formalization of planning ■ Planning as search; progression and regression ■ Satisficing heuristic-search planning using relaxation heuristics ■ Optimal heuristic-search planning using abstraction heuristics ■ Optimal heuristic-search planning using landmark heuristics ■ State-space pruning techniques for planning ■ Planning in nondeterministic domains ■ Theoretical complexity of planning
Zu erbringende Prüfungsleistung
<p>Written examination (duration within the framework of the examination regulations)</p> <p>If number of participants is small, might be changed to oral exam instead. Students will be notified in good time.</p>
Zu erbringende Studienleistung
siehe Übung see exercises

Literatur

- Hector Geffner and Blai Bonet, A Concise Introduction to Models and Methods for Automated Planning, Morgan & Claypool Publishers, 2013
- Russell, Norvig: Artificial Intelligence: A Modern Approach. Prentice Hall, 2003
- Nau, Ghallab, Traverso: Automated Planning: Theory and Practice. Morgan Kaufmann, 2004
- Rintanen: Introduction to Automated Planning. Lecture Notes for the SS 2005 course. Albert-Ludwigs-Universität-Freiburg, 2005

Teilnahmevoraussetzung

none

Empfohlene Voraussetzung

The essential concepts from complexity theory (NP completeness, polynomial reductions) should be known. We also expect basic knowledge of the basic search algorithms covered in the lecture on Foundations of Artificial Intelligence, such as depth-first search, breadth-first search, heuristic search with the A* algorithm, or greedy best-first search. Basic knowledge of (propositional) logic is expected.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Artificial Intelligence Planning	11LE13MO-1102_PO 2020
Veranstaltung	
Artificial Intelligence Planning	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE13Ü-1102
Veranstalter	
Institut für Informatik, Informatik, Grundlagen der künstlichen Intelligenz	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	1.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	16 Stunden

Inhalt
Zu erbringende Prüfungsleistung
see lecture
Zu erbringende Studienleistung
Um die Studienleistung zu erbringen, müssen mind. 50% der erreichbaren Punkte aus den Übungen und Projekten erreicht werden. To successfully complete the Studienleistung it is necessary to reach 50% of all points.
Teilnahmevoraussetzung

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Automated Machine Learning	11LE13MO-1415_PO 2020
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Frank Roman Hutter	
Veranstalter	
Institut für Informatik, Professur für Maschinelles Lernen	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	180 Stunden hours
Angebotsfrequenz	in jedem Semester

Teilnahmevoraussetzung
* either lecture: "Machine Learning" * or lecture: "Foundations of Deep Learning"
Empfohlene Voraussetzung
* Solid understanding of machine learning * Hands-on experience with deep learning * programming skills in Python

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Automated Machine Learning	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	2.00	180 hours
Automated Machine Learning	Übung	Wahlpflicht		2.00	

Qualifikationsziel
Based on machine learning (ML), AI achieved major breakthroughs in the last years. However, applying machine learning and in particular deep learning (DL) in practice is a challenging task and requires a lot of expertise. Among other things, the success of ML/DL applications depends on many design decisions, including an appropriate preprocessing of the data, choosing a well-performing machine learning algorithm and tuning its hyperparameters, giving rise to a complex pipeline. Unfortunately, even experts need days, weeks or even months to find well-performing pipelines and can still make mistakes when optimizing their pipelines.

After completion of this course students will be able to discuss meta-algorithmic approaches to automatically search for, and obtain well-performing machine learning systems by means of automated machine learning (AutoML).

Such AutoML systems allow for faster development of new ML/DL applications, require far less expert knowledge than doing everything from scratch and often even outperform human developers.

Students know how to use such AutoML systems, to develop their own systems and to understand ideas behind state-of-the-art AutoML approaches.

Verwendbarkeit der Veranstaltung

Teil der Spezialisierung Künstliche Intelligenz im Master of Science Informatik/Computer Science bzw. MSc Embedded Systems Engineering

Part of the specialization Artificial Intelligence in Master of Science Informatik/Computer Science bzw. MSc Embedded Systems Engineering

auch / also

Teil der Spezialisierung Cyber-Physical Systems im Master of Science Informatik/Computer Science bzw. MSc Embedded Systems Engineering

Part of the specialization Cyber-Physical Systems in Master of Science Informatik/Computer Science bzw. MSc Embedded Systems Engineering

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Automated Machine Learning	11LE13MO-1415_PO 2020
Veranstaltung	
Automated Machine Learning	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE13V-1415
Veranstalter	
Institut für Informatik, Professur für Maschinelles Lernen	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	in jedem Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	30
Selbststudium	90
Workload	180 hours

Inhalt
<ul style="list-style-type: none"> * Design of configuration spaces for automated machine learning * Hyperparameter Optimization with Bayesian Optimization * Neural architecture search with Reinforcement learning, Bayesian Optimization and Evolutionary strategies * Transfer-learning, meta-learning, pre-training and fine-tuning * Learning-to-learn * Hyperparameter importance analysis
Zu erbringende Prüfungsleistung
oral examination (exam interview) - (duration within the framework of the examination regulations)
Zu erbringende Studienleistung
siehe Übung / see Exercises
Literatur
Selected material from the book "AutoML: Methods, Systems, Challenges" by Hutter, Kotthoff and Van-Schoren (freely available online at www.automl.org/book), as well as other surveys and research articles.
Teilnahmevoraussetzung
<ul style="list-style-type: none"> * Lecture: "Machine Learning" * Lecture: "Foundations of Deep Learning"

Empfohlene Voraussetzung

- * Solid understanding of machine learning
- * Hands-on experience with deep learning

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Automated Machine Learning	11LE13MO-1415_PO 2020
Veranstaltung	
Automated Machine Learning	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE13Ü-1415
Veranstalter	
Institut für Informatik, Professur für Maschinelles Lernen	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	in jedem Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	30

Inhalt
<p>Die Übungen orientieren sich an den Vorlesungen. In den praktisch angelegten Übungen werden die Inhalte der Vorlesung praktisch selbstständig umgesetzt.</p> <p>Am Ende gibt es ein großes Projekt (80h), in dem die Studierenden die Inhalte eigenständig auf ein neues Problem anwenden.</p> <p>Dieses Projekt wird im ersten Teil der mündlichen Prüfung vorgestellt.</p> <p>The exercises follow the lectures. In the practically-oriented exercises students will independently implement the lecture material.</p> <p>In the end there is a large project (80h), in which the students apply the contents of the course to a new problem domain.</p> <p>This project will be presented in the first part of the oral exam.</p>
Zu erbringende Prüfungsleistung
see lecture
Zu erbringende Studienleistung
Doing a project (80h)
Teilnahmevoraussetzung

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Bioinformatics I	11LE13MO-1309_PO 2020
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Rolf Backofen	
Veranstalter	
Institut für Informatik, Bioinformatik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	180 Stunden hours
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung
keine none
Empfohlene Voraussetzung
<p>Von Vorteil bzw. stark empfohlen sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Grundlegende, einfache molekularbiologische Kenntnisse ■ Grundlegende Kenntnisse in Algorithmen, wie aus Informatik Grundstudium/Bachelor <p> </p> <p>Advantageous or strongly recommended prerequisites:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Basic, simple knowledge of molecular biology ■ Basic knowledge of algorithms, such as from computer science undergraduate / bachelor's degree

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Bioinformatics I	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	2.00	180 Stunden hours
Bioinformatics I	Übung	Wahlpflicht		2.00	

Qualifikationsziel
<p>The course shall give an overview of basic bioinformatics topics and understanding of some fundamental algorithms. The special focus of the course is on sequence analysis.</p> <p>In the module we fundamental principles in biology are revised and illustrate target problems and associated applications.</p>

Students will be able to explain and apply fundamental algorithms regarding sequence alignment and phylogenetic trees and will be capable to design and analyze algorithms that elaborate discrete sequences. Students will understand how to solve an optimization problem using Dynamic Programming techniques and be able to design and analyze new algorithms. By the end of the module, students will become familiar with applications of Markov models in Bioinformatics and be able to compute phylogenetic trees.

Verwendbarkeit der Veranstaltung

Teil der Spezialisierung Künstliche Intelligenz im Master of Science Informatik/Computer Science bzw. MSc Embedded Systems Engineering
Part of the specialization Artificial Intelligence in Master of Science Informatik/Computer Science bzw. MSc Embedded Systems Engineering

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Bioinformatics I	11LE13MO-1309_PO 2020
Veranstaltung	
Bioinformatics I	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE13V-1309
Veranstalter	
Institut für Informatik, Bioinformatik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	1
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	30
Selbststudium	120
Workload	180 Stunden hours

Inhalt
<p>Sequence alignment</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ global and local alignment, distance and similarity ■ affine and arbitrary gap cost functions ■ multiple sequence alignment <p>Substitution matrices and Markov chains:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Markov models and their properties ■ Markov chains and substitutions matrices, e.g. PAM <p>Phylogenetic trees:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ hierarchical methods and clustering ■ Markov processes and maximum likelihood ■ quadtree sampling <p> </p> <p>Sequenzalignment:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ global und lokal, Distanz und Ähnlichkeit ■ affine and beliebige Gap-Kostenfunktionen <p>Substitutionsmatrizen und Markov-Ketten:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Markov-Modelle und deren Eigenschaften ■ Markov-Ketten und Substitutionsmatrizen, z.B. PAM

Phylogenetische Bäume: <ul style="list-style-type: none"> ■ hierarchische Methoden und clustering ■ Markov-Prozesse und maximum likelihood ■ quartet puzzling
Zu erbringende Prüfungsleistung
Klausur / schriftliche Abschlussprüfung (Dauer im Rahmen der Prüfungsordnungsregelung) Written examination (duration within the framework of the examination regulations) If number of participants is small, might be changed to oral exam instead. Students will be notified in good time.
Zu erbringende Studienleistung
none
Teilnahmevoraussetzung
Empfohlene Voraussetzung
Von Vorteil bzw. vorausgesetzt sind Grundlegende, einfache molekularbiologische Kenntnisse Grundlegende Kenntnisse in Algorithmen, wie aus Informatik Grundstudium/Bachelor

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Bioinformatics I	11LE13MO-1309_PO 2020
Veranstaltung	
Bioinformatics I	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE13Ü-1309
Veranstalter	
Institut für Informatik, Bioinformatik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	28 Stunden
Selbststudium	124 Stunden

Inhalt
Participating in the the exercise sessions and solving the sheets deepens your understanding. You can use the exercise session for (supervised) solving the sheets or to ask questions. You can solve them independently or as group.
Zu erbringende Prüfungsleistung
siehe Vorlesung see lecture
Zu erbringende Studienleistung
none Solving exercise sheets is optional but highly recommended.
Teilnahmevoraussetzung

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Bioinformatics II	11LE13MO-1310_PO 2020
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Rolf Backofen	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	180 Stunden hours
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
Bioinformatics I
Empfohlene Voraussetzung
The foundations laid in Bioinformatics I will be assumed to be known. Additional prerequisites: <ul style="list-style-type: none"> ■ Basic, simple knowledge of molecular biology ■ Basic knowledge of algorithms, such as from computer science undergraduate / bachelor's degree

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Bioinformatics II	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	2.00	180 Stunden hours
Bioinformatics II	Übung	Wahlpflicht		2.00	

Qualifikationsziel
This module is designed as a follow up for the course "Bioinformatics 1" or a similar one. Students will be given an advanced overview of bioinformatics topics with a deeper understanding of many fundamental algorithms. They will learn well known multiple sequence alignment and analysis algorithms like BLAST and t-coffee and be able to explain them in detail. They will understand Hidden Markov modelling and will apply them to specific problems in Bioinformatics. Students will be able to distinguish various protein models and to compile folding kinetics information based on energy landscape models. Finally, they can calculate optimal RNA structures based on central prediction algorithms and explain the according methods.

Verwendbarkeit der Veranstaltung

Teil der Spezialisierung Künstliche Intelligenz im Master of Science Informatik/Computer Science
bzw. MSc Embedded Systems Engineering|
Part of the specialization Artificial Intelligence in Master of Science Informatik/Computer Science
bzw. MSc Embedded Systems Engineering

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Bioinformatics II	11LE13MO-1310_PO 2020
Veranstaltung	
Bioinformatics II	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE13V-1310
Veranstalter	
Institut für Informatik, Bioinformatik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	32 Stunden
Selbststudium	116 Stunden
Workload	180 Stunden hours

Inhalt
<p>Multiple sequence alignment</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Scoring schemes ■ Exact and heuristic methods (progressive approaches, t-coffee etc.) <p>Hidden markov models</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Profile HMMs for multiple alignment ■ Learning profile HMMs <p>Protein structure</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Simple protein models <p>Fast sequence search</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ BLAST ■ BLAT ■ Suffix trees <p>Energy Landscapes</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Monte-Carlo sampling ■ Abstractions ■ Folding dynamics

Zu erbringende Prüfungsleistung

oral exam (duration within the framework of the examination regulations)
If number of participants is very high, might be exceptionally changed to written examination instead. Students will be notified in good time.
Zu erbringende Studienleistung
keine none
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> ■ Clote, Backofen: Computational Molecular Biologie, An Introduction. Wiley & Sons. ISBN-10: 0471872520 ISBN-13: 978-0471872528 ■ Durbin et al.: Biological Sequence Analysis. Cambridge University Press. ISBN-10: 0521629713 ISBN-13: 978-0521629713 ■ D.W. Mount: Bioinformatics - Sequence and Genome Analysis Cold Spring Harbor
Teilnahmevoraussetzung
Bioinformatics I
Empfohlene Voraussetzung
<p>The foundations laid in Bioinformatics I will be assumed to be known.</p> <p>Additional prerequisites:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Basic, simple knowledge of molecular biology ■ Basic knowledge of algorithms, such as from computer science undergraduate / bachelor's degree

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Bioinformatics II	11LE13MO-1310_PO 2020
Veranstaltung	
Bioinformatics II	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE13Ü-1310
Veranstalter	
Institut für Informatik, Bioinformatik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	32 Stunden

Inhalt
Participating in the the exercise sessions and solving the sheets deepens your understanding by applying the concepts from the lecture to real-life situations.
Zu erbringende Prüfungsleistung
siehe Vorlesung see lecture
Zu erbringende Studienleistung
none Solving exercise sheets is optional but highly recommended.
Teilnahmevoraussetzung

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Blockchain and Cryptocurrencies	11LE13MO-1235_PO 2020
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Peter Thiemann	
Veranstalter	
Institut für Informatik, Programmiersprache	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	1
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	180 Stunden hours
Angebotsfrequenz	unregelmäßig

Teilnahmevoraussetzung
keine none
Empfohlene Voraussetzung
keine none

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Blockchain and Cryptocurrencies	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	2.00	180 Stunden hours
Blockchain and Cryptocurrencies	Übung	Wahlpflicht		2.00	

Qualifikationsziel
<p>Students know the concepts of how blockchains work. They have insight in application scenarios, especially regarding the monetary background, Bitcoin and other crypto currencies.</p> <p>Cryptographic foundations, Transaction ability, Transaction legitimation, Consensus from Proof of Work to Proof of Stake are understood.</p> <p>Nonmonetary applications like Smart contracts from Ethereum to Tezos are known.</p> <p>Students are aware of security implications and risks.</p>

Verwendbarkeit der Veranstaltung

Teil der Spezialisierung Cyber-Physical Systems im Master of Science Informatik/Computer Science
bzw. MSc Embedded Systems Engineering|
Part of the specialization Cyber-Physical Systems in Master of Science Informatik/Computer Science
bzw. MSc Embedded Systems Engineering

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Blockchain and Cryptocurrencies	11LE13MO-1235_PO 2020
Veranstaltung	
Blockchain and Cryptocurrencies	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE13V-1235
Veranstalter	
Institut für Informatik, Programmiersprache	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	1
Angebotsfrequenz	unregelmäßig
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	28
Selbststudium	124
Workload	180 Stunden hours

Inhalt
Monetary background, Bitcoin and other crypto currencies, Cryptographic foundations, Transaction ability, Transaction legitimation, Consensus from Proof of Work to Proof of Stake, Nonmonetary applications, Smart contracts from Ethereum to Tezos, Security implications and risks
Zu erbringende Prüfungsleistung
Schriftliche Ausarbeitung (z.B. Hausarbeit, Projektbericht, Poster...) Written assignment (e.g. term paper, project report, poster ...)
Zu erbringende Studienleistung
keine none
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> ■ Fabian Schär, Aleksander Berentsen. Bitcoin, Blockchain und Kryptoassets: Eine umfassende Einführung. Books on Demand. 2017 ■ Narayanan et al. Bitcoin and Cryptocurrency Technologies. Princeton University Press. 2016.
Teilnahmevoraussetzung
keine none
Empfohlene Voraussetzung
keine none

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Blockchain and Cryptocurrencies	11LE13MO-1235_PO 2020
Veranstaltung	
Blockchain and Cryptocurrencies	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE13Ü-1235
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	1
Angebotsfrequenz	unregelmäßig
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	28

Inhalt
Repetition, application, and consolidation of the lecture material with theoretical and practical tasks
Zu erbringende Prüfungsleistung
siehe Vorlesung see lecture
Zu erbringende Studienleistung
keine none
Teilnahmevoraussetzung

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Computer Vision	11LE13MO-1123_PO 2020
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Thomas Brox	
Veranstalter	
Institut für Informatik, Mustererkennung u. Bildverarbeitung	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	1
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	180 Stunden hours
Angebotsfrequenz	unregelmäßig

Teilnahmevoraussetzung
keine none
Empfohlene Voraussetzung
Fundamental mathematical knowledge and programming skills (in C++ or Python) Basic knowledge in image processing and/or computer graphics concepts

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Computer Vision - Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	2.00	180 Stunden hours
Computer Vision - Übung	Übung	Wahlpflicht		2.00	

Qualifikationsziel
This course introduces the most important concepts in today's Computer Vision research. Students learn about some of the typical problems and methodologies in computer vision. After the module, they are capable to read current related literature and understand standard concepts used in computer vision research. Moreover, they can implement the techniques discussed in the lectures and to adapt them to their needs, if necessary.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Teil der Spezialisierung Künstliche Intelligenz im Master of Science Informatik/Computer Science bzw. MSc Embedded Systems Engineering Part of the specialization Artificial Intelligence in Master of Science Informatik/Computer Science bzw. MSc Embedded Systems Engineering

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Computer Vision	11LE13MO-1123_PO 2020
Veranstaltung	
Computer Vision - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE13V-1123
Veranstalter	
Institut für Informatik, Mustererkennung u. Bildverarbeitung	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	unregelmäßig
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	32 Stunden
Selbststudium	148 Stunden
Workload	180 Stunden hours

Inhalt
The course presents the most relevant computer vision tasks and current solutions. It covers nonlinear diffusion, variational optimization, spectral clustering, image segmentation, optical flow, video segmentation, stereo reconstruction, camera calibration, structure from motion, recognition, and deep learning.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Mündliche Abschlussprüfung (Dauer im Rahmen der Prüfungsordnungsregelung) Oral examination (duration within the framework of the examination regulations)
Zu erbringende Studienleistung
keine none
Literatur
current literature, as announced directly in lecture
Teilnahmevoraussetzung
keine none
Empfohlene Voraussetzung
Fundamental mathematical knowledge and programming skills (in C++ or Python) Basic knowledge in image processing and/or computer graphics concepts

Bemerkung / Empfehlung

Usually the course is offered every winter semester; as there might be rare exceptions in some years, it's marked as "irregularly"

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Computer Vision	11LE13MO-1123_PO 2020
Veranstaltung	
Computer Vision - Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE13Ü-1123
Veranstalter	
Institut für Informatik, Mustererkennung u. Bildverarbeitung	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	unregelmäßig
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	30 Stunden

Inhalt
The exercises consist of programming assignments (usually in C/C++), where students learn to implement the most important techniques presented in the lectures.
Zu erbringende Prüfungsleistung
siehe Vorlesung see lecture
Zu erbringende Studienleistung
keine none
Teilnahmevoraussetzung

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Cyber-Physical Systems – Program Verification	11LE13MO-1207_v2_PO 2020
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Andreas Podelski	
Veranstalter	
Institut für Informatik, Softwaretechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	180 Stunden hours
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
keine none
Empfohlene Voraussetzung
Basic concepts in logic (propositional logic, first-order logic), mathematics (sets, relations, functions, linear algebra), formal languages (regular expressions, automata).

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Cyber-Physische Systeme - Programmverifikation / Cyber-Physical Systems – Program Verification	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	2.00	180 Stunden hours
Cyber-Physische Systeme - Programmverifikation / Cyber-Physical Systems – Program Verification	Übung	Wahlpflicht		2.00	

Qualifikationsziel
Often computers are used in embedded, networked, safety-critical applications. The cost of failure is high. The student learns the basic concepts, methods, and tools for ensuring that a system does not have bad behaviors. The student learns how to use propositional logic and first-order logic reasoning for specification, analysis, and verification. The student learns how to formally specify the correctness of a given program. In particular, correctness can be specified by an annotation of the program with a special kind of comments. The student learns how the correctness of the program can be reduced to the validity of a first-order logical formula and how the validity can be proven automatically by a new generation of powerful reasoning engines. The student also learns how verification can be done with static analysis methods, i.e., methods which have been developed originally in compiler optimization and which have been formalized by Patrick and Radhia Cousot's framework of abstract interpretation.

Verwendbarkeit der Veranstaltung

Teil der Spezialisierung Cyber-Physical Systems im Master of Science Informatik/Computer Science bzw. MSc Embedded Systems Engineering|
Part of the specialization Cyber-Physical Systems in Master of Science Informatik/Computer Science bzw. MSc Embedded Systems Engineering

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Cyber-Physical Systems – Program Verification	11LE13MO-1207_v2_PO 2020
Veranstaltung	
Cyber-Physische Systeme - Programmverifikation / Cyber-Physical Systems – Program Verification	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE13V-1207_v2
Veranstalter	
Institut für Informatik, Rechnerarchitektur Institut für Informatik, Programmiersprache Institut für Informatik, Softwaretechnik Institut für Informatik, Betriebssysteme	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	26 Stunden
Selbststudium	128 Stunden
Workload	180 Stunden hours

Inhalt
<p>In this lecture we introduce basic concepts, methods, and tools for ensuring that a system does not have bad behaviors. We start with an introduction to propositional logic and first-order logic reasoning. We establish a formal setting for the specification, analysis, and verification of behaviors of programs. We show how correctness can be specified by an annotation of the program with a special kind of comments. We show how the correctness of a program can be reduced to the validity of a logical formula. The validity can be proven automatically by a new generation of powerful reasoning engines. Finally, we connect verification with static analysis methods which have been developed originally in compiler optimization and which are formalized by Patrick and Radhia Cousot's framework of abstract interpretation. To give an example of a verification problem, we take device driver programs for Windows and Linux operating systems; such programs come with rules that specify the order of certain operations and file accesses. A violation of such a rule leads to system crash or deadlock, unexpected exceptions, and the failure of runtime checks. An example of a rule is that calls to lock and unlock must alternate (an attempt to re-acquire an acquired lock or release a released lock will cause a deadlock). We can formalize the correctness properties expressed by such a rule in the form of a temporal property (safety or liveness) or a finite automaton.</p>
Zu erbringende Prüfungsleistung
Klausur / schriftliche Abschlussprüfung (Dauer im Rahmen der Prüfungsordnungsregelung) Written examination (duration within the framework of the examination regulations)
If number of participants is small, might be changed to oral exam instead. Students will be notified in good time.

Zu erbringende Studienleistung
siehe Übungen see Exercises
Literatur
Baier, C., Katoen, J. - Principles of Model Checking Almeida, J.B., Frade, M.J., Pinto, J.S., Melo de Sousa, S. - Rigorous Software Development - An Introduction to Program Verification
Teilnahmevoraussetzung
keine none
Empfohlene Voraussetzung
Basic concepts in logic (propositional logic, first-order logic), mathematics (sets, relations, functions, linear algebra), formal languages (regular expressions, automata).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Cyber-Physical Systems – Program Verification	11LE13MO-1207_v2_PO 2020
Veranstaltung	
Cyber-Physische Systeme - Programmverifikation / Cyber-Physical Systems – Program Verification	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE13Ü-1207_v2
Veranstalter	
Institut für Informatik, Rechnerarchitektur Institut für Informatik, Programmiersprache Institut für Informatik, Softwaretechnik Institut für Informatik, Betriebssysteme	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	26 Stunden

Inhalt
Zu erbringende Prüfungsleistung
siehe Vorlesung see Lecture
Zu erbringende Studienleistung
Die Studienleistung ist bestanden, wenn mindestens 50 % der Punkte aus den Übungen erreicht wurden und mindestens einmal in der Übungsgruppe vorgerechnet wurde. A sufficient criterion for an active participation in the exercises is that you achieved 50% of the points that can be obtained for exercise sheets and presented an exercise in an interactive session.
Teilnahmevoraussetzung

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Dynamische Epistemische Logik / Dynamic Epistemic Logic	11LE13MO-1050_PO 2020
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Bernhard Nebel	
Veranstalter	
Institut für Informatik, Informatik, Grundlagen der künstlichen Intelligenz	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	180 Stunden hours
Angebotsfrequenz	unregelmäßig

Teilnahmevoraussetzung
keine none
Empfohlene Voraussetzung
previous knowledge about propositional logic (cf. course Logic for Computer Scientists) and theoretical computer science (complexity, decidability) is recommended and expected

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Dynamische Epistemische Logik / Dynamic Epistemic Logic- Veranstaltung	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	3.00	180 Stunden hours
Dynamische Epistemische Logik / Dynamic Epistemic Logic-Übung	Übung	Wahlpflicht		1.00	

Qualifikationsziel
The students are familiarized with the theory of Dynamic Epistemic Logics to such an extent that they are capable of understanding and putting into context current research work in the area of Dynamic Epistemic Logics and epistemic planning.
After attending the lecture, they should be able to remember the theoretical foundations of Dynamic Epistemic Logics, to apply Dynamic Epistemic Logics to model problems, and to participate actively in research in the area of epistemic planning.

Verwendbarkeit der Veranstaltung

Teil der Spezialisierung Künstliche Intelligenz im Master of Science Informatik/Computer Science
bzw. MSc Embedded Systems Engineering|
Part of the specialization Artificial Intelligence in Master of Science Informatik/Computer Science
bzw. MSc Embedded Systems Engineering

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Dynamische Epistemische Logik / Dynamic Epistemic Logic	11LE13MO-1050_PO 2020
Veranstaltung	
Dynamische Epistemische Logik / Dynamic Epistemic Logic- Veranstaltung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE13V-1050
Veranstalter	
Institut für Informatik, Informatik, Grundlagen der künstlichen Intelligenz	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	3.0
Empfohlenes Fachsemester	5
Angebotsfrequenz	unregelmäßig
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	48 Stunden
Selbststudium	116 Stunden
Workload	180 Stunden hours

Inhalt
<p>Die Vorlesung bietet eine Einführung in Dynamische Epistemische Logiken. Es werden folgende Themen behandelt:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Syntax und Semantik der epistemischen Logik ■ Public announcements ■ Epistemische Aktionen und Aktionsmodelle ■ Vollständigkeit und Ausdrucksstärke ■ Epistemisches Planen <p> </p> <p>The course offers an introduction to Dynamic Epistemic Logics. The following topics will be discussed:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Syntax and semantics of epistemic logic ■ Public announcements ■ Epistemic actions and action models ■ Completeness and expressivity ■ Epistemic planning

Zu erbringende Prüfungsleistung

Klausur / schriftliche Abschlussprüfung (Dauer im Rahmen der Prüfungsordnungsregelung) Written examination (duration within the framework of the examination regulations)
If number of participants is small, might be changed to oral exam instead. Students will be notified in good time.
Zu erbringende Studienleistung
siehe Übungen see Exercises
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> ■ van Ditmarsch, van der Hoek, and Kooi. Dynamic Epistemic Logic. ■ van Ditmarsch, Halpern, van der Hoek, and Kooi (eds). Handbook of Epistemic Logic. ■ Blackburn, de Rijke, and Venema. Modal Logic.
Teilnahmevoraussetzung
keine none
Empfohlene Voraussetzung
previous knowledge about propositional logic (cf. course Logic for Computer Scientists) and theoretical computer science (complexity, decidability) is recommended and expected

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Dynamische Epistemische Logik / Dynamic Epistemic Logic	11LE13MO-1050_PO 2020
Veranstaltung	
Dynamische Epistemische Logik / Dynamic Epistemic Logic-Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE13Ü-1050
Veranstalter	
Institut für Informatik, Informatik, Grundlagen der künstlichen Intelligenz	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	1.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	unregelmäßig
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	16 Stunden

Inhalt
Application of the methods and principles learned in the lecture
Zu erbringende Prüfungsleistung
siehe Vorlesung see Lecture
Zu erbringende Studienleistung
For passing the coursework (Studienleistung) it is necessary to reach 50% of all points from the exercise sheets.
Teilnahmevoraussetzung

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Einführung in die Multiagentensysteme / Introduction to Multiagent Systems	11LE13MO-1118_PO 2020
Verantwortliche/r	
Dr. Felix Lindner Prof. Dr. Bernhard Nebel	
Veranstalter	
Institut für Informatik, Informatik, Grundlagen der künstlichen Intelligenz	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	180 Stunden hours
Angebotsfrequenz	unregelmäßig

Teilnahmevoraussetzung
keine none
Empfohlene Voraussetzung
Knowledge of concepts such as search methods and formal logic is useful (as provided in the lecture Foundations of Artificial Intelligence (Grundlagen der Künstlichen Intelligenz)) Programming skills are required

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Einführung in die Multiagentensysteme / Introduction to Multiagent Systems	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	3.00	180 Stunden
Einführung in die Multiagentensysteme / Introduction to Multiagent Systems	Übung	Wahlpflicht		1.00	

Qualifikationsziel
The participants have a basic understanding of multiagent systems and their use in modeling real world problems. They know about theoretical and practical aspects of multiagent systems. The rationale behind modeling problems in terms of agents in computer science and robotics can be discussed by the participants. They know the difference between this approach in relation to other programming paradigms, and can decide which types of problems can be solved using agent architectures.

Verwendbarkeit der Veranstaltung

Teil der Spezialisierung Künstliche Intelligenz im Master of Science Informatik/Computer Science
bzw. MSc Embedded Systems Engineering|
Part of the specialization Artificial Intelligence in Master of Science Informatik/Computer Science
bzw. MSc Embedded Systems Engineering

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Einführung in die Multiagentensysteme / Introduction to Multiagent Systems	11LE13MO-1118_PO 2020
Veranstaltung	
Einführung in die Multiagentensysteme / Introduction to Multiagent Systems	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE13V-1118
Veranstalter	
Institut für Informatik, Informatik, Grundlagen der künstlichen Intelligenz	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	3.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	unregelmäßig
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	45 Stunden
Selbststudium	120 Stunden
Workload	180 Stunden

Inhalt
<p>Multi-agent systems have emerged as one of the most important areas of research and development in information technology. A multi-agent system is composed of multiple interacting software components known as agents, which are typically capable of cooperating to solve problems that are beyond the abilities of any individual member. Multi-agent systems are important primarily because they have been found to have very wide applicability. The difference between agents and objects from OOP could be stated as: "Objects do it for free, but agents do it for money". This course will address theoretical and practical aspects of multiagent systems. The rationale behind modeling problems in terms of agents in computer science and robotics will be explained. We will see how this approach is different from and relates to other programming paradigms, and which types problems can be solved using agent architectures.</p> <p>Topics of this course are:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Agent architectures ■ Agent planning ■ Methods of communication ■ Game Theory ■ Common sensing and world-modeling ■ Distributed decision making ■ Cooperation and coordination

Zu erbringende Prüfungsleistung

<p>Klausur / schriftliche Abschlussprüfung (Dauer im Rahmen der Prüfungsordnungsregelung) Written examination (duration within the framework of the examination regulations)</p> <p>(Wenn die Teilnehmerzahl sehr klein ist, kann stattdessen eine mündliche Prüfung durchgeführt werden. Die Studierenden werden rechtzeitig informiert. If number of participants is small, might be changed to oral exam instead. Students will be notified in good time.)</p>
<p>Zu erbringende Studienleistung</p>
<p>siehe Übungen see Exercises</p>
<p>Literatur</p>
<ul style="list-style-type: none"> ■ [Wooldridge 2009] An Introduction to MultiAgent Systems - Second Edition ■ [Russell & Norvig 2003] Stuart Russell and Peter Norvig, Artificial Intelligence: A Modern Approach, second edition, Prentice Hall, 2003. ■ [Jeffrey Rosenschein & Gilad Zlotkin 1998] Rules of encounter: designing conversations for automated negotiation among computers, MIT Press ■ [Yoav Shoham & Kevin Layton-Brown 2009] Multiagent Systems: Algorithmic, Game-Theoretic, and Logical Foundations, Cambridge University Press
<p>Teilnahmevoraussetzung</p>
<p>keine none</p>
<p>Empfohlene Voraussetzung</p>
<p>Knowledge of concepts such as search methods and formal logic is useful (as provided in the lecture Foundations of Artificial Intelligence (Grundlagen der Künstlichen Intelligenz)) Programming skills are required</p>

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Einführung in die Multiagentensysteme / Introduction to Multiagent Systems	11LE13MO-1118_PO 2020
Veranstaltung	
Einführung in die Multiagentensysteme / Introduction to Multiagent Systems	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE13Ü-1118
Veranstalter	
Institut für Informatik, Informatik, Grundlagen der künstlichen Intelligenz	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	1.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	unregelmäßig
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	15 Stunden

Inhalt
In the exercises, students will learn through example scenarios to apply the principles and methods from the lectures.
Zu erbringende Prüfungsleistung
siehe Vorlesung see Lecture
Zu erbringende Studienleistung
Die Studienleistung ist bestanden, wenn 50% der erreichbaren Punkte aus den Übungen erreicht sind. For passing the coursework (Studienleistung) it is necessary to reach 50% of all points from the exercises.
Teilnahmevoraussetzung

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Formale Methoden für Java / Formal Methods for Java	11LE13MO-1210_PO 2020
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Andreas Podelski	
Veranstalter	
Institut für Informatik, Softwaretechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	180 Stunden hours
Angebotsfrequenz	unregelmäßig

Teilnahmevoraussetzung
keine none
Empfohlene Voraussetzung
Kenntnisse in Programmierung, Algorithmen und Datenstrukturen, Logik und Softwaretechnik Programming skills, knowledge of algorithms and data structures, logic and software engineering

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Formale Methoden für Java / Formal Methods for Java - Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	3.00	180 Stunden
Formale Methoden für Java / Formal Methods for Java - Übung	Übung	Wahlpflicht		1.00	

Qualifikationsziel
The students have an overview of the different types of verification tools. They can assess what these tools can do, and use them to verify programs. Students will be able to use interactive theorem provers.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Teil der Spezialisierung Cyber-Physical Systems im Master of Science Informatik/Computer Science bzw. MSc Embedded Systems Engineering Part of the specialization Cyber-Physical Systems in Master of Science Informatik/Computer Science bzw. MSc Embedded Systems Engineering

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Formale Methoden für Java / Formal Methods for Java	11LE13MO-1210_PO 2020
Veranstaltung	
Formale Methoden für Java / Formal Methods for Java - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE13V-1210
Veranstalter	
Institut für Informatik, Softwaretechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	3.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	48 Stunden
Selbststudium	116 Stunden
Workload	180 Stunden

Inhalt
<p>Recently, formal methods have been successfully used to specify and verify large software system. In this lecture we will investigate the existing methods for the language Java. The language Java was chosen because it is a mature language, with a semi-formal definition of its semantics (The Java Language Specification). However, to use mathematical reasoning, we need a precise definition of the semantics. Therefore, we will sketch the definition of an operational semantics for Java. Furthermore, we will investigate different formal methods for Java. The starting point will be the language extension JML that allows Design by Contract. This allows to add pre- and postconditions to methods and invariants to classes and loops. These assertions can be checked during runtime and this is the purpose of the JML runtime assertion checker (jml-rac). On the other hand, there are static methods, e.g., ESC/Java and Jahob, that automatically provide mathematical proofs that the Java code ensures the post-condition for each possible pre-condition. If these proofs cannot be found automatically, one can also use theorem provers that assist finding a proof manually. The lecture will present the different approaches for verification of Java code, which are applied to small practical examples in the exercise.</p>
Zu erbringende Prüfungsleistung
<p>Klausur / schriftliche Abschlussprüfung (Dauer im Rahmen der Prüfungsordnungsregelung) Written examination (duration within the framework of the examination regulations)</p> <p>(Wenn die Teilnehmerzahl sehr klein ist, kann stattdessen eine mündliche Prüfung durchgeführt werden. Die Studierenden werden rechtzeitig informiert. If number of participants is small, might be changed to oral exam instead. Students will be notified in good time.)</p>

Zu erbringende Studienleistung

siehe Übungen see Exercises
Teilnahmevoraussetzung
keine none
Empfohlene Voraussetzung
Kenntnisse in Programmierung, Algorithmen und Datenstrukturen, Logik und Softwaretechnik

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Formale Methoden für Java / Formal Methods for Java	11LE13MO-1210_PO 2020
Veranstaltung	
Formale Methoden für Java / Formal Methods for Java - Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE13Ü-1210
Veranstalter	
Institut für Informatik, Softwaretechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	1.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	16 Stunden

Inhalt
In den Übungen lernen die Studierenden anhand von Beispielszenarien, die Prinzipien und Methoden aus den Vorlesungen anzuwenden.
Zu erbringende Prüfungsleistung
siehe Vorlesung see Lecture
Zu erbringende Studienleistung
keine none
Freiwillige Teilnahme an den Übungen wird stärkstens empfohlen. Voluntary participation in the exercises is highly recommended.
Teilnahmevoraussetzung

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Funktionale Programmierung / Functional Programming	11LE13MO-1216_PO 2020
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Peter Thiemann	
Veranstalter	
Institut für Informatik, Programmiersprache	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	1
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	180 Stunden hours
Angebotsfrequenz	unregelmäßig

Teilnahmevoraussetzung
keine none
Empfohlene Voraussetzung
<p>Spaß am Programmieren und am Lernen und Anwenden neuer Programmierkonzepte und -sprachen. Weiterhin empfehlenswert: Einführung in die Programmierung erfolgreich absolviert Eigener Laptop</p> <p> </p> <p>Interest in learning and applying new programming concepts and languages. Also beneficial: Introduction to programming successfully completed Own laptop</p>

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Funktionale Programmierung / Functional Programming	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	3.00	180 Stunden
Funktionale Programmierung / Functional Programming	Übung	Wahlpflicht		1.00	

Inhalt
This course conveys fundamental concepts of functional programming using the programming language Haskell

Qualifikationsziel
Development of a non-procedural view on algorithms and data structures, confident handling of higher-order functions and data, knowledge and ability to apply fundamental functional programming techniques, knowledge of advanced programming concepts, ability to develop medium-size functional programs independently.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Teil der Spezialisierung Cyber-Physical Systems im Master of Science Informatik/Computer Science bzw. MSc Embedded Systems Engineering Part of the specialization Cyber-Physical Systems in Master of Science Informatik/Computer Science bzw. MSc Embedded Systems Engineering

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Funktionale Programmierung / Functional Programming	11LE13MO-1216_PO 2020
Veranstaltung	
Funktionale Programmierung / Functional Programming	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE13V-1216
Veranstalter	
Institut für Informatik, Programmiersprache Institut für Informatik, Softwaretechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	3.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	unregelmäßig
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	39 Stunden
Selbststudium	128 Stunden
Workload	180 Stunden

Inhalt
<p>In diesem Kurs werden grundlegende bis fortgeschrittene Konzepte der funktionalen Programmierung anhand der Programmiersprache Haskell vermittelt.</p> <p>Behandelte Themen:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Definition von Funktionen, Patternmatching und Funktionen höherer Ordnung ■ Typen und Typklassen ■ Algebraische Datentypen ■ Funktionale Datenstrukturen ■ Applicative Parser ■ Monaden und Monadentransformer ■ Arrows ■ Verifikation von funktionalen Programmen ■ Monadische Ein/Ausgabe und Stream Ein/Ausgabe <p> </p> <p>This course covers foundational and some advanced concepts of functional programming using the programming language Haskell. The list of topics includes</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Definition of functions, pattern matching, and higher-order functions ■ Types and type classes ■ Algebraic datatypes ■ Functional datastructures

- I/O, monads, and monad transformers
- Parsers and applicatives
- Arrows
- Verification of functional programs
- Generic programming with algebras

Zu erbringende Prüfungsleistung

Klausur / schriftliche Abschlussprüfung (Dauer im Rahmen der Prüfungsordnungsregelung) |
 Written examination (duration within the framework of the examination regulations)

(Wenn die Teilnehmerzahl < 20 ist, kann stattdessen eine mündliche Prüfung durchgeführt werden. Die Studierenden werden rechtzeitig informiert. |
 If number of participants is < 20, might be changed to oral exam instead. Students will be notified in good time.)

Zu erbringende Studienleistung

siehe Übungen | see Exercises

Literatur

Grundlage für das erste Drittel der Vorlesung ist das Lehrbuch Programming in Haskell von Graham Hutton, welches auch in der TF-Bibliothek steht.

Stephen Diehl's WHAT I WISH I KNEW WHEN LEARNING HASKELL

|

The book Programming in Haskell by Graham Hutton is the basis for the first 30% of the lecture. This book is available in the TF-library.

Stephen Diehl's WHAT I WISH I KNEW WHEN LEARNING HASKELL

Teilnahmevoraussetzung

keine | none

Empfohlene Voraussetzung

Spaß am Programmieren und am Lernen und Anwenden neuer Programmierkonzepte und -sprachen. Weiterhin empfehlenswert:

Einführung in die Programmierung erfolgreich absolviert

Eigener Laptop

|

Interest in learning and applying new programming concepts and languages.

Also beneficial:

Introduction to programming successfully completed

Own laptop

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Funktionale Programmierung / Functional Programming	11LE13MO-1216_PO 2020
Veranstaltung	
Funktionale Programmierung / Functional Programming	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE13Ü-1216
Veranstalter	
Institut für Informatik, Programmiersprache	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	1.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	unregelmäßig
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	13 Stunden

Inhalt
In den Übungen lernen die Studierenden anhand von Beispielszenarien, die Prinzipien und Methoden aus den Vorlesungen anzuwenden. In the exercises, students will learn through example scenarios to apply the principles and methods from the lectures.
Zu erbringende Prüfungsleistung
siehe Vorlesung see Lecture
Zu erbringende Studienleistung
keine none
Teilnahmevoraussetzung

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Hardware Security and Trust	11LE13MO-1227_PO 2020
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Bernd Becker	
Veranstalter	
Institut für Informatik, Rechnerarchitektur	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	180 Stunden hours
Angebotsfrequenz	unregelmäßig

Teilnahmevoraussetzung
keine none
Empfohlene Voraussetzung
Grundlagenwissen zu Kryptographie und Authentifizierung, VLSI Entwurf, Test und Verifikation Basic knowledge of cryptography and authentication, VLSI design, testing and verification

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Hardware Security and Trust	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	3.00	180 Stunden hours
Hardware Security and Trust	Übung	Wahlpflicht		1.00	

Qualifikationsziel
<p>Studierende kennen die Grundlagen in Bezug auf Kryptographie, Authentifizierung, Secret Sharing, VLSI Entwurf, Test, Zuverlässigkeit und Verifikation. Darauf aufbauend haben Sie einen Überblick über den aktuellen Stand der Forschung im Bereich "Hardware Security and Trust".</p> <p>Sie wissen Bescheid über verschiedene potentielle Angriffstechniken und kennen Möglichkeiten, diese Gefahren abzuwehren oder zu minimieren.</p> <p>Insbesondere:</p> <p>Physical and invasive attacks, side-channel attacks, physically unclonable functions, hardware-based true random number generators, watermarking of Intellectual Property (IP) blocks, FPGA security, passive and active metering for prevention of piracy, access control, hardware Trojan detection and isolation in IP cores and integrated circuits (ICs).</p>

Students know the basics of cryptography, authentication, secret sharing, VLSI design, testing, reliability and verification. Based on this, you will have an overview of the current state of research in the field of "Hardware Security and Trust".

They know about various potential attack techniques and know how to avert or minimize these dangers.

Especially:

Physical and invasive attacks, side-channel attacks, physically unclonable functions, hardware-based true random number generators, watermarking of Intellectual Property (IP) blocks, FPGA security, passive and active metering for prevention of piracy, access control, hardware Trojan detection and isolation in IP cores and integrated circuits (ICs).

Verwendbarkeit der Veranstaltung

Teil der Spezialisierung Cyber-Physical Systems im Master of Science Informatik/Computer Science bzw. MSc Embedded Systems Engineering

Part of the specialization Cyber-Physical Systems in Master of Science Informatik/Computer Science bzw. MSc Embedded Systems Engineering

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Hardware Security and Trust	11LE13MO-1227_PO 2020
Veranstaltung	
Hardware Security and Trust	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE13V-1227
Veranstalter	
Institut für Informatik, Rechnerarchitektur-VB	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	3.0
Empfohlenes Fachsemester	1
Angebotsfrequenz	unregelmäßig
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprachen	deutsch, englisch
Präsenzstudium	48 Stunden
Selbststudium	116 Stunden
Workload	180 Stunden hours

Inhalt
<p>Die Konvergenz von IT-Systemen, Datennetzwerken und allgegenwärtigen eingebetteten Geräten in sogenannten Cyber Physical Systems hat zum Entstehen neuer Sicherheitsbedrohungen und -anforderungen im Zusammenhang mit der System-Hardware geführt. Die Manipulation von Hardware-Komponenten, die Sicherheitsfunktionen implementieren, kann die Systemintegrität beeinträchtigen, unautorisierten Zugang zu geschützten Daten ermöglichen und geistiges Eigentum (Intellectual Property) gefährden. Diese Gefährdungen zu adressieren, ist wesentlich, wenn verhindert werden soll, dass Hardware zur Schwachstelle des gesamten Systems wird. Zumindest ein Grundlagenwissen in "Hardware Security and Trust" ist wichtig für jeden Systemingenieur.</p> <p>Zu Beginn werden die (notwendigen) Grundlagen über Kryptographie, Authentifizierung, Secret Sharing, VLSI Entwurf, Test, Zuverlässigkeit und Verifikation gelegt. Dann erfolgt eine Einführung in "Hardware Security and Trust", bei der folgende Themen angesprochen werden: Physical and invasive attacks, side-channel attacks, physically unclonable functions, hardware-based true random number generators, watermarking of Intellectual Property (IP) blocks, FPGA security, passive and active metering for prevention of piracy, access control, hardware Trojan detection and isolation in IP cores and integrated circuits (ICs).</p> <p> </p> <p>The convergence of IT systems, data networks (including but not limited to the Internet) and ubiquitous embedded devices within the cyber-physical system paradigm has led to the emergence of new security threats associated with the system hardware. Manipulating the hardware components that implement security functions can compromise system integrity, provide unauthorized access to protected data, and endanger intellectual property. Addressing these vulnerabilities is essential in order to prevent the hardware from becoming the weak spot of today's systems. At least a basic knowledge of hardware security and trust issues is of importance to all system designers.</p>

Starting with (necessary) basics on cryptography, authentication, secret sharing, VLSI design, test, reliability and verification the course will provide an introduction to hardware security and trust covering the following topics: physical and invasive attacks, side-channel attacks, physically unclonable functions, hardware-based true random number generators, watermarking of Intellectual Property (IP) blocks, FPGA security, passive and active metering for prevention of piracy, access control, hardware Trojan detection and isolation in IP cores and integrated circuits (ICs).

Zu erbringende Prüfungsleistung

Klausur / schriftliche Abschlussprüfung (Dauer im Rahmen der Prüfungsordnungsregelung) |
Written examination (duration within the framework of the examination regulations)

(Wenn die Teilnehmerzahl sehr klein ist, kann stattdessen eine mündliche Prüfung durchgeführt werden. Die Studierenden werden rechtzeitig informiert. |
If number of participants is small, might be changed to oral exam instead. Students will be notified in good time.)

Zu erbringende Studienleistung

keine | none

Literatur

Introduction to Hardware Security and Trust
Editors: Tehranipoor, Mohammad, Wang, Cliff (Eds.), Springer

Teilnahmevoraussetzung

keine | none

Empfohlene Voraussetzung

Grundlagenwissen zu Kryptographie und Authentifizierung, VLSI Entwurf, Test und Verifikation |
Basic knowledge of cryptography and authentication, VLSI design, testing and verification

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Hardware Security and Trust	11LE13MO-1227_PO 2020
Veranstaltung	
Hardware Security and Trust	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE13Ü-1227
Veranstalter	
Institut für Informatik, Rechnerarchitektur	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	1.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	unregelmäßig
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprachen	deutsch, englisch
Präsenzstudium	16 Stunden

Inhalt
<p>Übungen vertiefen Methoden und Algorithmen, die in der Vorlesung eingeführt wurden, anhand von praktischen Beispielen.</p> <p> Exercises expand on the methods and algorithms that were introduced in the lecture using practical examples.</p>
Zu erbringende Prüfungsleistung
siehe Vorlesung see Lecture
Zu erbringende Studienleistung
keine none
Teilnahmevoraussetzung

Name des Moduls	Nummer des Moduls
High-Performance Computing: Fluid Mechanics with Python	11LE50MO-5285
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Lars Pastewka	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Simulation	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	180 Stunden
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
Knowledge of a programming language (not necessarily Python, i.e. Java, C, C++, etc.)

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
High-Performance Computing: Fluid Mechanics with Python	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	2.00	180 Stunden
High-Performance Computing: Fluid Mechanics with Python	Übung	Wahlpflicht		2.00	

Qualifikationsziel
<p>The student</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ can use Python for solving numerical problems using the numpy and scipy libraries and knows strategies for writing efficient code ■ can apply the Message Passing Interface (MPI) libraries to parallelize specific numerical problems ■ can use job submission systems on parallel computers to run their Python codes.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Dieses Modul ist u.a. für Studierende des Bachelor of Science Mikrosystemtechnik (PO 2018), im Wahlpflichtbereich, Bereich MST verwendbar.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
High-Performance Computing: Fluid Mechanics with Python	11LE50MO-5285
Veranstaltung	
High-Performance Computing: Fluid Mechanics with Python	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5285
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Simulation	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	5
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Präsenzstudium	52 Stunden
Selbststudium	128 Stunden
Workload	180 Stunden

Inhalt
<p>This class teaches parallel scientific computing with Python using the numpy library for fast array operations. Parallelization strategies that use the Message Passing Interface (MPI) will be presented. These technical concepts will be applied to the solution of fluid mechanical problems using the lattice Boltzmann method.</p> <p>Scientific computing:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Efficient Python: basics, numpy arrays, numpy operations, scipy 2. Translating mathematical expressions into efficient array operations 3. The Message Passing Interface (MPI) 4. Parallelization strategies 5. Practical aspects of working with High-Performance clusters <p>Fluid mechanics and the Lattice Boltzmann method:</p> <ol style="list-style-type: none"> 6. Phenomenology of fluid mechanics 7. Lattice gas and lattice Boltzmann 8. Boundary conditions
Zu erbringende Prüfungsleistung
Written examination. The students have to submit a written report, describing numerical results and scaling tests obtained with their simulation code.
Zu erbringende Studienleistung
None

Literatur
<p>A. Scopatz, K.D. Huff, "Effective Computation in Physics" (O'Reilly 2015) W.A. Wolf-Gladrow, "Lattice-Gas Cellular Automata and Lattice Boltzmann Models" (Springer 2000) T. Krüger, H. Kusumaatmaja, A. Kuzmin, O. Shardt, G. Silva, E.M. Viggen, "The Lattice Boltzmann Method" (Springer 2017)</p>
Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
Knowledge of a programming language (not necessarily Python, i.e. Java, C, C++, etc.)

Name des Moduls	Nummer des Moduls
High-Performance Computing: Fluid Mechanics with Python	11LE50MO-5285
Veranstaltung	
High-Performance Computing: Fluid Mechanics with Python	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5285
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Simulation	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	5
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalt
The students will implement their own parallel Lattice Boltzmann simulation code in the computer lab accompanying this lecture series.
Zu erbringende Prüfungsleistung
See lecture
Zu erbringende Studienleistung
None
Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
Knowledge of a programming language (not necessarily Python, i.e. Java, C, C++, etc.)

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Information Retrieval	11LE13MO-1304_PO 2020
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Hannah Bast	
Veranstalter	
Institut für Informatik, Algorithmen u.Datenstrukturen	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	1
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	180 Stunden hours
Angebotsfrequenz	unregelmäßig

Teilnahmevoraussetzung
keine none
Empfohlene Voraussetzung
Grundlagen zu Algorithmen und Datenstrukturen, Programmierkenntnisse (C++ / C) Fundamental knowledge about algorithms and data structures, programming skills (C++ / C)

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Suchmaschinen / Information Retrieval	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	2.00	180 Stunden hours
Suchmaschinen / Information Retrieval	Übung	Wahlpflicht		2.00	

Qualifikationsziel
Students should be able to understand and apply the basics of information systems, especially search engines. This applies to both the algorithmic aspects (e.g. index data structures) and quality aspects (e.g. ranking of search results), as well as network communication and user interfaces (e.g. AJAX programming).
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Teil der Spezialisierung Künstliche Intelligenz im Master of Science Informatik/Computer Science bzw. MSc Embedded Systems Engineering Part of the specialization Artificial Intelligence in Master of Science Informatik/Computer Science bzw. MSc Embedded Systems Engineering

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Information Retrieval	11LE13MO-1304_PO 2020
Veranstaltung	
Suchmaschinen / Information Retrieval	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE13V-1304
Veranstalter	
Institut für Informatik, Algorithmen u. Datenstrukturen	
Fachbereich / Fakultät	
Mathematisches Institut-VB Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	30 Stunden
Selbststudium	120 Stunden
Workload	180 Stunden hours

Inhalt
<p>In dieser Vorlesung werden alle Themen behandelt, die man zur Realisierung der typischen Funktionalität eines Informationssystems / einer Suchmaschine nach dem Stand der Kunst braucht, und die nicht oder nicht in der erforderlichen Tiefe in Bachelor- oder Mastervorlesungen zum Thema Algorithmen oder Netzwerke vermittelt werden. Dazu gehören: Algorithmen und Datenstrukturen, z.B.: invertierter Index, Präfixsuche, fehlertolerante Suche, I/O-Effizienz. Qualitätsaspekte: Ranking von Suchergebnissen, Clustering, maschinelle Lernverfahren. Netzwerkcommunication und Benutzerschnittstellen: Webserver, Socket-Kommunikation, AJAX-Programmierung.</p> <p> This course teaches all topics required to understand and implement a search engine with standard functionality according to the state of the art. Topics include: inverted index, ranking, list intersection, compression, fuzzy search, web applications, synonym search, clustering, text classification, and ontology search.</p>
Zu erbringende Prüfungsleistung
<p>Klausur / schriftliche Abschlussprüfung (Dauer im Rahmen der Prüfungsordnungsregelung) Written examination (duration within the framework of the examination regulations)</p> <p>(Wenn die Teilnehmerzahl sehr klein ist, kann stattdessen eine mündliche Prüfung durchgeführt werden. Die Studierenden werden rechtzeitig informiert. If number of participants is small, might be changed to oral exam instead. Students will be notified in good time.)</p>

Zu erbringende Studienleistung

siehe Übungen see Exercises
Literatur
<p>Wird in der Veranstaltung bekanntgegeben.</p> <p>Ein Standardbuch das einen Großteil des Veranstaltungsinhalts abdeckt, ist "Manning, Raghavan, Schütze: Introduction to Information Retrieval" (auch online verfügbar: http://nlp.stanford.edu/IR-book).</p> <p> </p> <p>All materials needed for the course are provided during the course.</p> <p>A standard text book covering much of the course material is "Manning, Raghavan, Schütze: Introduction to Information Retrieval", which is also available online: http://nlp.stanford.edu/IR-book .</p>
Teilnahmevoraussetzung
keine none
Empfohlene Voraussetzung
<p>Grundlagen zu Algorithmen und Datenstrukturen, Programmierkenntnisse (C++ / C) </p> <p>Fundamental knowledge about algorithms and data structures, programming skills (C++ / C)</p>

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Information Retrieval	11LE13MO-1304_PO 2020
Veranstaltung	
Suchmaschinen / Information Retrieval	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE13Ü-1304
Veranstalter	
Institut für Informatik, Algorithmen u. Datenstrukturen	
Fachbereich / Fakultät	
Mathematisches Institut-VB Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	30 Stunden

Inhalt
Praktische Anwendung der Methoden aus der Vorlesung Practical application of the methods from the lecture
Zu erbringende Prüfungsleistung
siehe Vorlesung see Lecture
Zu erbringende Studienleistung
Die Studienleistung ist bestanden, wenn 50% der erreichbaren Punkte aus den Übungen erreicht sind. For passing the coursework (Studienleistung) it is necessary to reach 50% of all points from the exercises.
Teilnahmevoraussetzung

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Introduction to data driven life sciences	11LE13MO-1335_PO 2020
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Rolf Backofen	
Veranstalter	
Institut für Informatik, Bioinformatik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	180 Stunden hours
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
None

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Introduction to data driven life sciences	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	2.00	180 hours
Introduction to data driven life sciences	Übung	Wahlpflicht		2.00	

Qualifikationsziel
In biological and medical research big data analysis is urgently needed for understanding the information that is encoded in the molecules of life. Many diseases, such as cancer, are caused by aberrations in those molecules. Students understand the theoretical biological and bioinformatics background and know about techniques for generation and analysis of high-throughput data in life sciences.

Verwendbarkeit der Veranstaltung
Teil der Spezialisierung Künstliche Intelligenz im Master of Science Informatik/Computer Science bzw. MSc Embedded Systems Engineering Part of the specialization Artificial Intelligence in Master of Science Informatik/Computer Science bzw. MSc Embedded Systems Engineering

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Introduction to data driven life sciences	11LE13MO-1335_PO 2020
Veranstaltung	
Introduction to data driven life sciences	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE13V-1335
Veranstalter	
Institut für Informatik, Bioinformatik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	30 hours
Selbststudium	120 hours
Workload	180 hours

Inhalt	
In biological and medical research big data analysis is urgently needed for understanding the information that is encoded in the molecules of life. Many diseases, such as cancer, are caused by aberrations in those molecules. In this lecture you will learn the theoretical biological and bioinformatics background and techniques for generation and analysis of high-throughput data in life sciences.	
Zu erbringende Prüfungsleistung	
Written exam (120 minutes).	
Zu erbringende Studienleistung	
None	
Teilnahmevoraussetzung	
None	
Empfohlene Voraussetzung	
None	

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Introduction to data driven life sciences	11LE13MO-1335_PO 2020
Veranstaltung	
Introduction to data driven life sciences	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE13Ü-1335
Veranstalter	
Institut für Informatik, Bioinformatik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	30 hours

Inhalt
To apply the gained knowledge from the lecture, exercises to various topics of high-throughput data analysis are offered. Moreover, we will get to know the workflowmanagement framework Galaxy which is an open source tool for life science data analysis.
Zu erbringende Prüfungsleistung
See lecture
Zu erbringende Studienleistung
None
Teilnahmevoraussetzung

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Introduction to Mobile Robotics	11LE13MO-1115_PO 2020
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Wolfram Burgard	
Veranstalter	
Institut für Informatik, Autonome intelligente Systeme	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	180 Stunden hours
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
keine none
Empfohlene Voraussetzung
Vorausgesetzt: Grundlegende Kenntnisse in Algorithmen, Programmierkenntnisse Von Vorteil: Grundlagen im Bereich Künstliche Intelligenz, grundlegende, einfache molekularbiologische Kenntnisse Required: Basic knowledge of algorithms, programming skills Advantageous: Basic knowledge about Artificial Intelligence, basic, simple knowledge of molecular biology

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Introduction to Mobile Robotics	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	3.00	180 Stunden hours
Introduction to Mobile Robotics	Übung	Wahlpflicht		1.00	

Qualifikationsziel
The goal of this course is to understand the basic principles of mobile robotics. They include different types of drives and sensors for mobile robots including their characteristics, the recursive Bayes filter, the Kalman filter, the particle filter, and the discrete filter. In addition, successful participants will understand the principles of probabilistic localization, mapping, simultaneous localization and mapping as well as path planning, collision avoidance, sensor interpretation, and exploration.

Verwendbarkeit der Veranstaltung

Teil der Spezialisierung Künstliche Intelligenz im Master of Science Informatik/Computer Science
bzw. MSc Embedded Systems Engineering|
Part of the specialization Artificial Intelligence in Master of Science Informatik/Computer Science
bzw. MSc Embedded Systems Engineering

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Introduction to Mobile Robotics	11LE13MO-1115_PO 2020
Veranstaltung	
Introduction to Mobile Robotics	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE13V-1115
Veranstalter	
Institut für Informatik, Autonome intelligente Systeme	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	3.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	39 Stunden
Selbststudium	128 Stunden
Workload	180 Stunden hours

Inhalt
<p>This course will introduce basic concepts and techniques used within the field of mobile robotics. We analyze the fundamental challenges for autonomous intelligent systems and present the state of the art solutions. Among other topics, we will discuss:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Kinematics ■ Sensors ■ Vehicle localization ■ Map building ■ SLAM ■ Path planning
Zu erbringende Prüfungsleistung
<p>Klausur / schriftliche Abschlussprüfung (Dauer im Rahmen der Prüfungsordnungsregelung) Written examination (duration within the framework of the examination regulations)</p> <p>Wenn die Teilnehmerzahl sehr klein ist, kann stattdessen eine mündliche Prüfung durchgeführt werden. Die Studierenden werden rechtzeitig informiert. If number of participants is small, might be changed to oral exam instead. Students will be notified in good time.</p>
Zu erbringende Studienleistung
siehe Übungen see Exercises

Literatur
<ul style="list-style-type: none"> ■ Thrun, Burgard, Fox: "Probabilistic Robotics", MIT Press, 2005
Teilnahmevoraussetzung
keine none
Empfohlene Voraussetzung
<p>Von Vorteil bzw. vorausgesetzt sind</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Grundlegende, einfache molekularbiologische Kenntnisse ■ Grundlegende Kenntnisse in Algorithmen, wie aus Informatik Grundstudium/Bachelor <p> </p> <p>Advantageous or required</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Basic, simple knowledge of molecular biology ■ Basic knowledge of algorithms, such as from computer science undergraduate / bachelor's degree

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Introduction to Mobile Robotics	11LE13MO-1115_PO 2020
Veranstaltung	
Introduction to Mobile Robotics	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE13Ü-1115
Veranstalter	
Institut für Informatik, Autonome intelligente Systeme	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	1.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	13 Stunden

Inhalt
In the exercises, students will learn the practical application of principles and methods from the lectures. Each exercise session consists of two parts: a short recap of the lecture and the discussion of the exercise sheets.
Zu erbringende Prüfungsleistung
siehe Vorlesung see Lecture
Zu erbringende Studienleistung
keine none Solving the exercise sheets is recommended but not mandatory
Teilnahmevoraussetzung

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Kompetitives Programmieren	11LE13MO-1154_PO 2020
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Bernhard Nebel	
Veranstalter	
Institut für Informatik, Informatik, Grundlagen der künstlichen Intelligenz	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
Workload	180 Stunden hours
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
keine none
Empfohlene Voraussetzung
Grundlagen in Algorithmen und Datenstrukturen Fundamental knowledge about algorithms and data structures

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Kompetitives Programmieren	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	2.00	180 Stunden hours
Kompetitives Programmieren - praktische Übung	Übung	Wahlpflicht		2.00	

Qualifikationsziel
<p>Die Studierenden sind in der Lage, für einfache und komplexe algorithmische Aufgaben, die für Programmierwettbewerbe (wie den International Collegiate Programming Contest der ACM) typisch sind, selbstständig korrekte und lauffähige Algorithmen zu konzipieren und in einer Implementierung umzusetzen. Sie verfügen über die Kenntnis einer Vielzahl von Standardalgorithmen, sowie über die Fähigkeit diese Algorithmen an neue Aufgabenstellungen anzupassen.</p> <p>Students are able to reason about simple and complex algorithmic tasks which are commonly posed in programming contest such as the International Collegiate Programming Contest (ICPC). They are able to develop correct and runtime efficient algorithms for solving these tasks and are able to implement them quickly. They know a variety of standard algorithms and are able to adapt these algorithms to new problem settings.</p>

Verwendbarkeit der Veranstaltung

Teil der Spezialisierung Künstliche Intelligenz im Master of Science Informatik/Computer Science
bzw. MSc Embedded Systems Engineering|
Part of the specialization Artificial Intelligence in Master of Science Informatik/Computer Science
bzw. MSc Embedded Systems Engineering

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Kompetitives Programmieren	11LE13MO-1154_PO 2020
Veranstaltung	
Kompetitives Programmieren	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE13V-1154
Veranstalter	
Institut für Informatik, Informatik, Grundlagen der künstlichen Intelligenz	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	4
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprachen	deutsch, englisch
Präsenzstudium	26 Stunden
Selbststudium	128 Stunden
Workload	180 Stunden hours

Inhalt
<p>Der Schwerpunkt des Moduls liegt im Lösen von komplexen algorithmischen Aufgabenstellungen. Es wird eine Vielzahl von Algorithmen präsentiert, die für die Lösung dieser Aufgaben eingesetzt werden können.</p> <p>Das Modul fokussiert auf die praktischen Aspekte diese Algorithmen und thematisiert deren Implementierung und Anpassung für eine gegebene Aufgabenstellung. Dazu werden bekannte und neue Algorithmen abgewandelt, kombiniert oder für untypische Zwecke eingesetzt.</p> <p>Am Ende der Veranstaltung sollen die Studierenden sowohl in der Lage sein, erfolgreich unter Wettbewerbsbedingungen zu programmieren, als auch eine breite Erfahrung in der praktischen Anwendung von Algorithmen und deren Design für zuvor unbekannte Probleme haben.</p> <p>Folgende Themen werden behandelt:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Datenstrukturen und einfache Algorithmen (z.B. Binäre und Ternäre Suche oder schnelles Potenzieren) * Effiziente Baumstrukturen (Fenwick-Trees, Segment-Trees, Quad-Trees) * Greedy-Algorithmen * Einfache Graphen-Algorithmen (Kürzeste Wege, Minimale Spannbäume, Topologische Sortierung, Starke Zusammenhangskomponenten, Artikulationsknoten) * Netzwerkflüsse und Anwendungen * Dynamische Programmierung (grundlegende Prinzipien, klassische Verfahren, nicht-klassische Beispiele, komplexere Dynamische Programmierung in mehreren Dimensionen) * Exponentielle Algorithmen für NP-vollständige Probleme (TSP, Longest Path) * Mathematische Problemstellungen (Zahlentheorie: Modulo-Arithmetik, Primzahlen, Chinesischer Restsatz; Kombinatorik: Grundkonzepte, Catalanzahlen)

* Geometrie (2D- und 3D-Geometrie: CCW-Test, Punkte, Liniensegmente und Polygone und deren Schnitte, konvexe Hüllen; Geometrie ohne Gleitkommazahlen; Geometrie auf Kugeln)

* String-Verarbeitung (Suffix-Arrays)

|

The course focusses on solving complex algorithmic tasks. Thus it teaches a variety of algorithms that can be used in solving these tasks. It focusses on practical aspects of implementing and adapting these algorithms for the task at hand. For that, both algorithms that are already known to the students as well as new algorithms are adapted, combined, or are used for non-standard purposes. After finishing the course, student should be able to successfully compete in programming contest, but should also have gained experience in applying their algorithmic knowledge for solving practical problems.

The course discusses the following topics and algorithms

* data structures and simple algorithms (binary search, ternary search, fast exponentiation, ...)

* tree data structures (Fenwick trees, segment trees, quad trees)

* greedy algorithms

* graph algorithms (shortest path, minimal spanning tree, topological sorting, strongly connected components, articulation vertices and bridges)

* flow and applications

* dynamic programming (principles, classical examples, non-classical examples, complex dynamic programming in multiple dimensions, stochastic)

* exponential algorithms for NP-complete problems (TSP, longest path)

* mathematical algorithms (number theory, modulo arithmetic, prime numbers, Chinese remainder theorem, combinatorics, Burnside's lemma, catalan numbers)

* geometry (2D and 3D geometry, counter-clockwise test, points, line segments and polygons, their intersections, convex hull, geometry on integer coordinates, Pick's theorem, geometry on spheres)

* string algorithms (suffix arrays and suffix sorting)

Zu erbringende Prüfungsleistung

mündliche Abschlussprüfung (Dauer im Rahmen der Prüfungsordnungsregelung) |
oral exam (duration within the framework of the examination regulations)

Zu erbringende Studienleistung

siehe Übungen | see Exercises

Literatur

Steven Halim: Competitive Programming 3

Teilnahmevoraussetzung

keine | none

Empfohlene Voraussetzung

Grundlagen in Algorithmen und Datenstrukturen |
Fundamental knowledge about algorithms and data structures

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Kompetitives Programmieren	11LE13MO-1154_PO 2020
Veranstaltung	
Kompetitives Programmieren - praktische Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE13Ü-1154
Veranstalter	
Institut für Informatik, Informatik, Grundlagen der künstlichen Intelligenz	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	4
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprachen	deutsch, englisch
Präsenzstudium	26 Stunden

Inhalt
<p>In der praktischen Übung werden die in der Vorlesung behandelten Algorithmen an Aufgaben, die so auch in Programmierwettbewerben vorkommen, erprobt. Dazu lernen die Studierenden, die wesentlichen Teile der Aufgabenstellung zu erfassen, diese als abstrakte algorithmische Aufgabenstellung zu formulieren und anschließend zu lösen.</p> <p> During the practical exercise student implement the algorithms and techniques taught in the lecture. They further learn to solve tasks typically posed in programming contest. They therefore learn to extract the relevant parts of a problem statement, to formulate a suitable abstract version of the problem and to solve it.</p>
Zu erbringende Prüfungsleistung
siehe Vorlesung see Lecture
Zu erbringende Studienleistung
Bearbeitung von Übungs- und/oder Projektaufgaben Working on exercises and / or project tasks
Teilnahmevoraussetzung

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Maschinelles Lernen in den Lebenswissenschaften / Machine Learning in Life Science	11LE13MO-1112_PO 2020
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Rolf Backofen	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	180 hours
Angebotsfrequenz	unregelmäßig

Teilnahmevoraussetzung
none
Empfohlene Voraussetzung
Knowledge in Machine Learning and Bioinformatics, basic knowledge in Molecular biology

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Maschinelles Lernen in den Lebenswissenschaften / Machine Learning in Life Science	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	2.00	180 Stunden hours
Maschinelles Lernen in den Lebenswissenschaften / Machine Learning in Life Science	Übung	Wahlpflicht		2.00	

Qualifikationsziel
Students learn to consider machine learning applications in life sciences from different perspectives. They understand the biological point of view in regards to problems in the domains of genomics, proteomics, systems biology and biological literature information mining. They also have an understanding of different questions from the machine learning point of view, such as underlying assumptions in predictive models, the quality assessment problem, the design choices for supervised and unsupervised models.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students of the M.Sc. programmes Microsystems Engg. and Mikrosystemtechnik (PO 2021) can select this module in the concentration area Biomedical Engineering (Biomedizinische Technik).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Maschinelles Lernen in den Lebenswissenschaften / Machine Learning in Life Science	11LE13MO-1112_PO 2020
Veranstaltung	
Maschinelles Lernen in den Lebenswissenschaften / Machine Learning in Life Science	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE13V-1112
Veranstalter	
Institut für Informatik, Bioinformatik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	30 Stunden
Selbststudium	120 Stunden
Workload	180 Stunden hours

Inhalt
The course will maintain a double perspective: from the biological point of view we consider problems in the domains of genomics, proteomics, systems biology and biological literature information mining; from the machine learning point of view, we consider questions such as the underlying assumptions in predictive models, the quality assessment problem, the design choices for supervised and unsupervised models.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Klausur / schriftliche Abschlussprüfung (Dauer im Rahmen der Prüfungsordnungsregelung) Written examination (duration within the framework of the examination regulations)
(Wenn die Teilnehmerzahl sehr klein ist, kann stattdessen eine mündliche Prüfung durchgeführt werden. Die Studierenden werden rechtzeitig informiert. If number of participants is small, might be changed to oral exam instead. Students will be notified in good time.)
Zu erbringende Studienleistung
keine none
Literatur
The course material is based on influential publications both in the Machine Learning and/or Bioinformatics literature: <ul style="list-style-type: none"> ■ P Baldi, S Brunak, Y Chauvin, C.A.F Andersen, H Nielsen, Assessing the accuracy of prediction algorithms for classification: an overview, Bioinformatics 2000 ■ T Fawcett, An introduction to ROC analysis, Pattern Recognition Letters 2006

- T Dietterich, Approximate statistical tests for comparing supervised classification learning algorithms, Neural Computation 1998
- D Jiang, C Tang, A Zhang, Cluster analysis for gene expression data: A survey, IEEE transactions on knowledge and data engineering 2004
- S.C Madeira, A.L Oliveira, Biclustering algorithms for biological data analysis: a survey, IEEE Transactions on computational Biology and Bioinformatics 2004
- A Krause, J Stoye, Large scale hierarchical clustering of protein sequences, BMC bioinformatics 2005
- P Baldi, G Pollastri, The principled design of large-scale recursive neural network architectures-dag-rnns and the protein structure prediction problem, The Journal of Machine Learning Research 2003
- C Leslie, E Eskin, W Noble, The spectrum kernel: A string kernel for SVM protein classification, Pacific Symposium on Biocomputing 2002
- X.W. Chen, Prediction of protein-protein interactions using random decision forest framework, Bioinformatics 2005

Teilnahmevoraussetzung
none
Empfohlene Voraussetzung
Knowledge in Machine Learning and Bioinformatics, basic knowledge in Molecular biology

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Maschinelles Lernen in den Lebenswissenschaften / Machine Learning in Life Science	11LE13MO-1112_PO 2020
Veranstaltung	
Maschinelles Lernen in den Lebenswissenschaften / Machine Learning in Life Science	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE13Ü-1112
Veranstalter	
Institut für Informatik, Bioinformatik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	30 Stunden

Inhalt
In the exercises, students will learn through example scenarios to apply the principles and methods from the lectures.
Zu erbringende Prüfungsleistung
see Lecture
Zu erbringende Studienleistung
none
Teilnahmevoraussetzung

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Netzwerkalgorithmen / Network Algorithms	11LE13MO-1313_PO 2020
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Fabian Kuhn	
Veranstalter	
Institut für Informatik, Algorithmen und Komplexität	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	180 Stunden hours
Angebotsfrequenz	unregelmäßig

Teilnahmevoraussetzung
keine none
Empfohlene Voraussetzung
Basic knowledge in algorithm design/analysis, mathematical maturity (in particular, we use some graph theory and probability theory)

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Netzwerkalgorithmen / Network Algorithms - Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	3.00	180 Stunden hours
Netzwerkalgorithmen / Network Algorithms - Übung	Übung	Wahlpflicht		1.00	

Qualifikationsziel
Networks and distributed computing are essential in modern computing and information systems. The objective of the course is to learn fundamental principles and mathematical/algorithmic techniques underlying the design of distributed algorithms for solving tasks in networks and distributed systems.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Netzwerkalgorithmen / Network Algorithms	11LE13MO-1313_PO 2020
Veranstaltung	
Netzwerkalgorithmen / Network Algorithms - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE13V-1313
Veranstalter	
Institut für Informatik, Algorithmen und Komplexität	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	3.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	39 Stunden
Selbststudium	128 Stunden
Workload	180 Stunden hours

Inhalt
The topics are taught by going through many key example problems. Particular topics that are covered include: communication, coordination, fault-tolerance, locality, parallelism, self-organization, symmetry breaking, synchronization, uncertainty
Zu erbringende Prüfungsleistung
Klausur / schriftliche Abschlussprüfung (Dauer im Rahmen der Prüfungsordnungsregelung) Written examination (duration within the framework of the examination regulations)
(Wenn die Teilnehmerzahl sehr klein ist, kann stattdessen eine mündliche Prüfung durchgeführt werden. Die Studierenden werden rechtzeitig informiert. If number of participants is small, might be changed to oral exam instead. Students will be notified in good time.)
Zu erbringende Studienleistung
keine none
Teilnahmevoraussetzung
Empfohlene Voraussetzung
Basic knowledge in algorithm design/analysis, mathematical maturity (in particular, we use some graph theory and probability theory)

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Netzwerkalgorithmen / Network Algorithms	11LE13MO-1313_PO 2020
Veranstaltung	
Netzwerkalgorithmen / Network Algorithms - Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE13Ü-1313
Veranstalter	
Institut für Informatik, Algorithmen und Komplexität	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	1.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	13 Stunden

Inhalt
Zu erbringende Prüfungsleistung
siehe Vorlesung see Lecture
Zu erbringende Studienleistung
keine none
Teilnahmevoraussetzung

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Prinzipien der Wissensrepräsentation / Knowledge Representation	11LE13MO-1104_PO 2020
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Bernhard Nebel	
Veranstalter	
Institut für Informatik, Informatik, Grundlagen der künstlichen Intelligenz	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	180 Stunden hours
Angebotsfrequenz	unregelmäßig

Teilnahmevoraussetzung
keine none
Empfohlene Voraussetzung
Kenntnisse der Inhalte des Moduls Künstliche Intelligenz Knowledge of the content of the Artificial Intelligence module

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Prinzipien der Wissensrepräsentation / Knowledge Representation	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	3.00	180 Stunden hours
Prinzipien der Wissensrepräsentation / Knowledge Representation	Übung	Wahlpflicht		1.00	

Qualifikationsziel
Students are able to apply common knowledge representation formalisms, to develop them further and to estimate the effort for inference services. In particular, the students should be able to understand current research literature on the topic.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Teil der Spezialisierung Künstliche Intelligenz im Master of Science Informatik/Computer Science bzw. MSc Embedded Systems Engineering Part of the specialization Artificial Intelligence in Master of Science Informatik/Computer Science bzw. MSc Embedded Systems Engineering

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Prinzipien der Wissensrepräsentation / Knowledge Representation	11LE13MO-1104_PO 2020
Veranstaltung	
Prinzipien der Wissensrepräsentation / Knowledge Representation	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE13V-1104
Veranstalter	
Institut für Informatik, Informatik, Grundlagen der künstlichen Intelligenz	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	3.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	45 Stunden
Selbststudium	120 Stunden
Workload	180 Stunden hours

Inhalt
<p>Die Vorlesung bietet eine detaillierte Einführung in die Techniken, die die Grundlage fortgeschrittener Systeme zur Wissensrepräsentation und zum automatischen Schlussfolgern bilden. Im Einzelnen behandeln wir:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Klassische Logik (Wiederholung) und Modallogiken ■ zeitliches und räumliches Schließen in Allens Intervallalgebra und dem Regionzusammenhangskalkül RCC-8 ■ nicht-monotones Schließen (Default-Logik, kumulative Logik, nicht-monotone Logikprogramme) sowie ■ Beschreibungslogiken <p> </p> <p>This course gives an introduction to logic based knowledge representation formalisms. We cover in particular the following topics:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Foundations: Formal logic and complexity theory ■ Modal logic: Systems and proof techniques ■ Non-monotonic logics ■ Description logic and the semantic web ■ Qualitative temporal and spatial representations and reasoning

Zu erbringende Prüfungsleistung

<p>Klausur / schriftliche Abschlussprüfung (Dauer im Rahmen der Prüfungsordnungsregelung) Written examination (duration within the framework of the examination regulations)</p> <p>(Wenn die Teilnehmerzahl sehr klein ist, kann stattdessen eine mündliche Prüfung durchgeführt werden. Die Studierenden werden rechtzeitig informiert. If number of participants is small, might be changed to oral exam instead. Students will be notified in good time.)</p>
Zu erbringende Studienleistung
siehe Übungen see Exercises
Literatur
R. J. Brachman and Hector J. Levesque, Knowledge Representation and Reasoning, Morgan Kaufman, 2004
Teilnahmevoraussetzung
keine none
Empfohlene Voraussetzung
Kenntnisse der Inhalte des Moduls Künstliche Intelligenz Knowledge of the content of the Artificial Intelligence module

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Prinzipien der Wissensrepräsentation / Knowledge Representation	11LE13MO-1104_PO 2020
Veranstaltung	
Prinzipien der Wissensrepräsentation / Knowledge Representation	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE13Ü-1104
Veranstalter	
Institut für Informatik, Informatik, Grundlagen der künstlichen Intelligenz	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	1.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	15 Stunden

Inhalt
The exercises consist of theoretical and practical assignments, to apply the methods and concepts from the lecture.
Zu erbringende Prüfungsleistung
siehe Vorlesung see Lecture
Zu erbringende Studienleistung
Die Studienleistung ist bestanden, wenn 50% der erreichbaren Punkte aus den Übungen und Projekten erreicht sind. For passing the coursework (Studienleistung) it is necessary to reach 50% of all points from the exercises and projects.
Teilnahmevoraussetzung

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Quantitative Verifikation / Quantitative Verification	11LE13MO-1346_PO 2020
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Bernd Becker Prof. Dr. Ralf Wimmer	
Veranstalter	
Institut für Informatik, Rechnerarchitektur	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	180 Stunden hours
Angebotsfrequenz	unregelmäßig

Teilnahmevoraussetzung
keine none
Empfohlene Voraussetzung
Mathematikkenntnisse im Bereich Analysis und Differentialgleichungen, formale Beweismethoden, Wahrscheinlichkeiten Knowledge of mathematics in the field of analysis and differential equations, formal proof methods, probabilities

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Quantitative Verifikation / Quantitative Verification	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	3.00	180 Stunden hours
Quantitative Verifikation / Quantitative Verification	Übung	Wahlpflicht		1.00	

Qualifikationsziel
Die Studierenden in der Veranstaltung "Quantitative Verification" sind in der Lage, Modelle und Algorithmen zu entwickeln, die es erlauben, Sicherheitseigenschaften quantitativ zu untersuchen und Kostenmaße zu berechnen ("Wie lange dauert es im Mittel, bis die Nachricht angekommen ist?"). Die Studierenden kennen die wichtigsten Modelle zur quantitativen Evaluation von Systemen. Sie können effiziente Algorithmen anwenden, um Eigenschaften wie Ausfallwahrscheinlichkeiten, mittlerer Durchsatz, erwartete Kosten bis zum Erreichen eines Ziels oder erwartete Langzeitkosten zu bestimmen. Sie sind in der Lage, aktuelle Arbeiten aus dem Bereich "Probabilistic Model Checking" zu verstehen.

|
The students in "Quantitative Verification" are able to develop models and algorithms that allow to quantitatively investigate security properties and to calculate cost measures ("How long does it take on average for the message to arrive?").

The students know the most important models for the quantitative evaluation of systems. You can use efficient algorithms to calculate properties such as failure probability, average throughput and expected costs. Determine achievement of a goal or expected long-term costs. You will be able to understand current work in the field of "Probabilistic Model Checking".

Verwendbarkeit der Veranstaltung

Teil der Spezialisierung Cyber-Physical Systems im Master of Science Informatik/Computer Science bzw. MSc Embedded Systems Engineering

Part of the specialization Cyber-Physical Systems in Master of Science Informatik/Computer Science bzw. MSc Embedded Systems Engineering

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Quantitative Verifikation / Quantitative Verification	11LE13MO-1346_PO 2020
Veranstaltung	
Quantitative Verifikation / Quantitative Verification	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE13V-1346
Veranstalter	
Institut für Informatik, Rechnerarchitektur	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	3.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	unregelmäßig
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	deutsch
Präsenzstudium	39 Stunden
Selbststudium	128 Stunden
Workload	180 Stunden hours

Inhalt
<p>Die Studierenden lernen die wichtigsten Modellklassen zur quantitativen Evaluation von Systemen kennen:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Markow-Ketten mit diskreter und kontinuierlicher Zeit * Markow-Entscheidungsprozesse * Markow-Automaten <p>Wir behandeln Algorithmen zur Berechnung diverser Eigenschaften wie Erreichbarkeitswahrscheinlichkeiten, erwartete Kosten, PCTL- und LTL-Eigenschaften sowie zur Bestimmung des Langzeitverhaltens der Systeme (z.B. Verfügbarkeit, erwartete Kosten auf lange Sicht etc.).</p> <p> </p> <p>Students get to know the most important model classes for the quantitative evaluation of systems:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Markov chains with discrete and continuous time * Markov decision-making processes * Markov automata <p>We deal with algorithms for calculating various properties such as availability probabilities, expected costs, PCTL and LTL properties as well as for determining the long-term behavior of the systems (e.g. availability, expected costs in the long term, etc.).</p>

Zu erbringende Prüfungsleistung

<p>Klausur / schriftliche Abschlussprüfung (Dauer im Rahmen der Prüfungsordnungsregelung) Written examination (duration within the framework of the examination regulations)</p> <p>(Wenn die Teilnehmerzahl sehr klein ist, kann stattdessen eine mündliche Prüfung durchgeführt werden. Die Studierenden werden rechtzeitig informiert. If number of participants is small, might be changed to oral exam instead. Students will be notified in good time.)</p>
Zu erbringende Studienleistung
keine none
Literatur
<p>Christel Baier, Joost-Pieter Katoen: "Principles of Model Checking", MIT Press 2008</p> <p>Weitere Literatur wird in der Vorlesung bekanntgegeben. Further literature will be announced in the lecture.</p>
Teilnahmevoraussetzung
keine none
Empfohlene Voraussetzung
<p>Mathematikkenntnisse im Bereich Analysis und Differentialgleichungen, formale Beweismethoden, Wahrscheinlichkeiten </p> <p>Knowledge of mathematics in the field of analysis and differential equations, formal proof methods, probabilities</p>

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Quantitative Verifikation / Quantitative Verification	11LE13MO-1346_PO 2020
Veranstaltung	
Quantitative Verifikation / Quantitative Verification	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE13Ü-1346
Veranstalter	
Institut für Informatik, Rechnerarchitektur	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	1.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	unregelmäßig
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	deutsch
Präsenzstudium	13 Stunden

Inhalt
In den Übungen sollen die Vorlesungsinhalte vertieft und auf verschiedene Beispiele angewendet werden. In the exercises, the lecture content should be deepened and applied to various examples.
Zu erbringende Prüfungsleistung
siehe Vorlesung see Lecture
Zu erbringende Studienleistung
keine none
Teilnahmevoraussetzung

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Reinforcement Learning	11LE13MO-1141_PO 2020
Verantwortliche/r	
JProf. Dr. Joschka Bödecker	
Veranstalter	
Institut für Informatik, Professur für Neurorobotik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	1
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	180 Stunden hours

Teilnahmevoraussetzung
keine none
Empfohlene Voraussetzung
<p>Grundlagenkenntnisse in praktischer und angewandter Informatik, Algorithmen und Datenstrukturen, Programmierkenntnisse Grundlagenwissen zu Künstlicher Intelligenz und Machine Learning Basic knowledge of practical and applied computer science, algorithms and data structures, programming skills Basic knowledge of artificial intelligence and machine learning</p>

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Reinforcement Learning	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	3.00	180 Stunden hours
Reinforcement Learning	Übung	Wahlpflicht		1.00	

Qualifikationsziel
<ul style="list-style-type: none"> ■ Verständnis der grundlegenden Konzepte des optimierenden Lernes ■ Fähigkeit des Denkens auf unterschiedlichen Abstraktionsebenen ■ Kenntnis in exemplarischen Umsetzungen von Lernalgorithmen ■ Fähigkeit zum selbständigen Erkennen von Zusammenhängen der vorgestellten Konzepte ■ Kenntnisse in der praktischen Anwendung <p> </p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Understanding the basic concepts of optimizing learning

- Ability to think on different levels of abstraction
- Knowledge of exemplary implementations of learning algorithms
- Ability to independently recognize connections between the presented concepts
- Knowledge of practical application

Verwendbarkeit der Veranstaltung

Teil der Spezialisierung Künstliche Intelligenz im Master of Science Informatik/Computer Science
bzw. MSc Embedded Systems Engineering|
Part of the specialization Artificial Intelligence in Master of Science Informatik/Computer Science
bzw. MSc Embedded Systems Engineering

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Reinforcement Learning	11LE13MO-1141_PO 2020
Veranstaltung	
Reinforcement Learning	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE13V-1141
Veranstalter	
Institut für Informatik, Professur für Neurorobotik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	3.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	45 Stunden
Selbststudium	120 Stunden
Workload	180 Stunden hours

Inhalt
The lecture deals with methods of Reinforcement Learning that constitute an important class of machine learning algorithms. Starting with the formalization of problems as Markov decision processes, a variety of Reinforcement Learning methods are introduced and discussed in-depth. The connection to practice-oriented problems is established by basing the lecture on many examples.
Zu erbringende Prüfungsleistung
mündliche Abschlussprüfung (Dauer im Rahmen der Prüfungsordnungsregelung) oral exam (duration within the framework of the examination regulations) (Wenn die Teilnehmerzahl sehr groß ist, kann stattdessen eine schriftliche Prüfung durchgeführt werden. Die Studierenden werden rechtzeitig informiert. If number of participants is very high, might be exceptionally changed to written examination instead. Students will be notified in good time.)
Zu erbringende Studienleistung
keine none
Literatur
Sutton, Barton: Reinforcement Learning – An Introduction. Bertsimas: Neuron Dynamic Programming.
Teilnahmevoraussetzung
keine none

Empfohlene Voraussetzung

Grundlagenkenntnisse in praktischer und angewandter Informatik, Algorithmen und Datenstrukturen, Programmierkenntnisse

Grundlagenwissen zu Künstlicher Intelligenz und Machine Learning

|

Basic knowledge of practical and applied computer science, algorithms and data structures, programming skills

Basic knowledge of artificial intelligence and machine learning

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Reinforcement Learning	11LE13MO-1141_PO 2020
Veranstaltung	
Reinforcement Learning	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE13Ü-1141
Veranstalter	
Institut für Informatik, Professur für Neurorobotik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	1.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	15 Stunden

Inhalt
In the exercises, students will learn through example scenarios to apply the principles and methods from the lectures.
Zu erbringende Prüfungsleistung
siehe Vorlesung see Lecture
Zu erbringende Studienleistung
keine none
Teilnahmevoraussetzung

Name des Moduls	Nummer des Moduls
RNA Bioinformatik / RNA Bioinformatics	11LE13MO-1318_PO 2020
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Rolf Backofen	
Veranstalter	
Institut für Informatik, Bioinformatik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	180 Stunden hours
Angebotsfrequenz	unregelmäßig

Teilnahmevoraussetzung
keine none
Empfohlene Voraussetzung
Fundamental understanding of RNA sequence/structure analysis Knowledge about principle methods used in Bioinformatics

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
RNA Bioinformatik / RNA Bioinformatics	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	2.00	180 Stunden hours
RNA Bioinformatik / RNA Bioinformatics	Übung	Wahlpflicht		2.00	

Qualifikationsziel
<p>The goal of this module is to get a deeper understanding of the essential algorithms and methods for RNA sequence/structure analysis going beyond the topics covered in Bioinformatics 1 and 2.</p> <p>Students will learn about fundamental algorithms and methods for sequence and structure analysis of the biological macromolecule RNA.</p> <p>Students will be able to predict optimal RNA secondary structure and to explain the methods. At the end of the course, they can use probabilistic analysis of structure by partition function approaches, and thus compute base pair probabilities. Furthermore, participants will be able to compare and align RNAs according to their sequence and structural information. This will be possible using techniques for the alignment of folded RNA as well as for the simultaneous operations of alignment and folding. As special topics, students will be able to explain fundamental concepts of and methods for RNA-RNA-interaction prediction, as well as the algorithmic treatment of pseudoknots.</p>

Name des Moduls	Nummer des Moduls
RNA Bioinformatik / RNA Bioinformatics	11LE13MO-1318_PO 2020
Veranstaltung	
RNA Bioinformatik / RNA Bioinformatics	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE13V-1318
Veranstalter	
Institut für Informatik, Bioinformatik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	26 Stunden
Selbststudium	128 Stunden
Workload	180 Stunden hours

Inhalt
<p>Introduction</p> <p>Structure prediction</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Nussinov algorithm ■ Zuker algorithm ■ McCaskill algorithm <p>Comparative RNA analysis:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Plan A: first align, then fold ■ Plan C: first fold, then align ■ Plan B: simultaneous alignment and folding <p>Overview of RNA related tasks and algorithms</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ RNA-RNA interactions ■ Pseudoknot prediction - Eddy algorithm ■ Binding sites of RNA-binding proteins

Zu erbringende Prüfungsleistung

<p>Klausur / schriftliche Abschlussprüfung (Dauer im Rahmen der Prüfungsordnungsregelung) Written examination (duration within the framework of the examination regulations)</p> <p>(Wenn die Teilnehmerzahl sehr klein ist, kann stattdessen eine mündliche Prüfung durchgeführt werden. Die Studierenden werden rechtzeitig informiert. If number of participants is small, might be changed to oral exam instead. Students will be notified in good time.)</p>
<p>Zu erbringende Studienleistung</p>
<p>keine none</p>
<p>Literatur</p>
<ul style="list-style-type: none"> ■ Clote, Backofen: Computational Molecular Biologie, An Introduction. Wiley & Sons. ISBN-10: 0471872520 ISBN-13: 978-0471872528 ■ Durbin et al. Biological Sequence Analysis. Cambridge University Press. ISBN-10: 0521629713 ISBN-13: 978-0521629713
<p>Teilnahmevoraussetzung</p>
<p>keine none</p>
<p>Empfohlene Voraussetzung</p>
<p>Fundamental understanding of RNA sequence/structure analysis Knowledge about principle methods used in Bioinformatics</p>

Name des Moduls	Nummer des Moduls
RNA Bioinformatik / RNA Bioinformatics	11LE13MO-1318_PO 2020
Veranstaltung	
RNA Bioinformatik / RNA Bioinformatics	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE13Ü-1318
Veranstalter	
Institut für Informatik, Bioinformatik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	26 Stunden

Inhalt
In the exercises, students will learn through example scenarios to apply the principles and methods from the lectures.
Zu erbringende Prüfungsleistung
siehe Vorlesung see Lecture
Zu erbringende Studienleistung
keine none
Teilnahmevoraussetzung

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Robot Mapping	11LE13MO-1116_PO 2020
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Wolfram Burgard	
Veranstalter	
Institut für Informatik, Autonome intelligente Systeme	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	180 Stunden hours
Angebotsfrequenz	unregelmäßig

Teilnahmevoraussetzung
keine none
Empfohlene Voraussetzung
It can advantageous to have attended "Introduction to Mobile Robotics"

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Roboter-Kartierung / Robot Mapping	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	3.00	180 Stunden hours
Roboter-Kartierung / Robot Mapping	Übung	Wahlpflicht		1.00	

Qualifikationsziel
The students should be able to understand, characterize, and implement different approaches to robot mapping and the simultaneous localization and mapping problem. This includes parametric and non-parametric filters, optimization-based approaches as well as techniques for addressing data association problems. The students will get practical experience with mapping systems and implement the basic methods.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Teil der Spezialisierung Künstliche Intelligenz im Master of Science Informatik/Computer Science bzw. MSc Embedded Systems Engineering Part of the specialization Artificial Intelligence in Master of Science Informatik/Computer Science bzw. MSc Embedded Systems Engineering

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Robot Mapping	11LE13MO-1116_PO 2020
Veranstaltung	
Roboter-Kartierung / Robot Mapping	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE13V-1116
Veranstalter	
Institut für Informatik, Autonome intelligente Systeme	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	3.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	45 Stunden
Selbststudium	120 Stunden
Workload	180 Stunden hours

Inhalt
<p>The lecture will cover different topics and techniques in the context of environment modeling with mobile robots. This includes techniques such as the family of Kalman filters, information filters, particle filters, graph-based approaches, least-squares error minimization, techniques for place recognition and appearance-based mapping, data association as well as information-driven approaches for observation processing.</p> <p>The exercises and homework assignments will also cover practical hands-on experience with mapping techniques, as basic implementations will be part of the homework assignments.</p>
Zu erbringende Prüfungsleistung
<p>mündliche Abschlussprüfung (Dauer im Rahmen der Prüfungsordnungsregelung) oral exam (duration within the framework of the examination regulations)</p> <p>(Wenn die Teilnehmerzahl sehr groß ist, kann stattdessen eine schriftliche Prüfung durchgeführt werden. Die Studierenden werden rechtzeitig informiert. If number of participants is very high, might be exceptionally changed to written examination instead. Students will be notified in good time.)</p>
Zu erbringende Studienleistung
keine none
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> ■ Thrun et al., Probabilistic Robotics, MIT Press, 2005 ■ Springer Handbook on Robotics, Chapter on Simultaneous Localization and Mapping

- Grisetti et al., A Tutorial on Graph-based SLAM, 2009
- Cummins and Newman, Highly Scalable Appearance-Only SLAM, 2009.

Further material will be available via the course website

Teilnahmevoraussetzung

keine | none

Empfohlene Voraussetzung

It can advantageous to have attended "Introduction to Mobile Robotics"

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Robot Mapping	11LE13MO-1116_PO 2020
Veranstaltung	
Roboter-Kartierung / Robot Mapping	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE13Ü-1116
Veranstalter	
Institut für Informatik, Autonome intelligente Systeme	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	1.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	15 Stunden

Inhalt
The exercises and homework assignments will also cover practical hands-on experience with mapping techniques, as basic implementations will be part of the homework assignments.
Zu erbringende Prüfungsleistung
siehe Vorlesung see Lecture
Zu erbringende Studienleistung
keine none
Teilnahmevoraussetzung

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Simulation in Computer Graphics	11LE13MO-1113_PO 2020
Verantwortliche/r	
Prof. Dr.-Ing. Matthias Teschner	
Veranstalter	
Institut für Informatik, Graphische Datenverarbeitung	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	180 Stunden hours
Angebotsfrequenz	unregelmäßig

Teilnahmevoraussetzung
keine none
Empfohlene Voraussetzung
<ul style="list-style-type: none"> ■ Programming Skills ■ Knowledge in Algorithms and Data Structures, Linear Algebra and Analysis

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Simulation in der Computergraphik / Simulation in Computer Graphics	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	2.00	180 Stunden hours
Simulation in der Computergraphik / Simulation in Computer Graphics	Übung	Wahlpflicht		2.00	

Qualifikationsziel
The module offers insights into physically-based animation techniques. Various models, numerical techniques, data structures and algorithms for rigid or deformable solids and for fluids are covered. The students learn a variety of relevant techniques. They also learn how to combine, e.g., fluids and solids in animation frameworks.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Teil der Spezialisierung Künstliche Intelligenz im Master of Science Informatik/Computer Science bzw. MSc Embedded Systems Engineering Part of the specialization Artificial Intelligence in Master of Science Informatik/Computer Science bzw. MSc Embedded Systems Engineering

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Simulation in Computer Graphics	11LE13MO-1113_PO 2020
Veranstaltung	
Simulation in der Computergraphik / Simulation in Computer Graphics	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE13V-1113
Veranstalter	
Institut für Informatik, Graphische Datenverarbeitung	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	30 Stunden
Selbststudium	120 Stunden
Workload	180 Stunden hours

Inhalt
<p>The course addresses high-performance approaches for the particle-based simulation of fluids, elastic solids, rigid bodies and their interactions. The course introduces relevant concepts with a strong focus on high-performance implementations. The introduced concepts are used in interactive games and in the entertainment industry in general, but also for large-scale simulations in engineering.</p> <p>Topics:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Equations for the motion of particle-based fluids, elastic solids and rigid bodies. 2. Time derivatives to compute particle motion. 3. Spatial derivatives with SPH to compute particle forces. 4. Efficient matrix-free implementations of linear solvers for robust implicit formulations. 5. Spatial data structures for accelerated fluid-rigid and rigid-rigid interactions. 6. Efficient implementations of spatial data structures with hashing and sorting.
Lernziele / Lernergebnisse
<p>Substantial understanding of concepts for the particle-based simulation of various materials. In-depth knowledge of high-performance implementations of all simulation components.</p>

Zu erbringende Prüfungsleistung

<p>mündliche Abschlussprüfung (Dauer im Rahmen der Prüfungsordnungsregelung) oral exam (duration within the framework of the examination regulations)</p> <p>(Wenn die Teilnehmerzahl groß ist, kann stattdessen eine schriftliche Prüfung durchgeführt werden. Die Studierenden werden rechtzeitig informiert. If number of participants is high, might be exceptionally changed to written examination instead. Students will be notified in good time.)</p>
Zu erbringende Studienleistung
keine none
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> ■ Koschier et al: Smoothed Particle Hydrodynamics Techniques for the Physics Based Simulation of Fluids and Solids. ■ Ihmsen et al: SPH Fluids in Computer Graphics. ■ Bridson: Fluid Simulation for Computer Graphics. ■ Ericson: Real-time Collision Detection.
Teilnahmevoraussetzung
keine none
Empfohlene Voraussetzung
<ul style="list-style-type: none"> ■ Programming Skills (C, C++, Java) ■ Knowledge in Algorithms and Data Structures, Linear Algebra and Analysis
Lehrmethoden
Lectures, discussions, theoretical and practical exercises.
Zielgruppe
M.Sc. students and advanced B.Sc. students in Computer Science and related study programmes.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Simulation in Computer Graphics	11LE13MO-1113_PO 2020
Veranstaltung	
Simulation in der Computergraphik / Simulation in Computer Graphics	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE13Ü-1113
Veranstalter	
Institut für Informatik, Graphische Datenverarbeitung	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	30 Stunden

Inhalt
In the exercises, students will learn to apply the methods from the lectures in a practical setting.
Zu erbringende Prüfungsleistung
siehe Vorlesung see Lecture
Zu erbringende Studienleistung
keine none
Teilnahmevoraussetzung

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Social Robotics	11LE13MO-1124_PO 2020
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Bernhard Nebel	
Veranstalter	
Institut für Informatik, Informatik, Grundlagen der künstlichen Intelligenz	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	180 Stunden hours
Angebotsfrequenz	unregelmäßig

Teilnahmevoraussetzung
keine none
Empfohlene Voraussetzung
keine none Basics in principles of AI can be beneficial

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Soziale Robotik / Social Robotics	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	3.00	180 Stunden hours
Soziale Robotik / Social Robotics	Übung	Wahlpflicht		1.00	

Qualifikationsziel
The lecture addresses social robotics as an interdisciplinary research area. Students are made familiar with the major research topics and methods in social robotics to an extent that allows them to understand current research literature in the field of social robotics, to put it into context, and to actively participate in social robotics research.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Teil der Spezialisierung Künstliche Intelligenz im Master of Science Informatik/Computer Science bzw. MSc Embedded Systems Engineering Part of the specialization Artificial Intelligence in Master of Science Informatik/Computer Science bzw. MSc Embedded Systems Engineering

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Social Robotics	11LE13MO-1124_PO 2020
Veranstaltung	
Soziale Robotik / Social Robotics	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE13V-1124
Veranstalter	
Institut für Informatik, Informatik, Grundlagen der künstlichen Intelligenz	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	3.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	unregelmäßig
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	45 Stunden
Selbststudium	120 Stunden
Workload	180 Stunden hours

Inhalt
<p>Die Vorlesung befasst sich mit der Sozialen Robotik als interdisziplinäres Forschungsgebiet. Zentrale Themen umfassen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Grundlagen der deskriptiven und inferentiellen Statistik (anhand der Statistiksoftware R) - Paradigmen des Experimentaldesigns in der Sozialen Robotik (Wizard-of-Oz etc.) - Algorithmen und Software-Architekturen für Soziale Roboter - Formale Modellierungen menschlicher Präferenzen und Fähigkeiten - Multi-Modale Interfaces (Sprache, Gestik, Mimik) - Roboterethik und Maschinelle Ethik <p> </p> <p>The lecture introduces Social Robotics as an interdisciplinary research area. Major topics include:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Introduction to descriptive and inferential statistics (using the statistics software R) - Experimental paradigms in social robotics (Wizard-of-Oz etc.) - Algorithms and Software Architectures for social robots - Formal modeling of human preferences and abilities - Multi-Modal Interfaces (Speech, Gestures, Facial Expressions) - Robo-ethics and machine ethics

Zu erbringende Prüfungsleistung

<p>Klausur / schriftliche Abschlussprüfung (Dauer im Rahmen der Prüfungsordnungsregelung) Written examination (duration within the framework of the examination regulations)</p> <p>(Wenn die Teilnehmerzahl sehr klein ist, kann stattdessen eine mündliche Prüfung durchgeführt werden. Die Studierenden werden rechtzeitig informiert. If number of participants is small, might be changed to oral exam instead. Students will be notified in good time.)</p>
Zu erbringende Studienleistung
siehe Übungen see Exercises
Literatur
<p>C. Breazeal, Designing Sociable Robots, MIT Press, Cambridge, MA, USA, 2002. A. Field, J. Miles, Z. Field, Discovering Statistics Using R, Sage Publications Ltd., 2002.</p>
Teilnahmevoraussetzung
keine none
Empfohlene Voraussetzung
<p>keine none Basics in principles of AI can be beneficial</p>

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Social Robotics	11LE13MO-1124_PO 2020
Veranstaltung	
Soziale Robotik / Social Robotics	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE13Ü-1124
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	1.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	unregelmäßig
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	deutsch
Präsenzstudium	15 Stunden

Inhalt
<p>Aufgabenstellungen in den Übungen können projektartige Programmieraufgaben, Theorieaufgaben (Rechnungen, Herleitungen und Beweise), Analysen von Datensätzen mit R, sowie Aufbereitungen von Lesestoff umfassen. Studierende präsentieren ihre Ergebnisse an den Übungsterminen.</p> <p> Coursework may include programming exercises, theoretical tasks (calculations, derivations, and proofs), data analysis using R, and literature work. Students prepare presentations of their results.</p>
Zu erbringende Prüfungsleistung
siehe Vorlesung see Lecture
Zu erbringende Studienleistung
<p>Die Studienleistung ist erbracht, wenn mind. 50% der Übungspunkte erreicht wurden. </p> <p>For passing the coursework (Studienleistung) it is necessary to reach 50% of all points from the exercises.</p>
Teilnahmevoraussetzung

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Spieltheorie / Game Theory	11LE13MO-1117_PO 2020
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Bernhard Nebel	
Veranstalter	
Institut für Informatik, Informatik, Grundlagen der künstlichen Intelligenz	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	180 Stunden hours
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
keine none
Empfohlene Voraussetzung
For this course, no particular prerequisites are required.

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Spieltheorie / Game Theory	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	3.00	180 Stunden hours
Spieltheorie / Game Theory	Übung	Wahlpflicht		1.00	

Qualifikationsziel
After attending the module, students should be able to model simple strategic decision situations according to the game theory and to analyze them with regard to solutions (Nash equilibria, subgame perfect equilibria). Moreover, the students should be able to employ simple mechanisms.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Teil der Spezialisierung Künstliche Intelligenz im Master of Science Informatik/Computer Science bzw. MSc Embedded Systems Engineering Part of the specialization Artificial Intelligence in Master of Science Informatik/Computer Science bzw. MSc Embedded Systems Engineering

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Spieltheorie / Game Theory	11LE13MO-1117_PO 2020
Veranstaltung	
Spieltheorie / Game Theory	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE13V-1117
Veranstalter	
Institut für Informatik, Informatik, Grundlagen der künstlichen Intelligenz	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	3.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	39 Stunden
Selbststudium	128 Stunden
Workload	180 Stunden hours

Inhalt
<p>Gegenstand der Spieltheorie ist das rationale Fällen von Entscheidungen zur Verwirklichung der eigenen Ziele. Insbesondere geht es dabei um Wechselwirkungen und Konflikte zwischen den Zielen der verschiedenen Spieler, also um die Frage, in welcher Weise das Wissen um die Ziele der anderen Spieler die eigenen Verhaltensweisen beeinflusst. In der Vorlesung werden folgende Arten von Spielen untersucht:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Strategische Spiele ■ Extensive Spiele <p>Dabei werden Formalisierungen und Lösungskonzepte sowie Algorithmen zum Berechnen von Lösungen vorgestellt.</p> <p> </p> <p>Game theory is about rational decision making to further ones own objectives. In particular, it is about interactions and conflicts between the objectives of different players, i.e., about the question how the knowledge about other players' objectives influences ones own behavior. In the lecture, we study strategic and extensive games and discuss formalizations and solution concepts as well as algorithms for the computation of such solutions.</p> <p>In addition, the course is concerned with the mechanism design problem, i.e., with the question of how the rules of a social system should be designed in order to incentivize all participants to behave in a way that maximizes social welfare.</p>

Zu erbringende Prüfungsleistung

<p>Klausur / schriftliche Abschlussprüfung (Dauer im Rahmen der Prüfungsordnungsregelung) Written examination (duration within the framework of the examination regulations)</p> <p>(Wenn die Teilnehmerzahl sehr klein ist, kann stattdessen eine mündliche Prüfung durchgeführt werden. Die Studierenden werden rechtzeitig informiert. If number of participants is small, might be changed to oral exam instead. Students will be notified in good time.)</p>
Zu erbringende Studienleistung
siehe Übungen see Exercises
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> ■ Osborne, Rubinstein, A Course in Game Theory, The MIT Press, Cambridge, MA, 1994 ■ Nisan, Roughgarden, Tardos, Vazirani (Hrsg.), Algorithmic Game Theory, Cambridge University Press, 2007
Teilnahmevoraussetzung
keine none
Empfohlene Voraussetzung
For this course, no particular prerequisites are required.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Spieltheorie / Game Theory	11LE13MO-1117_PO 2020
Veranstaltung	
Spieltheorie / Game Theory	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE13Ü-1117
Veranstalter	
Institut für Informatik, Informatik, Grundlagen der künstlichen Intelligenz	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	1.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	13 Stunden

Inhalt
During the semester there will be weekly theoretical exercise sheets and sporadic practical exercises and didactic web-based experiments in game theory. To complete the practical exercise sheets, Python 3 foundations are assumed
Zu erbringende Prüfungsleistung
siehe Vorlesung see Lecture
Zu erbringende Studienleistung
Die Studienleistung ist bestanden, wenn 50% der erreichbaren Punkte aus den Übungen und Projekten erreicht sind. For passing the coursework (Studienleistung) it is necessary to reach 50% of all points from the exercises and projects.
Teilnahmevoraussetzung

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Statistical Pattern Recognition	11LE13MO-1114_PO 2020
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Thomas Brox	
Veranstalter	
Institut für Informatik, Mustererkennung u. Bildverarbeitung	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	1
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	180 Stunden hours
Angebotsfrequenz	unregelmäßig

Teilnahmevoraussetzung
keine none
Empfohlene Voraussetzung
Fundamental mathematical knowledge, particularly statistic

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Statistische Mustererkennung / Statistical Pattern Recognition	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	2.00	180 Stunden hours
Statistische Mustererkennung / Statistical Pattern Recognition	Übung	Wahlpflicht		2.00	

Inhalt
Qualifikationsziel
Students know the most relevant techniques of pattern recognition. They are able to understand current related literature and can apply appropriate techniques to solve pattern recognition problems in different areas of application.

Verwendbarkeit der Veranstaltung

Teil der Spezialisierung Künstliche Intelligenz im Master of Science Informatik/Computer Science
bzw. MSc Embedded Systems Engineering|
Part of the specialization Artificial Intelligence in Master of Science Informatik/Computer Science
bzw. MSc Embedded Systems Engineering

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Statistical Pattern Recognition	11LE13MO-1114_PO 2020
Veranstaltung	
Statistische Mustererkennung / Statistical Pattern Recognition	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE13V-1114
Veranstalter	
Institut für Informatik, Mustererkennung u. Bildverarbeitung	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	unregelmäßig
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	28 Stunden
Selbststudium	126 Stunden
Workload	180 Stunden hours

Inhalt
The course introduces the basic ideas of recognition and learning, and reviews the most important terminology of probabilistic methods. Afterwards the most common techniques for classification, regression, and clustering are presented, among them linear regression, Gaussian processes, logistic regression, support vector machines, non-parametric density estimation, and expectation-maximization. Additionally, the course includes dimensionality reduction methods and inference in graphical models. Programming assignments in Matlab or Python help deepen the understanding of the material.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Klausur / schriftliche Abschlussprüfung (Dauer im Rahmen der Prüfungsordnungsregelung) Written examination (duration within the framework of the examination regulations)
Zu erbringende Studienleistung
Siehe Übung see exercises
Literatur
"Pattern Recognition and Machine Learning" by Christopher Bishop
Teilnahmevoraussetzung
keine none

Empfohlene Voraussetzung

Fundamental mathematical knowledge, particularly statistic
Bemerkung / Empfehlung
Usually the course is offered every summer semester; as there might be rare exceptions in some years, it's marked as "irregularly"

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Statistical Pattern Recognition	11LE13MO-1114_PO 2020
Veranstaltung	
Statistische Mustererkennung / Statistical Pattern Recognition	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE13Ü-1114
Veranstalter	
Institut für Informatik, Mustererkennung u. Bildverarbeitung	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	unregelmäßig
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	26 Stunden

Inhalt
The exercises consist of theoretical assignments and programming assignments, to apply the methods and concepts from the lecture.
Zu erbringende Prüfungsleistung
siehe Vorlesung see lecture
Zu erbringende Studienleistung
keine none
Teilnahmevoraussetzung

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Test und Zuverlässigkeit / Test and Reliability	11LE13MO-1202_PO 2020
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Bernd Becker	
Veranstalter	
Institut für Informatik, Rechnerarchitektur	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	1
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	180 Stunden hours
Angebotsfrequenz	unregelmäßig

Teilnahmevoraussetzung
keine none
Empfohlene Voraussetzung
Kenntnisse in Technische Informatik und Rechnerarchitektur / Computer Architecture
Knowledge of technical informatics and computer architecture

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Test und Zuverlässigkeit / Test and Reliability	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	3.00	180 Stunden hours
Test und Zuverlässigkeit / Test and Reliability	Übung	Wahlpflicht		1.00	

Qualifikationsziel
The students know the basic questions of testing digital circuits and, based on this, know, apply and, if necessary, adapt important algorithmic techniques to new needs. Students are able to carry out "Design for Testability" and assess the advantages and disadvantages of these measures. They are familiar with the challenges of the new technologies and they can assess state-of-the-art approaches.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Teil der Spezialisierung Cyber-Physical Systems im Master of Science Informatik/Computer Science bzw. MSc Embedded Systems Engineering Part of the specialization Cyber-Physical Systems in Master of Science Informatik/Computer Science bzw. MSc Embedded Systems Engineering

Name des Moduls		Nummer des Moduls	
Test und Zuverlässigkeit / Test and Reliability		11LE13MO-1202_PO 2020	
Veranstaltung			
Test und Zuverlässigkeit / Test and Reliability			
Veranstaltungsart		Nummer	
Vorlesung		11LE13V-1202	
Veranstalter			
Institut für Informatik, Rechnerarchitektur			
Fachbereich / Fakultät			
Technische Fakultät			

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	3.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	45 Stunden
Selbststudium	120 Stunden
Workload	180 Stunden hours

Inhalt
<p>The manufacturing process of integrated circuits (ICs, chips) is a yield process, i.e. some of the ICs will be inherently prone to failures. Since shipping of defective chips implies high follow-up costs, a test phase is necessary to detect defective chips as early as possible. Today, the so-called structural test flow is widely accepted. Here, defects are abstracted with the help of fault models and test patterns are generated that guarantee a high fault coverage with respect to the fault model considered. Taken together, test costs are responsible for up to 40% of the IC's production costs. Furthermore, it is widely accepted that already during the design phase testability has to be taken into account (design for testability, DFT). Because of this, at least a basic knowledge of IC test issues is of importance also for IC designers.</p> <p>Consequently, the course starts with standard test topics like fault models, (stuck-at)-fault simulation and automatic test pattern generation (ATPG). We will also provide an introduction to DFT methods, in particular scan design and built-in self-test. Finally, current research topics such as defect based testing, non-standard fault models, test for systems-on-a-chip (SOCs), variation aware testing, robustness analysis are addressed.</p>
Zu erbringende Prüfungsleistung
<p>Klausur / schriftliche Abschlussprüfung (Dauer im Rahmen der Prüfungsordnungsregelung) Written examination (duration within the framework of the examination regulations)</p> <p>(Wenn die Teilnehmerzahl sehr klein ist, kann stattdessen eine mündliche Prüfung durchgeführt werden. Die Studierenden werden rechtzeitig informiert. If number of participants is small, might be changed to oral exam instead. Students will be notified in good time.)</p>

Zu erbringende Studienleistung
keine none
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> ■ Abramovici, Breuer, Friedman, "Digital Systems Testing & Testable Design", IEEE Press, 1994, ISBN: 0780310624 (available in our library). ■ Jha, Gupta, "Testing of Digital Systems", Cambridge University Press, 2003, ISBN 05217 73563 (available in our library).
Teilnahmevoraussetzung
keine none
Empfohlene Voraussetzung
Kenntnisse in Technische Informatik und Rechnerarchitektur / Computer Architecture Knowledge of technical informatics and computer architecture

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Test und Zuverlässigkeit / Test and Reliability	11LE13MO-1202_PO 2020
Veranstaltung	
Test und Zuverlässigkeit / Test and Reliability	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE13Ü-1202
Veranstalter	
Institut für Informatik, Rechnerarchitektur	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	1.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	15 Stunden

Inhalt
Zu erbringende Prüfungsleistung
siehe Vorlesung see Lecture
Zu erbringende Studienleistung
keine none
Teilnahmevoraussetzung

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Verteilte Systeme / Distributed Systems	11LE13MO-1312_PO 2020
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Fabian Kuhn	
Veranstalter	
Institut für Informatik, Algorithmen und Komplexität	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	1
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	180 Stunden hours
Angebotsfrequenz	unregelmäßig

Teilnahmevoraussetzung
keine none
Empfohlene Voraussetzung
Basic knowledge in algorithm design & analysis, some mathematical maturity (in particular, we use some graph theory and probability theory) Knowledge about databases and information systems

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Verteilte Systeme / Distributed Systems	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	2.00	180 Stunden hours
Verteilte Systeme / Distributed Systems - Übung	Übung	Wahlpflicht		2.00	

Qualifikationsziel
The students know the specific problems in distributed systems that arise from the interaction of concurrent processes. They know and apply solutions to such problems.

Verwendbarkeit der Veranstaltung
Teil der Spezialisierung Cyber-Physical Systems im Master of Science Informatik/Computer Science bzw. MSc Embedded Systems Engineering Part of the specialization Cyber-Physical Systems in Master of Science Informatik/Computer Science bzw. MSc Embedded Systems Engineering

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Verteilte Systeme / Distributed Systems	11LE13MO-1312_PO 2020
Veranstaltung	
Verteilte Systeme / Distributed Systems	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE13V-1312
Veranstalter	
Institut für Informatik, Algorithmen und Komplexität	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	unregelmäßig
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	26 Stunden
Selbststudium	128 Stunden
Workload	180 Stunden hours

Inhalt
<p>The course provides an introduction to the fundamentals of distributed systems and algorithms. The course will in particular cover the following topics:</p> <ul style="list-style-type: none"> - distributed systems models - time and global states in distributed systems - synchronous and asynchronous systems - fault tolerance - basic distributed algorithms for coordination and agreement tasks - basic distributed network algorithms - distributed and parallel graph algorithms - impossibility results and lower bounds
Zu erbringende Prüfungsleistung
<p>mündliche Abschlussprüfung (Dauer im Rahmen der Prüfungsordnungsregelung) oral exam (duration within the framework of the examination regulations)</p> <p>(Wenn die Teilnehmerzahl sehr groß ist, kann stattdessen eine schriftliche Prüfung durchgeführt werden. Die Studierenden werden rechtzeitig informiert. If number of participants is very high, might be exceptionally changed to written examination instead. Students will be notified in good time.)</p>

Zu erbringende Studienleistung

keine none (Please note: The exercises are an integral part of the lecture, the topics covered by the exercises will also be part of the exam.)
Literatur
Some of the content is for example covered by the following books: Distributed Computing: Fundamentals, Simulations and Advanced Topics Hagit Attiya, Jennifer Welch. McGraw-Hill Publishing, 1998, ISBN 0-07-709352 6 Distributed Computing: A Locality-Sensitive Approach David Peleg. Society for Industrial and Applied Mathematics (SIAM), 2000, ISBN 0-89871-464-8 Additional literature will be provided in the lecture.
Teilnahmevoraussetzung
keine none
Empfohlene Voraussetzung
Basic knowledge in algorithm design & analysis, some mathematical maturity (in particular, we use some graph theory and probability theory)

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Verteilte Systeme / Distributed Systems	11LE13MO-1312_PO 2020
Veranstaltung	
Verteilte Systeme / Distributed Systems - Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE13Ü-1312
Veranstalter	
Institut für Informatik, Algorithmen und Komplexität	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	unregelmäßig
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	26 Stunden

Inhalt
The lecture will be complemented by theoretical exercises that allow to apply and further develop ideas and techniques discussed in the lecture. The exercises are an integral part of the lecture, the topics covered by the exercises will also be part of the oral exam.
Zu erbringende Prüfungsleistung
siehe Vorlesung see Lecture
Zu erbringende Studienleistung
keine none (Please note: The exercises are an integral part of the lecture, the topics covered by the exercises will also be part of the exam.)
Teilnahmevoraussetzung

Name des Kontos	Nummer des Kontos
Seminars	11LE13KT-Seminare
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
ECTS-Punkte	6,0
Benotung	A- Berechnung 1 NachK

Kommentar
In the area of Elective Courses in Computer Science, instead of Specialization Courses in Computer Science, a maximum of two seminars from the seminars offered by the Department for Computer Science can be completed.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Seminar 1	11LE13MO-Seminar 1
Verantwortliche/r	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	1
Moduldauer	
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
Workload	90 Stunden hours
Angebotsfrequenz	in jedem Semester

Teilnahmevoraussetzung
keine none
Empfohlene Voraussetzung
allgemeine mathematische Grundkenntnisse, praktische und theoretische Grundlagen der Informatik, ggf. themenspezifische Vorkenntnisse für den gewählten Themenbereich general mathematical knowledge, practical and theoretical foundations in Computer Science, possibly subject-specific knowledge for the chosen topics

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
VG Seminar 1 M	Veranstaltung	Pflicht		2.00	90 Stunden hours

Qualifikationsziel
Die Studierenden erhalten einen vertieften Einblick in das wissenschaftliche Arbeiten auf einem speziellen Fachgebiet der Informatik. Anhand ausgesuchter Themen aus den unterschiedlichen Forschungs- und Arbeitsgebiete der Professuren und Arbeitsgruppen vertiefen die Studierenden ihre Kenntnisse, wie man wissenschaftliche Texte liest, Hintergrundrecherche durchführt, wissenschaftliche Ergebnisse präsentiert und an wissenschaftlichen bzw. fachlichen Diskussionen teilnimmt. Sie erweitern ihre Kenntnisse in den Regeln und Techniken des wissenschaftlichen Arbeitens (z.B. korrektes Zitieren), insbesondere im Hinblick auf den redlichen Umgang in der Wissenschaft; diese Kenntnisse werden für das Verfassen der Masterarbeit benötigt. Das Anfertigen und Halten einer eigenen Präsentation im Rahmen des Seminars bereitet direkt auf die Präsentation der Masterarbeit vor.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Die Prüfungsleistung besteht in der Erstellung und Durchführung einer wissenschaftlichen Präsentation.
Zu erbringende Studienleistung

Regelmäßige Teilnahme an den Veranstaltungen des Seminars ist wichtig für das Verständnis und das Erreichen der Qualifikationsziele. Daher ist üblicherweise Anwesenheitspflicht ein Bestandteil der Studienleistung im Seminar. Weitere Teilleistungen können in den konkreten Beschreibungen der einzelnen semesterweisen Lehrveranstaltungen geregelt werden.

Bemerkung / Empfehlung

Informationen zum Belegverfahren für Seminare: | Information about booking procedure for seminars:

<https://www.tf.uni-freiburg.de/en/studies-and-teaching/a-to-z-study-faq>

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Seminar 1	11LE13MO-Seminar 1
Veranstaltungsgruppe	
VG Seminar 1 M	
Veranstaltungsart	Nummer
Veranstaltung	11LE13VG-Seminar
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	1
Angebotsfrequenz	unregelmäßig
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
Lehrsprachen	deutsch, englisch
Präsenzstudium	30
Selbststudium	60
Workload	90 Stunden hours

Inhalt
Various topics (changing each semester) from the research and teaching areas of the work groups/chairs at the Department of Computer Science
Zu erbringende Prüfungsleistung
Oral presentation (duration within the framework of the examination regulations)
Zu erbringende Studienleistung
Regular participation in the lessons of the seminar (with compulsory attendance); further course work might be required in accordance with some of the specific semester-wise courses
Literatur
background literature provided by the lecturers
Teilnahmevoraussetzung
keine none
Empfohlene Voraussetzung
allgemeine mathematische Grundkenntnisse, praktische und theoretische Grundlagen der Informatik, ggf. themenspezifische Vorkenntnisse für den gewählten Themenbereich general mathematical knowledge, practical and theoretical foundations in Computer Science, possibly subject-specific knowledge for the chosen topics
Lehrmethoden
Seminars can be held in a weekly fashion or as a compact course (during/at the end of lecture time)

Name des Kontos	Nummer des Kontos
Studienprojekt / Study project	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
ECTS-Punkte	18,0
Benotung	

Kommentar
In the area of Elective Courses in Computer Science, instead of Specialization Courses in Computer Science, students can choose to earn 18 ECTS credits by completing a Studienprojekt / Study project.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Studienprojekt / Study project	11LE13MO-9140 Studienprojekt Allgemein
Verantwortliche/r	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	18,0
Empfohlenes Fachsemester	3
Moduldauer	
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
Workload	540 Stunden
Angebotsfrequenz	in jedem Semester

Teilnahmevoraussetzung
keine none
Empfohlene Voraussetzung
allgemeine mathematische Grundlagen, praktische und theoretische Grundlagen der Informatik, themenspezifische Vorkenntnisse für den gewählten Themenbereich general fundamental mathematical knowledge, practical and theoretical foundations in Computer Science, subject-specific knowledge for the chosen topics

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Studienprojekt Allgemein	Veranstaltung	Pflicht			540 Stunden hours

Qualifikationsziel
In this module students get involved in the actual research process of the chosen work group/chair. Depending on their personal field of interest and their expertise in various research and teaching areas offered at the Department of Computer Science, they decide on a specific topic and deepen their knowledge and skills in this area as well as their overall proficiency in academic work and research. They learn to work on the different tasks required for the specific project under given technical specifications, to develop appropriate systems and to work constructively in projects. Students acquire the ability to familiarize themselves with new problems and do independent background research. They will work with modern development environments and adhere to the generally accepted quality standards. During the project, working in a team as well as observing the rules of good scientific work will be expected.

Bemerkung / Empfehlung
Language is usually English, but might be negotiable (changed to German) Please learn about the procedure of finding a topic and registering for the project in good time.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Studienprojekt	11LE13MO-9140 Studienprojekt Allgemein
Veranstaltungsgruppe	
Studienprojekt Allgemein	
Veranstaltungsart	Nummer
Veranstaltung	11LE13VG-9140 Studienprojekt-Allgemein
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	18,0
Semesterwochenstunden (SWS)	
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	unregelmäßig
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
Lehrsprachen	deutsch, englisch
Präsenzstudium	ca. 20 Stunden
Selbststudium	ca. 520 Stunden
Workload	540 Stunden hours

Inhalt
Students choose a specific topic (according to their personal interest and present field of expertise) from one of the research and teaching areas offered at the Department of Computer Science. They work independently under a supervisor and connected to the research team on subject specific tasks, gaining experience with scientific work and working with state-of-the-art development environments or lab equipment.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Depending on specific project: written research paper or creation of a software program or demonstrators
Zu erbringende Studienleistung
Active participation (attendance can be required) in (team) discussions or meetings with the supervisor, self-organizing the given tasks, doing background research, presentation of results
Literatur
Depends on topic; provided by the supervisor
Teilnahmevoraussetzung
keine none
Empfohlene Voraussetzung
allgemeine mathematische Grundlagen, praktische und theoretische Grundlagen der Informatik, themenspezifische Vorkenntnisse für den gewählten Themenbereich general fundamental mathematical knowledge, practical and theoretical foundations in Computer Science, subject-specific knowledge for the chosen topics

Name des Kontos	Nummer des Kontos
Microsystems Engineering Concentration Areas	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
ECTS-Punkte	18 to 36 credits
Benotung	

Kommentar
<p>Students have to take at least 18 ECTS credits within one of the Microsystems Engineering Concentration Areas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Circuits and Systems • Materials and Fabrication • Biomedical Engineering • Photonics <p>Together with the chosen courses from Advanced Microsystems Engineering, the amount of ECTS credits must not surpass 54.</p> <p>Overall, the limit of ECTS credits is 90 for the areas of</p> <ul style="list-style-type: none"> • Essential Lectures in Computer Science • Elective Courses in Computer Science • Advanced Microsystems Engineering • Microsystems Engineering Concentration Areas <p>The module descriptions are provided in the additional Module handbook “Anhang/Appendix zu den Modulhandbüchern”</p>

Name des Kontos	Nummer des Kontos
Customized Course Selection	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
ECTS-Punkte	Max. 18
Benotung	

Kommentar
<p>Instead of doing courses surpassing the bare minimum of 18 ECTS credits each in the areas of</p> <ul style="list-style-type: none"> • Elective Courses in Computer Science • Elective Courses in Computer Science • Advanced Microsystems Engineering • Microsystems Engineering Concentration Area <p>students can choose other courses of 18 ECTS credits at the most available in the Customized Course Selection. These courses can be chosen from</p> <ul style="list-style-type: none"> • Modules/courses from MSc Computer Science or MSc Microsytsems Engineering that are completed as pass/fail courses ("Studienleistung") only • Courses from other Subjects or Departments/Faculties at the University of Freiburg • One language course <p>All these modules/courses are pass/fail assessments (Studienleistungen).</p>

Name des Kontos	Nummer des Kontos
Modules/courses from MSc Computer Science or MSc Microsytsems Engineering (SL only)	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Benotung	

Kommentar
<p>Modules/courses from MSc Computer Science or MSc Microsytsems Engineering that are completed as pass/fail courses (“Studienleistung”) only are, for instance</p> <ul style="list-style-type: none"> • Praktikum / Lab course from Computer Science

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Praktikum / Lab course from Computer Science	11LE13MO-7110 PO 2020
Verantwortliche/r	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
Workload	180 Stunden hours
Angebotsfrequenz	in jedem Semester

Teilnahmevoraussetzung
keine none
Empfohlene Voraussetzung
allgemeine praktische und theoretische Grundlagen der Informatik, Programmierkenntnisse, themenspezifische Vorkenntnisse für den gewählten Themenbereich general practical and theoretical foundations in Computer Science, programming skills, subject-specific knowledge for the chosen topics

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Praktikum	Veranstaltung	Wahlpflicht	6,0	4.00	180 Stunden hours

Qualifikationsziel
While working with other students or members of the work groups/chairs at the Department of Computer Science on one of many topics they can choose from following their field of interest, students learn to complete given tasks taking into account the given technical conditions, conduct experiments and record and analyze the results in appropriate scientific manner and report on their work.
Bemerkung / Empfehlung
Language is usually English, but might be negotiable (changed to German)

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Praktikum	11LE13MO-7110 PO 2020
Veranstaltungsgruppe	
Praktikum	
Veranstaltungsart	Nummer
Veranstaltung	11LE13VG-7110 Praktikum PO 2020
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	unregelmäßig
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprachen	deutsch, englisch
Präsenzstudium	60 Stunden
Selbststudium	120 Stunden
Workload	180 Stunden hours

Inhalt
Various topics from the research and teaching areas of the work groups/chairs at the Department of Computer Science
Zu erbringende Prüfungsleistung
keine none
Zu erbringende Studienleistung
Active participation (attendance usually required) in (team) meetings with the supervisor, working on assigned tasks and experiments, self-organizing the given tasks, doing background research, creation of a software program or demonstrators, presentation of results
Literatur
Instructions and background literature are provided by the lecturers
Teilnahmevoraussetzung
keine none
Empfohlene Voraussetzung
allgemeine praktische und theoretische Grundlagen der Informatik, Programmierkenntnisse, themenspezifische Vorkenntnisse für den gewählten Themenbereich general practical and theoretical foundations in Computer Science, programming skills, subject-specific knowledge for the chosen topics

Name des Kontos	Nummer des Kontos
Courses from other Subjects or Departments/Faculties at the University	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Benotung	

Kommentar
<p>Courses from other departments of the University can only be chosen from selected subjects. These subjects are listed below.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Economics • Sustainable Systems Engineering <p>As per the examination regulations, exceptions for courses in subjects usually not available might be granted. Information about the process to apply for such exceptions can be found on the website of the Faculty of Engineering.</p>



Anhang/Appendix zu den Modulhandbüchern

Concentration Areas - Vertiefungsbereiche
der Studiengänge

Master of Science im Fach Microsystems Engineering PO 2021
Master of Science im Fach Mikrosystemtechnik PO 2021
Master of Science im Fach Embedded Systems Engineering -
Bereich/Area Microsystems Engineering

Weitere Master of Science Studiengänge der Technischen Fakultät
nach Freigabe durch den jeweiligen Studiendekan

Content

Concentration Areas	5
Circuits and Systems	6
Angewandte Sensorschaltungstechnik	7
CMOS-Integrierte Mikrosysteme / CMOS MEMS	9
Drahtlose Sensorsysteme / Wireless Sensor Systems	14
Energiegewinnung / Energy harvesting	18
Entwurf Analoger CMOS Schaltungen / Analog CMOS Circuit Design	22
Entwurf von CMOS Mixed-Signal Schaltungen / Mixed-Signal CMOS Circuit Design	28
Flugregelung Praktikum / Flight Control Laboratory	32
Fortgeschrittene Aufbau- und Verbindungstechnik / Advanced Assembly and Packaging Technology	35
Fortgeschrittenes Mikrocontroller-Praktikum / Advanced Microcontroller Lab	39
Leistungselektronik für die Elektromobilität/Power Electronics for E-Mobility	42
Mikroakustische Wandler / Micro Acoustical Transducers	46
Mikrocomputertechnik/ Microcontroller Techniques - Praktikum	49
Model Predictive Control and Reinforcement Learning	51
MST Design Lab II for Microsystems Engineering	56
Numerische Optimale Steuerung - Projekt / Numerical Optimal Control in Engineering - Project..	63
Numerische Optimierung / Numerical Optimization.....	65
Numerische Optimierung Projekt / Numerical Optimization Project.....	69
Rennautoregelung Praktikum / Race Car Control Laboratory	71
RF- und Mikrowellen Bauelemente und Schaltungen / RF- and Microwave Devices and Circuits.	74
RF- und Mikrowellen Schaltungen und Systeme / RF- and Microwave Cir- cuits and Systems.....	77
RF- und Mikrowellen Systeme - Design Kurs / RF- and Microwave Systems- Design Course	80
Sensors and actuators circuit technology	83
Sensor-Aktor-Schaltungstechnik.....	86
State Space Control Systems	90
Thermoelektrik und thermische Messtechnik	94
Windenergiesysteme / Wind Energy Systems	96
Zuverlässigkeitstechnik / Reliability Engineering.....	99
Materials and Fabrication	104
Computational physics: material science	105
Disposable sensors	109
Electrochemical energy applications: fuel cells and electrolysis.....	112
Elektrochemische Methoden für Ingenieure / Electrochemical Methods for Engineers	114
Energiespeicherung und Wandlung mittels Brennstoffzellen / Energy sto- rage and conversion using fuel cells.....	117
Fortgeschrittene Siliziumtechnologie / Advanced Silicon Technology	120
Funktionale Sicherheit - Aktive Resilienz / Functional Safety, Security and Sustainability: Active	

Resilience.....	122
Hardware-Entwicklung mit der Finite-Elemente-Methode / Hardware Design with the Finite-Element-Method	127
Keramische Werkstoffe der Mikrotechnik / Ceramic Materials for microsystems.....	129
Kontakt, Adhäsion, Reibung / Contact, Adhesion, Friction	132
Kontinuumsmechanik I mit Übungen / Continuum mechanics I with exercises	136
Kontinuumsmechanik II mit Übungen / Continuum mechanics II with exercises	141
Konstitutive Gleichungen und Diskretisierungsverfahren zur Versagensmodellierung / Physics of Failure	146
Lithographie / Lithography	150
Materials for Electronic Systems.....	153
Mechanische Eigenschaften und Degradationsmechanismen / Mechanical Properties and Degradation Mechanisms	158
Methoden der Materialanalyse / Methods of Material Analysis	161
Mikrostrukturierte Kunststoffkomponenten / Microstructured Polymer Components.....	163
Nanomaterialien / Nanomaterials.....	167
Nanotechnologie / Nanotechnology	170
Nano - Praktikum / Nano - Laboratory	174
Oberflächenanalyse / Surface Analysis	176
Oberflächenanalyse – Praktikum / Surface Analysis Laboratory	178
Optimierung.....	181
Optimierung von Fertigungsverfahren / Advanced engineering	185
Polymer Processing and Microsystems Engineering	188
Quantenmechanik für Ingenieur*innen / Quantum Mechanics for Engineers	192
Reinraumlaborkurs für Ingenieure / Clean Room Laboratory for Engineers	197
Resilienzquantifizierung / Quantification of Resilience	201
Solare Energie / Solar Energy	205
Techniken zur Oberflächenmodifizierung / Surface coating Techniques	208
Verbindungshalbleiter / Compound semiconductor devices.....	210
Von Mikrosystemen zur Nanowelt / From Microsystems to the Nanoworld	213
Werkstoffdynamik / Dynamics of Materials: Material Characterization	216
Biomedical Engineering	221
Analyse von Life Science Hochdurchsatzdaten mit Galaxy.....	222
Ausgewählte Problemstellungen in Biosignalverarbeitung / Selected Problems in Biosignal Processing	225
Biofunktionelle Materialien - für medizinische Mikrosystemtechnik und Gesundheitsvorsorge / Biofunctional Materials - for medical microsystems and healthcare	230
Biomedizinische Messtechnik I / Biomedical Instrumentation I	233
Biomedizinische Messtechnik II / Biomedical Instrumentation II.....	238
Biomedizinische Messtechnik - Praktikum / Biomedical Instrumentation - Laboratory.....	243
BioMEMS	246
Bionische Sensoren / Bionic Sensors	249

Biophysics of cardiac function and signals.....	251
Biophysik - Grundlagen und Konzepte.....	254
Biotechnologie für Ingenieure I: Einführung, Molekular- und Mikrobiologie / Biotechnology for Engineers I: Introduction, Molecular- and Microbiology.....	259
Biotechnologie für Ingenieure II / Biotechnology for Engineers II	263
Ethische Aspekte der Neurotechnologie / Ethical Aspects of Neurotechnology	267
Grundlagen der Elektrostimulation / Fundamentals of electrical stimulation.....	269
Introduction to data driven life sciences	272
Introduction to physiological control systems	275
Machine Learning	279
Mikrofluidik II: Miniaturisieren, Automatisieren, und Parallelisieren biochemischer Analyseverfahren: Von der Idee zum Produkt / Microfluidics II: Miniaturize, automate and parallelize biochemical analysis: From idea to product launch.....	283
Mikrosystemtechnik in der Medizin / Microsystems technology in Medicine.....	288
Nanobiotechnologie / Nanobiotechnology.....	290
Neurophysiologie - Praktikum / Neurophysiology - Laboratory.....	293
Neuroprothetik / Neuroprosthetics	296
Neurowissenschaften für Ingenieure / Neuroscience for Engineers	299
Signalverarbeitung und Analyse von Gehirnsignalen / Signal processing and analysis in brain signals.....	304
Siliziumbasierte Neurosonden / Silicon-based Neural Technology	308
Technologien der Implantatfertigung / Implant Manufacturing Technologies.....	311
Technologien der Implantatfertigung - Praktikum / Implant Manufacturing Technologies - Laboratory	315
Biointerfaces I - Basics for Bioanalytical Systems.....	318
Photonics	320
Gassensorik / Gas sensors_PO 2009_2.....	321
Lasers	324
Microscopy and Optical Image Formation.....	326
Nano-Photonik – Optische Manipulation und Partikeldynamik	331
Optik-Praktikum Grundlagen / Basic Optics Laboratory	336
Optik-Praktikum Fortgeschritten / Advanced Optics Laboratory	340
Optische Materialien / Optical Materials.....	343
Optische MEMS / Optical MEMS	347
Optische Messverfahren: Grundlagen und Anwendungen in der Praxis / Optical measurement techniques.....	350
Optical metrology for quality assurance in sustainable production	353
Optoelektronik / Optoelectronics.....	357
Spektroskopische Methoden	361
Wellenoptik / Wave Optics.....	363

Name des Kontos	Nummer des Kontos
Concentration Areas	11LE50KO-WP-MSc-986-2021 WP2
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
ECTS-Punkte	30,0
Benotung	A- Berechnung 1 NachK

Kommentar
<p>There are four different concentration areas: Circuits and Systems, Materials and Fabrication, Biomedical Engineering und Photonics. Students will choose one of these four areas and complete 30 ECTS points in the same area. Up to 9 of these 30 ECTS points may be completed in the Customized Course Selection area.</p>

Name des Kontos	Nummer des Kontos
Circuits and Systems	11LE50KO-WP-MSc-986-2021 WP2 CuS
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
Benotung	A- Berechnung 1 NachK

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Angewandte Sensorschaltungstechnik	11LE50MO-5268 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Peter Woias	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Konstruktion von Mikrosystemen	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.5
Empfohlenes Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 Stunden
Angebotsfrequenz	in jedem Semester

Teilnahmevoraussetzung
Keine
Empfohlene Voraussetzung
Keine

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Angewandte Sensorschaltungstechnik - Praktische Übung	Praktikum	Wahlpflicht	3,0	2.50	180 Stunden

Qualifikationsziel
Die Studierenden haben praktisches "hands-on" Wissen zum Design, zur Simulation, zur Herstellung und zum Test einer elektronischen Sensorschaltung erworben. Sie sind in der Lage elektronische Schaltungen zu entwickeln, diese in PSPICE zu simulieren, ein Schaltungslayout zu entwerfen und die Schaltung als Platine aufzubauen. Sie können eine Schaltung messtechnisch charakterisieren und können ihre Ergebnisse in Form einer Kurzpräsentation vorstellen.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Unter anderem: Für Studierende im M.Sc. Mikrosystemtechnik oder M.Sc. Microsystems Engineering, PO 2021, Vertiefung Schaltungen und Systeme (Circuits and Systems).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Angewandte Sensorschaltungstechnik	11LE50MO-5268 PO 2021
Veranstaltung	
Angewandte Sensorschaltungstechnik - Praktische Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Praktikum	11LE50prÜ-5268
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Konstruktion von Mikrosystemen	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.5
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	in jedem Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	deutsch
Präsenzstudium	52 Stunden
Selbststudium	128 Stunden
Workload	180 Stunden

Inhalt
<p>Inhalte sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Entwurf des Schaltungskonzeptes für ein elektronisches Sensorinterface • PSPICE-Simulation des gefundenen Konzeptes, Optimierung der Schaltung • Platinenlayout • Platinenfertigung und -bestückung • Schaltungstest • Abschlußpräsentation
Zu erbringende Prüfungsleistung
Praktische Prüfungsleistung (Durchführung von Versuchen, Erstellung von Demonstratoren oder Software).
Zu erbringende Studienleistung
Durchführung von bzw. Teilnahme an Versuchen.
Literatur
<p>Tietze, Schenk, Gamm, Halbleiter-Schaltungstechnik, 15. Auflage, 2016, Springer, Berlin, ISBN 978-3-662-48354-1. Schrüfer, Reindl, Zagar, Elektrische Messtechnik, 11. Auflage, 2014, Carl-Vieweg-Verlag, München, ISBN 978-3-446-44208-5.</p>
Teilnahmevoraussetzung
keine

Name des Moduls	Nummer des Moduls
CMOS-Integrierte Mikrosysteme / CMOS MEMS	11LE50MO-5271 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Oliver Paul	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Materialien der Mikrosystemtechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	180 hours
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
Knowledge of sensors, MEMS technologies, semiconductor physics

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
CMOS-Integrierte Mikrosysteme / CMOS MEMS	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	2.00	180 hours
CMOS-Integrierte Mikrosysteme / CMOS MEMS	Übung	Wahlpflicht		2.00	

Qualifikationsziel
<p>The commercially most successful microsystems to date have been based on silicon. Companies such as Bosch, Analog Devices, Texas Instruments, Sensirion, and other small and medium enterprises have built their success on this wise technological choice which allows to co-integrate microsystems compatible with silicon foundry services and commercial silicon technologies, in particular CMOS technologies. It will offer a healthy mix of technology, physical sensor principles and operating techniques, and will be enriched with examples that made it into the market and others that have remained scientific visions. In tune with the progress of the lecture material, home-work will be assigned, with the presentation and discussion of solutions by students during the course hours. In summary, the attendees will acquire a broad range of skills towards becoming productive engineers in the field of smart MEMS.</p>

Verwendbarkeit der Veranstaltung

Students enrolled in the M.Sc. programme Microsystems Engineering or Mikrosystemtechnik (2021 version of the exam regulations) can complete this module in the concentration area Circuits and Systems (=Schaltungen und Systeme).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
CMOS-Integrierte Mikrosysteme / CMOS MEMS	11LE50MO-5271 PO 2021
Veranstaltung	
CMOS-Integrierte Mikrosysteme / CMOS MEMS	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5271
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Materialien der Mikrosystemtechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	60 hours
Selbststudium	120 hours
Workload	180 hours

Inhalt
1. Introduction 2. Basic technologies 3. Magnetic sensors 4. Stress sensors 5. Inertial sensors 6. Thermal sensors 7. Radiation sensors 8. Calibration
Zu erbringende Prüfungsleistung
Oral examination if there are 20 or fewer than 20 registered participants; written examination if there are more than 20 registered participants (minimum 60 and maximum 240 minutes). Details will be announced by the examiner in due time.
Zu erbringende Studienleistung
See exercise
Literatur
A script will be handed out during the course.
Teilnahmevoraussetzung
none

Empfohlene Voraussetzung

Knowledge of sensors, MEMS technologies, semiconductor physics

Name des Moduls	Nummer des Moduls
CMOS-Integrierte Mikrosysteme / CMOS MEMS	11LE50MO-5271 PO 2021
Veranstaltung	
CMOS-Integrierte Mikrosysteme / CMOS MEMS	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5271
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Materialien der Mikrosystemtechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalt
The exercises will deepen the topics treated during the lecture. They will allow the students to rethink and rework the more theoretical aspects and apply them to realistic examples inspired from commercial products and more academic ideas. Thereby they will see their vision sharpened for the challenges awaiting them in their future professional work in the area of smart MEMS. Solution approaches to the homework problems will be presented weekly by the participants and discussed and elaborated upon with the group of colleagues under the guidance of the professor. This discursive, participative approach allows to learn more than by being presented with up-front oral or written solutions.
Zu erbringende Prüfungsleistung
See lecture
Zu erbringende Studienleistung
The "Studienleistung" consists of (1) the documented, successful attempt to solve more than 60% of the homework problems (as checked weekly); "60% of the homework problems" means the fraction of the overall number of homework problems proposed during the course, not of each homework problem separately; "successful" means that the solution could be presented by the student in front of the class; (2) the presentation of a representative number of solutions of homework problems in front of the class.
Teilnahmevoraussetzung
none

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Drahtlose Sensorsysteme / Wireless Sensor Systems	11LE50MO-5230 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Leonhard Reindl	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Elektrische Mess- und Prüfverfahren	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	3.0
Empfohlenes Fachsemester	4
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 hours
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
Knowledge of metrology fundamentals, sensor principles, electronic circuit design, and wave physics.

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Drahtlose Sensorsysteme / Wireless Sensor Systems	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 hours
Drahtlose Sensorsysteme / Wireless Sensor Systems	Übung	Wahlpflicht		1.00	

Qualifikationsziel
Graduates of the course have knowledge of typical assemblies, methods and application areas of wireless sensor systems (DSS). They can make appropriate design decisions for different scenarios independently and know common terminologies to communicate them. Using current examples, such as inductive interfaces to implants and ultrasound localization systems, they will learn about the current state of research and technology and be able to reflect this together with the problems. They are able to transfer specialized knowledge from other engineering-typical courses to DSS.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students enrolled in the M.Sc. programme Microsystems Engineering or Mikrosystemtechnik (2021 version of the exam regulations) can complete this module in the concentration area Circuits and Systems (=Schaltungen und Systeme).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Drahtlose Sensorsysteme / Wireless Sensor Systems	11LE50MO-5230 PO 2021
Veranstaltung	
Drahtlose Sensorsysteme / Wireless Sensor Systems	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5230
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Elektrische Mess- und Prüfverfahren	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	5
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	39 hours
Selbststudium	51 hours
Workload	90 hours

Inhalt
At the beginning, wireless sensor systems, their design and application fields are discussed in more general terms, to be considered in detail in later lectures. This includes circuit design, power sources and management, sensors and transducers, communication methods and hardware related network layers.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Written examination.
Zu erbringende Studienleistung
See exercise.
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> ■ R. Selmic, V. Phoha and A. Serwadda, „Wireless Sensor Networks : Security, Coverage, and Localization“, Springer, 2016. ■ W. Dargie and C. Poellabauer, „Fundamentals of Wireless Sensor Networks: Theory and Practice“, Wiley Series on Wireless Communications and Mobile Computing, 2010. ■ N. Bulusu and S. Jha, “Wireless Sensor Networks A Systems Perspective“, Artech Print on Demand, 2005. <p><i>// more recommendations will be given in the lecture.</i></p>
Teilnahmevoraussetzung
None

Empfohlene Voraussetzung

Knowledge of metrology fundamentals, sensor principles, electronic circuit design, and wave physics.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Drahtlose Sensoren Systeme / Wireless Sensor Systems	11LE50MO-5230 PO 2021
Veranstaltung	
Drahtlose Sensoren Systeme / Wireless Sensor Systems	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5230
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Elektrische Mess- und Prüfverfahren	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	1.0
Empfohlenes Fachsemester	5
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalt
In der Übung werden kompetenzorientierte Fragen zur Vorlesung der letzten Woche besprochen, die vorher über ILIAS an die Studierenden kommuniziert wurden. Die Teilnahme ist nicht verpflichtend, jedoch sehr empfohlen um frühzeitig Fragen zu klären und das tiefere Verständnis zu fördern.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Zu erbringende Studienleistung
keine
Teilnahmevoraussetzung

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Energiegewinnung / Energy harvesting	11LE50MO-5703 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Peter Woias	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Konstruktion von Mikrosystemen	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	180 hours
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
None

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Energiegewinnung / Energy harvesting	Vorlesung	Wahlpflicht		2.00	180 hours
Energiegewinnung / Energy harvesting	Übung	Wahlpflicht		2.00	

Qualifikationsziel
The students know the basic principles of (micro) energy harvesting. They know several energy conversion techniques, energy storage concepts and power management strategies in detail. The students are able to estimate the energy generation of different harvesting techniques and to work on the design of energy autonomous embedded systems. The importance of the system-level design in these systems is, in general, a central objective in this class.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students enrolled in the M.Sc. programme Microsystems Engineering or Mikrosystemtechnik (2021 version of the exam regulations) can complete this module in the concentration area Circuits and Systems (=Schaltungen und Systeme).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Energiegewinnung / Energy harvesting	11LE50MO-5703 PO 2021
Veranstaltung	
Energiegewinnung / Energy harvesting	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5703
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Konstruktion von Mikrosystemen	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	6
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	52 hours
Selbststudium	128 hours
Workload	180 hours

Inhalt
<ul style="list-style-type: none"> ■ Harmonical Oscillator (with bending beams) ■ Piezoelectric Energy Harvesters ■ Electrodynamical Energy Harvesters ■ Electrostatic Energy Harvesters ■ Non-Resonant Generators ■ Thermoelectric Generators & Processes ■ Thermomechanic Generators ■ Capacitive Storages and Accumulators ■ Step-up Converters and Advanced Step-up Converter Design ■ Energy Harvesting Applications
Zu erbringende Prüfungsleistung
Written or oral exam.
Zu erbringende Studienleistung
None
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> ■ S. Roundy et al, "Energy Scavenging for Wireless Sensor Networks: with Special Focus on Vibrations", 2004, Kluwer Academic Publishers Group, The Netherlands

- D. Priya, S. Shank, "Energy Harvesting Technologies", 2009, Springer Science+Business Media LLC, New York

Teilnahmevoraussetzung

None

Empfohlene Voraussetzung

None

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Energiegewinnung / Energy harvesting	11LE50MO-5703 PO 2021
Veranstaltung	
Energiegewinnung / Energy harvesting	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5703
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Konstruktion von Mikrosystemen	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	4
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalt
Zu erbringende Prüfungsleistung
See lecture.
Zu erbringende Studienleistung
None
Teilnahmevoraussetzung

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Entwurf Analoger CMOS Schaltungen / Analog CMOS Circuit Design	11LE50MO-5202 PO 2021
Verantwortliche/r	
Dr.-Ing. Matthias Keller	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Mikroelektronik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	180 hours
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
A good understanding of the knowledge imparted in the Micro-electronics module (5070) is crucial for a successful completion of this module. In addition, the MST PC lab only has got 20 seats. A mandatory requirement for participation in this module is therefore the successful completion of the Micro-electronics module with a minimum mark of 2.7. The limited number of 20 seats will be distributed among applying students based on the ranking of achieved marks in Micro-electronics.

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Entwurf Analoger CMOS Schaltungen / Analog CMOS Circuit Design	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	2.00	180 hours
Entwurf Analoger CMOS Schaltungen - Praktikum / Analog CMOS Circuit Design - Laboratory	Praktikum	Wahlpflicht		2.00	

Qualifikationsziel
<p>The module is divided in a lecture and a practical course.</p> <p>Lecture Illustrated by the examples of simple analog circuits, e.g., amplifiers or reference circuits, this lecture puts its focus on a systematic approach to the analysis of analog circuits. After a successful participation in this course, the student will thus be able to analyze even complex systems.</p> <p>Another focus is put on two of the most demanding building blocks for mixed-signal circuit design: the analog-to-digital and the digital-to-analog converter. With steadily advancing digitalization, these components have to satisfy the demands for ever increasing bandwidth, resolution and optimum power efficiency. The student will be in the position to choose the right principle for an application based on the different state-of-the-art architectures as well as the major non-idealities which limit their performance.</p> <p>Finally, sensor readout circuits will be considered as examples of complex electromechanical systems in which the concepts and components considered thus far are put into application. Therewith, the student will be able to break down complex systems to simpler sub-systems and thus reduce the analysis of complex systems to the analysis and interaction of their simpler sub-systems.</p> <p>Practical exercise</p> <p>Based on the example of a two-stage amplifier with RC compensation, this practical exercise illustrates the typical design flow of an analog integrated circuit. According to the specifications of the amplifier, all transistors will be dimensioned based on hand calculations at first. Thus, a deeper understanding of this analog circuit will be developed. Next, the circuit will be implemented and simulated on transistor level using the software Cadence Spectre whereby its functionality will be verified. This approach represents an iterative task since the transistor parameters must be varied until all specifications are met. The student will thus learn that hand calculations are an absolute must in order to gain a first insight into the circuit while they also result in a first cut of the circuit for simulations. However, the results of the hand calculations do not present the final cut of the transistor sizes; on the contrary, they may considerably deviate from them.</p> <p>The last task consists in finalizing the circuit while taking real-life conditions and nonidealities into account, e.g., temperature-, process and parameter variations. The student will thus learn that a successful implementation of an integrated circuit is only possible with a deeper understanding of the circuit's parameters and their interaction.</p> <p>At the end of the term, a presentation is to be given which covers the design on transistor level. Therein, the most critical design issues for meeting the specifications are to be explained. Thus, the student will also learn to present his/her results.</p>
Lernziele / Lernergebnisse
Verwendbarkeit der Veranstaltung
<p>Students enrolled in the M.Sc. programme Microsystems Engineering or Mikrosystemtechnik (2021 version of the exam regulations) can complete this module in the concentration area Circuits and Systems (=Schaltungen und Systeme).</p>

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Entwurf Analoger CMOS Schaltungen / Analog CMOS Circuit Design	11LE50MO-5202 PO 2021
Veranstaltung	
Entwurf Analoger CMOS Schaltungen / Analog CMOS Circuit Design	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5202
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Mikroelektronik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	52 hours
Selbststudium	128 hours
Workload	180 hours

Inhalt
<p>Illustrated by the examples of simple analog circuits, e.g., amplifiers or reference circuits, this lecture puts its focus on a systematic approach to the analysis of analog circuits. After a successful participation in this course, the student will thus be able to analyze even complex systems.</p> <p>Another focus is put on two of the most demanding building blocks for mixed-signal circuit design: the analog-to-digital and the digital-to-analog converter. With steadily advancing digitalization, these components have to satisfy the demands for ever increasing bandwidth, resolution and optimum power efficiency. The student will be in the position to choose the right principle for an application based on the different state-of-the-art architectures as well as the major non-idealities which limit their performance.</p> <p>Finally, sensor readout circuits will be considered as examples of complex electromechanical systems in which the concepts and components considered thus far are put into application. Therewith, the student will be able to break down complex systems to simpler sub-systems and thus reduce the analysis of complex systems to the analysis and interaction of their simpler sub-systems.</p>
Zu erbringende Prüfungsleistung
written or oral exam on the content of the module
Zu erbringende Studienleistung
See lab course.
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> ■ Script

- P. E. Allen and D. R. Holberg, CMOS Analog Circuit Design, Oxford Press, 2002
- B. Rhazavi, Design of Analog CMOS Integrated Circuits, McGraw-Hill, 2001

Teilnahmevoraussetzung

A good understanding of the knowledge imparted in the Micro-electronics module (5070) is crucial for a successful completion of this module. In addition, the MST PC lab only has got 20 seats. A mandatory requirement for participation in this module is therefore the successful completion of the Micro-electronics module with a minimum mark of 2.7. The limited number of 20 seats will be distributed among applying students based on the ranking of achieved marks in Micro-electronics.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Entwurf Analoger CMOS Schaltungen / Analog CMOS Circuit Design	11LE50MO-5202 PO 2021
Veranstaltung	
Entwurf Analoger CMOS Schaltungen - Praktikum / Analog CMOS Circuit Design - Laboratory	
Veranstaltungsart	Nummer
Praktikum	11LE50Ü-5202
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Mikroelektronik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalt
<p>Based on the example of a two-stage amplifier with RC compensation, this practical exercise illustrates the typical design flow of an analog integrated circuit. According to the specifications of the amplifier, all transistors will be dimensioned based on hand calculations at first. Thus, a deeper understanding of this analog circuit will be developed. Next, the circuit will be implemented and simulated on transistor level using the software Cadence Spectre whereby its functionality will be verified. This approach represents an iterative task since the transistor parameters must be varied until all specifications are met. The student will thus learn that hand calculations are an absolute must in order to gain a first insight into the circuit while they also result in a first cut of the circuit for simulations. However, the results of the hand calculations do not present the final cut of the transistor sizes; on the contrary, they may considerably deviate from them.</p> <p>The last task consists in finalizing the circuit while taking real-life conditions and nonidealities into account, e.g., temperature-, process and parameter variations. The student will thus learn that a successful implementation of an integrated circuit is only possible with a deeper understanding of the circuit's parameters and their interaction.</p> <p>At the end of the term, a presentation is to be given which covers the design on transistor level. Therein, the most critical design issues for meeting the specifications are to be explained. Thus, the student will also learn to present his/her results.</p>
Zu erbringende Prüfungsleistung
See lecture
Zu erbringende Studienleistung
<ul style="list-style-type: none"> ■ five graded reports, presentation (at the end of the term) ■ The course is successfully passed if the final presentation is passed and an average grade of 70% is achieved in the five written reports.

Teilnahmevoraussetzung

A good understanding of the knowledge imparted in the Micro-electronics module (5070) is crucial for a successful completion of this module. In addition, the MST PC lab only has got 20 seats. A mandatory requirement for participation in this module is therefore the successful completion of the Micro-electronics module with a minimum mark of 2.7. The limited number of 20 seats will be distributed among applying students based on the ranking of achieved marks in Micro-electronics.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Entwurf von CMOS Mixed-Signal Schaltungen / Mixed-Signal CMOS Circuit Design	11LE50MO-5208 PO 2021
Verantwortliche/r	
Dr.-Ing. Matthias Keller	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Mikroelektronik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 hours
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung
This course is a continuation of module 5202 Analog CMOS Circuit Design, since the layout for the micro-electronic circuit designed at transistor level in module 5202 is to be designed in module 5208. Therefore, successful completion of the module Analog CMOS Circuit Design (offered in the summer term) is mandatory for participation in this module.

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Entwurf von CMOS Mixed-Signal Schaltungen / Mixed-Signal CMOS Circuit Design - Praktikum	Praktikum	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 hours

Qualifikationsziel
<p>This practical exercise deals with the layout of the two-stage amplifier with RC compensation which was designed on transistor level in the practical exercise Analog CMOS Circuit Design. It thus represents the second major task in the chain of the design flow of an integrated circuit consisting of "Design on transistor level", "Layout" and "Fabrication and Verification".</p> <p>Students are able to apply basic layout techniques for transistors, resistors, capacitors, and metal layers using industry standard layout und simulation software. They can employ techniques for the reduction of mismatch such as unit elements, multi-finger transistors, interdigitation, common centroid, or guard rings. At the end of the course, the students are able to compare the results of simulations on transistor and layout level so that they can extract the influence of parasitic resistors and capacitors on the overall performance of the amplifier. At the same time, they learn to optimize the layout with respect to these non-idealities.</p>

Verwendbarkeit der Veranstaltung

Students enrolled in the M.Sc. programme Microsystems Engineering or Mikrosystemtechnik (2021 version of the exam regulations) can complete this module in the concentration area Circuits and Systems (=Schaltungen und Systeme).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Entwurf von CMOS Mixed-Signal Schaltungen / Mixed-Signal CMOS Circuit Design	11LE50MO-5208 PO 2021
Veranstaltung	
Entwurf von CMOS Mixed-Signal Schaltungen / Mixed-Signal CMOS Circuit Design - Praktikum	
Veranstaltungsart	Nummer
Praktikum	11LE50P-5208
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Mikroelektronik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	5
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	30 hours
Selbststudium	60 hours
Workload	90 hours

Inhalt
<ul style="list-style-type: none"> ■ Layout of analog CMOS integrated circuits (basics) ■ Introduction of the layout tool Cadence VirtuosoXL (industry standard)
Zu erbringende Prüfungsleistung
Graded reports, presentation (at the end of the term).
Zu erbringende Studienleistung
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> ■ Script ■ R. J. Baker, CMOS Circuit Design, Layout, and Simulation, IEEE Press Series, 2008 ■ A. Hastings, The Art of Analog Layout, Pearson Education 2005
Teilnahmevoraussetzung
This course is a continuation of module 5202 Analog CMOS Circuit Design, since the layout for the micro-electronic circuit designed at transistor level in module 5202 is to be designed in module 5208. Therefore, successful completion of the module Analog CMOS Circuit Design (offered in the summer term) is mandatory for participation in this module.

Bemerkung / Empfehlung

In case of comments and/or questions regarding the practical exercise "Mixed Signal CMOS Circuit Design", please contact Dr.-Ing. M. Keller (mkeller@tf.uni-freiburg.de).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Flugregelung Praktikum / Flight Control Laboratory	11LE50MO-5222 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Moritz Diehl	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Systemtheorie, Regelungstechnik und Optimierung	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	180 hours
Angebotsfrequenz	unregelmäßig

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
The lab course includes topics as part of the HIGHWIND project (Simulation, Optimimization and Control of High-Altitude Wind Power Generators). As the HIGHWIND project offers a large variety of project topics, students may be assigned topics meeting best their interests and academic background. Prior studies of "Modelling and System Identification" and/or "Optimal Control and Estimation" are recommended.

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Flugregelung Praktikum / Flight Control Laboratory	Praktikum	Wahlpflicht	6,0	4.00	180 hours

Qualifikationsziel
The students will be able to use a theoretical background for real applications in a scientific project. They will be able to find creative solutions to problems and to perform hands-on testing/verification of soft- and hardware. Furthermore, they will have gained experience of working in an international team.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students enrolled in the M.Sc. programme Microsystems Engineering or Mikrosystemtechnik (2021 version of the exam regulations) can complete this module in the concentration area Circuits and Systems (=Schaltungen und Systeme).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Flugregelung Praktikum / Flight Control Laboratory	11LE50MO-5222 PO 2021
Veranstaltung	
Flugregelung Praktikum / Flight Control Laboratory	
Veranstaltungsart	Nummer
Praktikum	11LE50P-5222
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Systemtheorie, Regelungstechnik und Optimierung	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	4
Angebotsfrequenz	unregelmäßig
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	84 hours
Selbststudium	96 hours
Workload	180 hours

Inhalt
<p>In order to register to this course please write a mail to us (moritz.diehl@imtek.uni-freiburg.de, tommaso.sartor@imtek.uni-freiburg.de) including:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Short motivation statements, - A brief summary of your relevant achievements in the field of engineering, exams, university projects, personal projects. - If you already have an idea for a project on which you are interested to work on feel free to add that. <p>Focus of the lab course is making a real flight control system work for small aerial vehicles equipped with a variety of sensing and actuation equipment. These vehicles, airplanes, quadrotors or helicopters, might be remote controlled or autonomous. They might flight freely or be connected to the ground via a tether. The course will be accompanied by weekly meetings with one or more team members working on complementary projects addressing the same real world control problem. In the last two to three weeks of the lab course, when the main project aims are achieved, the participants will start to work on a short report for documentation and give a final oral presentation to share their findings with all team members.</p>
Zu erbringende Prüfungsleistung
<p>Project work: A working project result project documentation and oral presentation</p>
Zu erbringende Studienleistung
None

Teilnahmevoraussetzung

None

Empfohlene Voraussetzung

The lab course includes topics as part of the HIGHWIND project (Simulation, Optimimization and Control of High-Altitude Wind Power Generators). As the HIGHWIND project offers a large variety of project topics, students may be assigned topics meeting best their interests and academic background. Prior studies of "Modelling and System Identification" and/or "Optimal Control and Estimation" are recommended.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Fortgeschrittene Aufbau- und Verbindungstechnik / Advanced Assembly and Packaging Technology	11LE50MO-5601 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Jürgen Wilde	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Aufbau- u. Verbindungstechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 Stunden
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
Good knowledge of the contents of the module "Aufbau- und Verbindungstechnik / Assembly and packaging technologies"

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Fortgeschrittene Aufbau- und Verbindungstechnik / Advanced Assembly and Packaging Technology - Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 hours

Qualifikationsziel
It is the aim, that after this module the students will be able to understand advanced problems in the field of assembly and packaging. Furthermore, it is intended that the students will have capabilities to resolve A&P-related research tasks for micro-systems. The employed methods will start with system concepts and comprise thermal, electrical and mechanical modelling and optimisation. As a basis the student will know the fundamental elements of A&P as well as the specific technologies for interconnection, assembly and protection. Also, the students will become familiar with the materials, their processing and properties. In this way they have the abilities for own research on micro-systems.

Verwendbarkeit der Veranstaltung

Students enrolled in the M.Sc. programme Microsystems Engineering or Mikrosystemtechnik (2021 version of the exam regulations) can complete this module in the concentration area Circuits and Systems (=Schaltungen und Systeme).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Fortgeschrittene Aufbau- und Verbindungstechnik / Advanced Assembly and Packaging Technology	11LE50MO-5601 PO 2021
Veranstaltung	
Fortgeschrittene Aufbau- und Verbindungstechnik / Advanced Assembly and Packaging Technology - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5601
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Aufbau- u. Verbindungstechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	26 hours
Selbststudium	64 hours
Workload	90 hours

Inhalt
<p>The contents of teaching are mainly based on actual research projects in the chair Aufbau- und Verbindungstechnik.</p> <p>Organization of the lecture:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Introduction 2. Thermal management using novel materials 3. Packaging of MEMS pressure sensors 4. Fatigue analysis of soldered joints 5. Adhesive bonding of power electronics 6. Computation of packaging stress in Hall sensors 7. Concepts for sensors for mechanical properties 8. High-temperature packaging 9. Materials modelling in A&P 10. Reliability modelling in A&P
Zu erbringende Prüfungsleistung
Written or oral exam.
Zu erbringende Studienleistung
None

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
Good knowledge of the contents of the module "Aufbau- und Verbindungstechnik / Assembly and packaging technologies"

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Fortgeschrittenes Mikrocontroller-Praktikum / Advanced Microcontroller Lab	11LE50MO-5235 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Stefan Rupitsch	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik-VB Institut für Mikrosystemtechnik, Professur für Elektrische Messtechnik und Eingebettete Systeme	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	3.0
Empfohlenes Fachsemester	4
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	180 hours
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
Successful participation in the laboratory course Mikrocomputertechnik / Microcontroller Techniques.
Empfohlene Voraussetzung
None

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Fortgeschrittenes Mikrocontroller-Praktikum	Praktikum	Wahlpflicht	6,0	3.00	180 hours

Qualifikationsziel
The students: <ul style="list-style-type: none"> • have got advanced knowledge in the field of microcontroller architectures and peripheral hardware. • are familiar with the workflow of creating hardware-oriented and complex microcontroller applications. • know solution strategies to perform own embedded hard- and software projects.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students enrolled in the M.Sc. programme Microsystems Engineering or Mikrosystemtechnik (2021 version of the exam regulations) can complete this module in the concentration area Circuits and Systems (=Schaltungen und Systeme).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Fortgeschrittenes Mikrocontroller-Praktikum / Advanced Microcontroller Lab	11LE50MO-5235 PO 2021
Veranstaltung	
Fortgeschrittenes Mikrocontroller-Praktikum	
Veranstaltungsart	Nummer
Praktikum	11LE50P-5235
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Professur für Elektrische Messtechnik und Eingebettete Systeme	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	3.0
Empfohlenes Fachsemester	4
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	39 hours
Selbststudium	141 hours
Workload	180 hours

Inhalt
<p>Using a MSP430 development board with advanced peripherals add-ons, the students will practically learn the relevant steps in the creation of a microcontroller application. This involves:</p> <ul style="list-style-type: none"> • creating microcontroller applications of extended size and complexity • implementing hardware drivers and custom libraries • understanding hardware documentation and circuit schematics • utilizing advanced debugging tools (e.g. logic analyzers) • understanding and implementing bus systems like SPI, I2C and UART • interfacing complex peripheral units (sensors, ADCs, DACs, FLASH memories etc.) • interfacing I/O devices (LCD displays, joysticks etc.) <p>The practical exercise will be performed autonomously at home using dedicated hardware boxes; support is provided by the online forums and in form of an optional weekly course session.</p>
Zu erbringende Prüfungsleistung
<p>The exam consists in the submission of four exercise sheets, one project and a final project presentation. The module grade is calculated from the results of the four exercise sheets (1/6 each) and the result of the final project (2/6).</p> <p>Explanation: This lab course is a hands-on course with an emphasis on the continuous development of microprocessor programming. Since these development processes represent the essential course work, their results will be collected and evaluated throughout the semester. In case of failure to hand in one of these deliverables due to illness, an extension of the deadline will be granted.</p>
Zu erbringende Studienleistung
None

Literatur
<ul style="list-style-type: none">■ John H. Davies: MSP430 Microcontroller Basics.■ Tietze, Schenk, Gamm: Electronic Circuits - Handbook for Design and Application.
Teilnahmevoraussetzung
Successful participation in the laboratory course Mikrocomputertechnik / Microcontroller Techniques.
Empfohlene Voraussetzung
None

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Leistungselektronik für die Elektromobilität/Power Electronics for E-Mobility	11LE68MO-4106 PO 2021
Verantwortliche/r	
Stefan Reichert	
Veranstalter	
Institut für Nachhaltige Technische Systeme-VB	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Präsenzstudium	30 Stunden
Selbststudium	60 Stunden
Workload	90 Stunden
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung
Power Electronic Circuits and Devices (elective module)

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Leistungselektronik für die Elektromobilität/Power Electronics for E-Mobility-Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 hours

Qualifikationsziel
Lernziele / Lernergebnisse
It is the aim of this module to get a fundamental understanding of power electronic circuits used in E-Mobility applications like traction inverters, bidirectional chargers and onboard energy management. The students will learn different circuit topologies and basic control structures for power electronic circuits. The interaction between the power grid and electric vehicles will be discussed.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Oral examination (<i>Prüfungsgespräch</i>), approx. 30 min. The examination takes place at the end of the winter semester.
Benotung
The module grade is calculated 100% from the final oral exam.

Zusammensetzung der Modulnote
■ Master of Science im Fach Sustainable Systems Engineering, Prüfungsordnungsversion 2016: Die Modulnote wird nach ECTS-Punkten einfach gewichtet in die Gesamtnote eingerechnet.
Zielgruppe
M.Sc. SSE, MSE und MST Studierende
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Wahlmodul für Studierende des Studiengangs <ul style="list-style-type: none">■ Master of Science in Sustainable Systems Engineering - Energiesysteme / Energy Systems■ Master of Science Mikrosystemtechnik, PO 2018, concentration areas Circuits & Systems, Sensors & Actuators, Personal Profile■ Master of Science Microsystems Engineering, PO 2018, concentration areas Circuits & Systems, Sensors & Actuators, Personal Profile■ Master of Science Mikrosystemtechnik, PO 2021, Vertiefungsrichtung Circuits & Systems■ Master of Science Microsystems Engineering, PO 2021, concentration area Circuits & Systems

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Leistungselektronik für die Elektromobilität/Power Electronics for E-Mobility	11LE68MO-4106 PO 2021
Veranstaltung	
Leistungselektronik für die Elektromobilität/Power Electronics for E-Mobility-Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE68V-4106
Veranstalter	
Institut für Nachhaltige Technische Systeme-VB	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	30 hours
Selbststudium	60 hours
Workload	90 hours

Inhalt
<p>Power Electronics for E-Mobility applications:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Conductive and inductive chargers for electric vehicles ■ Traction inverters and electric motors ■ DC/DC converters for onboard energy management ■ Control of grid connected inverters ■ E-Mobility as an instrument for a better grid integration of renewable energies <p>Exercises/Tutorials are included in the lecture (WS 2020: 3 exercises x 2hrs, conducted by Benjamin Stickan).</p>
Qualifikationsziel
<p>Power electronics circuits convert the DC power of PV modules to grid compatible AC power. Wind turbines produce AC power with variable frequency, which has to be converted to AC with grid frequency. The commonly used hardware topologies of power electronic converters for renewable energies are shown and explained in detail. Additional aspects like MPP-tracking, supply of reactive power, low voltage ride through (LVRT) etc. are discussed.</p>
Zu erbringende Prüfungsleistung
<p>Oral examination (<i>Prüfungsgespräch</i>), approx. 30 min. The examination takes place at the end of the winter semester.</p>

Zu erbringende Studienleistung
none
Literatur
■ Teodorescu R., Liserre M., Rodriguez P.; Grid Converters for Photovoltaic and Wind Power Systems, Wiley-IEEE, 2011
Teilnahmevoraussetzung
Power Electronic Circuits and Devices (elective module)
Empfohlene Voraussetzung
Knowledge in Electrical Components (Semiconductors, Inductors, Capacitors)
Zielgruppe
SSE Master Studierende

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Mikroakustische Wandler / Micro Acoustical Transducers	11LE50MO-5257 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr.-Ing. Alfons Dehe	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Professur für Smart Systems Integration	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 Stunden
Angebotsfrequenz	in jedem Semester

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
None

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Mikroakustische Wandler / Micro Acoustical Transducers	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 hours

Qualifikationsziel
This lecture introduces into the fundamentals of air born sound propagation and effects in conjunction with the interaction of MEMS systems. You familiarize with the principles of sound transducers such as microphones and microspeakers as well as their design, key performance parameters and fabrication. Silicon microphones are the most widely spread MEMS systems worldwide and keep growing in volume as well as applications. As a role model for an integrated system, the Si microphone development will open insight into the needs and constraints of consumer product development.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Mikroakustische Wandler / Micro Acoustical Transducers	11LE50MO-5257 PO 2021
Veranstaltung	
Mikroakustische Wandler / Micro Acoustical Transducers	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5257
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Professur für Smart Systems Integration	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	in jedem Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprachen	deutsch, englisch
Präsenzstudium	28 hours
Selbststudium	62 hours
Workload	90 hours

Inhalt
Lectures on: 1. Acoustic field and effects 2. General acoustical transducer principles 3. Modeling in acoustical, mechanical and electrical domain 4. Example of capacitive transducer and identification of key performance parameters 5. Different MEMS microphone concepts and their pros and cons 6. MEMS fabrication 7. Aspects of assembly and packaging 8. Acoustical measurement techniques 9. From microphone to microspeaker 10. Future trends 11. Applications of MEMS acoustical transducers
Zu erbringende Prüfungsleistung
Oral examination (20 minutes)
Zu erbringende Studienleistung
None
Teilnahmevoraussetzung
None

Empfohlene Voraussetzung
None
Lehrmethoden
Will be taught in English if there is at least one international participant.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Mikrocomputertechnik/ Microcontroller Techniques - Praktikum	11LE50MO-760MScPr PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Stefan Rupitsch	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Professur für Elektrische Messtechnik und Eingebettete Systeme	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 Stunden
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
Basic knowledge of electronics, binary arithmetics, C programming and the structure of microcontrollers.

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload

Qualifikationsziel
Students have obtained practical knowledge in using microcontrollers. By means of Texas Instrument's MSP430 microcontroller as an example, the students have learned the basics of low-level C programming and the usage of the most important peripheral modules such as I/Os, analog-to-digital converters, timers, etc. Finally, the students will be able to use microcontroller hard- and software concepts in their own projects.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students enrolled in the PO 2021 of the M.Sc. Microsystems Engineering or Mikrosystemtechnik can select this module in the concentration area Circuits and Systems.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Mikrocomputertechnik/ Microcontroller Techniques - Praktikum	11LE50MO-760MScPr PO 2021
Mikrocomputertechnik / Microcontroller Techniques - Praktikum	
Veranstaltungsart	Nummer
Fachbereich / Fakultät	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

Inhalt
Zu erbringende Prüfungsleistung
Zu erbringende Studienleistung
Teilnahmevoraussetzung

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Model Predictive Control and Reinforcement Learning	11LE50MO-5720 PO 2021
Verantwortliche/r	
JProf. Dr. Joschka Bödecker Prof. Dr. Moritz Diehl	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Systemtheorie, Regelungstechnik und Optimierung Institut für Informatik, Professur für Neurorobotik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90h
Angebotsfrequenz	unregelmäßig

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
Prior Knowledge in Systems and Control, State Space Control Systems, Numerical Optimization, Numerical Optimal Control, Reinforcement Learning and Machine Learning is an advantage.

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Model Predictive Control and Reinforcement Learning	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	1.00	90 h
Model Predictive Control and Reinforcement Learning	Übung	Wahlpflicht		1.00	

Qualifikationsziel
Participants understand the concepts of model predictive control (MPC) and reinforcement learning (RL) as well the similarities and differences between the two approaches. They are able to apply the methods to practical optimal control problems from science and engineering.

Verwendbarkeit der Veranstaltung

Concentration course for MSc. Embedded Systems Engineering students in the concentration areas Robotic and Computer Vision, Zuverlässige Eingebettete Systeme, Circuits and Systems, Design and Simulation.
Concentration course for MSc. Microsystems Engineering (PO 2018) in the concentration areas Circuits and Systems, Design and Simulation.
Concentration course for MSc. Mikrosystemtechnik (PO 2018) students in the concentration areas Circuits and Systems, Design and Simulation.
Concentration course for MSc. Microsystems Engineering (PO 2021) in the concentration areas Circuits and Systems.
Concentration course for MSc. Mikrosystemtechnik (PO 2021) students in the concentration areas Circuits and Systems.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Model Predictive Control and Reinforcement Learning	11LE50MO-5720 PO 2021
Veranstaltung	
Model Predictive Control and Reinforcement Learning	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5720_PO20091
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Systemtheorie, Regelungstechnik und Optimierung Institut für Informatik, Professur für Neurorobotik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	1.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	unregelmäßig
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	26
Selbststudium	64
Workload	90 h

Inhalt
Lectures cover: optimal control problem formulations (constrained, infinite horizon, discrete time, stochastic, robust), dynamic programming, model predictive control formulations and stability, reinforcement learning formulations, MPC algorithms, RL algorithms, similarities and differences between MPC and RL
Towards the end of the course, participants will work on application projects which apply at least one of the MPC and RL methods to self-chosen application problems from any area of science or engineering. The results of the projects, that can be performed in teams, will be presented in a public presentation on the last day of the course and a short report to be submitted two weeks after the course. The report will determine the final grade of the course.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Towards the end of the course, participants will work on application projects which apply at least one of the MPC and RL methods to self-chosen application problems from any area of science or engineering. The results of the projects, that can be performed in teams, will be presented in a public presentation on the last day of the course and a short report to be submitted two weeks after the course. The final course grade (Prüfungsleistung) is based on the final project report.
Zu erbringende Studienleistung
See exercise.
Literatur
“Reinforcement Learning: An Introduction” by Richard S. Sutton and Andrew G. Barto

“Model Predictive Control: Theory, Computation, and Design” by James B. Rawlings, David Q. Mayne, and Moritz M. Diehl

“Optimal Control and Reinforcement Learning” by Dimitri Bertsekas

Teilnahmevoraussetzung

None

Empfohlene Voraussetzung

Prior Knowledge in Systems and Control, State Space Control Systems, Numerical Optimization, Numerical Optimal Control, Reinforcement Learning and Machine Learning is an advantage.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Model Predictive Control and Reinforcement Learning	11LE50MO-5720 PO 2021
Veranstaltung	
Model Predictive Control and Reinforcement Learning	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5720_PO20091
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Systemtheorie, Regelungstechnik und Optimierung Institut für Informatik, Professur für Neurorobotik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	1.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	unregelmäßig
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalt
Computer exercises based on MATLAB, Octave or Python will accompany the lectures in order to gain hands-on-knowledge on method of MPC and RL
Zu erbringende Prüfungsleistung
See lecture
Zu erbringende Studienleistung
A mandatory requirement for passing (Studienleistung) is based on the written microexam at the end of the course.
Teilnahmevoraussetzung

Name des Moduls	Nummer des Moduls
MST Design Lab II for Microsystems Engineering	11LE50MO-7005 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Peter Woias	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Konstruktion von Mikrosystemen	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 term
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	180 hours
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
Succesful completion of either the module "MST Design Lab I" (M.Sc. Microsystems Engineering) or "Konstruktionsmethodik" (B.Sc. Mikrosystemtechnik).
Empfohlene Voraussetzung
none

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
MST Design Lab II for Microsystems Engineering - Praktische Übung	Praktikum	Wahlpflicht	3,0	4.00	180 hours

Qualifikationsziel
<p>The MST Design Lab II is an add-on to the lectures "MST Design Lab I" in the International Master course "Microsystems Engineering" or the lecture "Konstruktionsmethodik" in the German Bachelor course "Mikrosystemtechnik". It is not part of the mandatory curriculum, but can be taken by students as elective course only. The aim of this lab course is to build the product ideas designed in the above-mentioned courses in hardware, to achieve a working device. They may also, as a newly formed team, bring in their own idea for a product development. During this course, students will develop skills in project management, task distribution, time scheduling, project execution, report writing and presenting their results in an oral presentation. They also learn to work with appropriate hardware and software tools (e.g. 3D printing, laser machining, μC programming, soldering, PCB board design software...). To start in this module, students have to re-form groups by themselves or start as the project team formed before in the above-mentioned courses. This design lab is organized by one microsystems laboratory of the faculty, however tutoring is happening per group by all microsystems labs on a freelance basis, i.e. every lab and professor decides per semester, whether a tutoring will be offered or not. It is then an essential part of the teaching goals that the students convince a lab to act as a host for their project. If successful, the project teams receive a limited financial fund for their project and will use capabilities available in the respective host laboratories. Usually, a tutor is assigned to every group to guide the teams throughout the semester.</p>
Verwendbarkeit der Veranstaltung
<p>Students of the M.Sc. programme Microsystems Engineering (PO 2021) can select this module in the concentration area Circuits and Systems (Schaltungen und Systeme).</p>

Name des Moduls	Nummer des Moduls
MST Design Lab II for Microsystems Engineering	11LE50MO-7005 PO 2021
Veranstaltung	
MST Design Lab II for Microsystems Engineering - Praktische Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Praktikum	11LE50prÜ-7005_PO 20091
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Konstruktion von Mikrosystemen	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	52 hours
Selbststudium	128 hours
Workload	180 hours

Inhalt
The aim of this lab course is to build the product ideas designed in the lectures "MST Design Lab I" in the International Master course "Microsystems Engineering" or the lecture "Konstruktionsmethodik" in the German Bachelor course "Mikrosystemtechnik", to achieve a working device.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Students have to submit a written report covering the project goals, the execution of the project and a documentation of the results.
Zu erbringende Studienleistung
Oral presentation and presentation of realized hardware at the end of the semester thus demonstrating the achieved results.
Teilnahmevoraussetzung
Successful completion of either the module "MST Design Lab I" (M.Sc. Microsystems Engineering) or "Konstruktionsmethodik" (B.Sc. Mikrosystemtechnik).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Numerical Optimal Control in Science and Engineering	11LE50MO-5249 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Moritz Diehl	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Systemtheorie, Regelungstechnik und Optimierung	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	6.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	180 hours
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
Mathematics 1 and 2 for Engineers or basic Linear Algebra and Calculus courses. Numerical Optimization (NUMOPT), Modelling and System Identification (MSI), Systems and Control Bachelor or Master lectures.

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Numerical Optimal Control in Science and Engineering	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	4.00	180 hours
Numerical Optimal Control in Science and Engineering	Übung	Wahlpflicht		2.00	

Qualifikationsziel
The students can formulate optimal control problems and implement and analyze several numerical methods for solving them.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students of the M.Sc. programmes Microsystems Engineering and Mikrosystemtechnik (PO 2021) can select this module in the concentration area Circuits and Systems.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Numerical Optimal Control in Science and Engineering	11LE50MO-5249 PO 2021
Veranstaltung	
Numerical Optimal Control in Science and Engineering	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5249
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Systemtheorie, Regelungstechnik und Optimierung	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	78 hours
Selbststudium	102 hours
Workload	180 hours

Inhalt
<ul style="list-style-type: none"> ■ Introduction: Dynamic Systems and Optimization ■ Rehearsal of Numerical Optimization ■ Rehearsal of Parameter Estimation ■ Discrete Time Optimal Control ■ Dynamic Programming ■ Continuous Time Optimal Control ■ Numerical Simulation Methods ■ Hamilton-Jacobi-Bellmann Equation ■ Pontryagin and the Indirect Approach ■ Direct Optimal Control ■ Differential Algebraic Equations ■ Periodic Optimal Control ■ Real-Time Optimization for Model Predictive Control
Zu erbringende Prüfungsleistung
Written exam (180 minutes)
Zu erbringende Studienleistung
see exercise

Literatur
1. Manuscript "Numerical Optimal Control" by M. Diehl and S. Gros 2. Biegler, L.T., Nonlinear Programming, SIAM, 2010
Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
Mathematics 1 and 2 for Engineers or basic Linear Algebra and Calculus courses. Numerical Optimization (NUMOPT), Modelling and System Identification (MSI), Systems and Control Bachelor or Master lectures.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Numerical Optimal Control in Science and Engineering	11LE50MO-5249 PO 2021
Veranstaltung	
Numerical Optimal Control in Science and Engineering	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5249
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Systemtheorie, Regelungstechnik und Optimierung	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalt
In the tutorial, the contents of the lecture will be deepened by means of theoretical examples and computer exercises.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Zu erbringende Studienleistung
The course work is completed if students pass the mid-term online quiz.
Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
Mathematics 1 and 2 for Engineers or basic Linear Algebra and Calculus courses. Numerical Optimization (NUMOPT), Modelling and System Identification (MSI), Systems and Control Bachelor or Master lectures.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Numerische Optimale Steuerung - Projekt / Numerical Optimal Control in Engineering - Project	11LE50MO-5250 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Moritz Diehl	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Systemtheorie, Regelungstechnik und Optimierung	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	1.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 hours
Angebotsfrequenz	unregelmäßig

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
None

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Numerical Optimal Control - Project	Projekt	Wahlpflicht	3,0	1.00	90 hours

Qualifikationsziel
Students will be able to independently program, analyze, and apply numerical methods of optimal control.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students of the M.Sc. Microsystems Engineering or Mikrosystemtechnik programmes (PO 2021) can select this module in the concentration area Circuits and Systems (Schaltungen und Systeme).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Numerische Optimale Steuerung - Projekt / Numerical Optimal Control in Engineering - Project	11LE50MO-5250 PO 2021
Veranstaltung	
Numerical Optimal Control - Project	
Veranstaltungsart	Nummer
Projekt	11LE50Pro-5250
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Systemtheorie, Regelungstechnik und Optimierung	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	1.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	unregelmäßig
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprachen	deutsch, englisch
Präsenzstudium	14 hours
Selbststudium	76 hours
Workload	90 hours

Inhalt
The project consists of implementing one or more self-selected optimal control methods on the computer and applying them to one or more self-selected application problems. The focus may be more on algorithms and performance comparisons or on modeling a specific problem. The result of the project is a documented computer code, a report, and a public presentation.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Submission of a report incl. a documented computer code.
Zu erbringende Studienleistung
Oral presentation
Literatur
http://syscop.de/teaching/
Teilnahmevoraussetzung
None
Bemerkung / Empfehlung
It is strongly recommended to attend the Numerical Optimal Control lecture offered in the same semester.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Numerische Optimierung / Numerical Optimization	11LE50MO-5243 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Moritz Diehl	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Systemtheorie, Regelungstechnik und Optimierung	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	6.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	180 hours
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
Mathematics 1 and 2 for Engineers or basic Linear Algebra and Calculus courses

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Numerische Optimierung / Numerical Optimization	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	4.00	180 hours
Numerische Optimierung / Numerical Optimization	Übung	Wahlpflicht		2.00	

Qualifikationsziel
The students know different types of optimization problems and can discuss their theoretical background and implement and analyze numerical methods for solving them.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students of the M.Sc. programmes Microsystems Engg. and Mikrosystemtechnik can select this module in the concentration area Circuits and Systems (Schaltungen und Systeme).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Numerische Optimierung / Numerical Optimization	11LE50MO-5243 PO 2021
Veranstaltung	
Numerische Optimierung / Numerical Optimization	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5243
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Systemtheorie, Regelungstechnik und Optimierung	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	90 hours
Selbststudium	90 hours
Workload	180 hours

Inhalt
<p>The course is divided into four major parts:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Fundamental Concepts of Optimization: Definitions, Types, Convexity, Duality 2. Unconstrained Optimization and Newton Type Algorithms: Stability of Solutions, Gradient and Conjugate Gradient, Exact Newton, Quasi-Newton, BFGS and Limited Memory BFGS, and Gauss-Newton, Line Search and Trust Region Methods, Algorithmic Differentiation 3. Equality Constrained Optimization Algorithms: Newton Lagrange and Generalized Gauss-Newton, Range and Null Space Methods, Quasi-Newton and Adjoint Based Inexact Newton Methods 4. Inequality Constrained Optimization Algorithms: Karush-Kuhn-Tucker Conditions, Linear and Quadratic Programming, Active Set Methods, Interior Point Methods, Sequential Quadratic and Convex Programming, Quadratic and Nonlinear Parametric Optimization
Zu erbringende Prüfungsleistung
Written exam (180 minutes)
Zu erbringende Studienleistung
see exercise
Literatur
<ol style="list-style-type: none"> 1. Jorge Nocedal and Stephen J. Wright, Numerical Optimization, Springer, 2006 2. Amir Beck, Introduction to Nonlinear Optimization, MOS-SIAM Optimization, 2014 3. Stephen Boyd and Lieven Vandenberghe, Convex Optimization, Cambridge Univ. Press, 2004

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
Mathematics 1 and 2 for Engineers or basic Linear Algebra and Calculus courses

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Numerische Optimierung / Numerical Optimization	11LE50MO-5243 PO 2021
Veranstaltung	
Numerische Optimierung / Numerical Optimization	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5243
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Systemtheorie, Regelungstechnik und Optimierung	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalt
In der Übung werden die Inhalte der Vorlesung anhand theoretischer Beispielaufgaben sowie mit Rechnerübungen vertieft.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Zu erbringende Studienleistung
Successful participation/solution of at least 50% of the weekly exercise sheets.
Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
Mathematics 1 and 2 for Engineers or basic Linear Algebra and Calculus courses

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Numerische Optimierung Projekt / Numerical Optimization Project	11LE50MO-5244 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Moritz Diehl	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Systemtheorie, Regelungstechnik und Optimierung	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	1.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 hours
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung
None

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Numerische Optimierung / Numerical Optimization - Projekt	Projekt	Wahlpflicht	3,0	1.00	90 hours

Qualifikationsziel
Students will be able to independently program, analyze, and apply continuous optimization methods. The project consists of implementing one or more self-selected optimization methods on the computer and applying them to one or more self-selected application problems. The focus may be more on algorithms and performance comparisons or on modeling a specific problem. The result of the project is a documented computer code, a report, and a public presentation.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Numerische Optimierung Projekt / Numerical Optimization Project	11LE50MO-5244 PO 2021
Veranstaltung	
Numerische Optimierung / Numerical Optimization - Projekt	
Veranstaltungsart	Nummer
Projekt	11LE50Pr-5244
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Systemtheorie, Regelungstechnik und Optimierung	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	1.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	15 hours
Selbststudium	75 hours
Workload	90 hours

Inhalt
Zu erbringende Prüfungsleistung
Submission of a report incl. a documented computer code.
Zu erbringende Studienleistung
A short oral presentation at the end of the semester.
Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
None
Bemerkung / Empfehlung
It is strongly recommended to attend the Numerical Optimization lecture offered in the same semester.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Rennautoregelung Praktikum / Race Car Control Laboratory	11LE50MO-5224 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Moritz Diehl	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Systemtheorie, Regelungstechnik und Optimierung	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	180 hours
Angebotsfrequenz	unregelmäßig

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
The lab course includes topics as part of the Race Car project (Simulation, Optimization and Control of small race cars). The project offers a large variety of project topics, students may be assigned topics meeting their interests and academic background. Prior studies of "Modelling and System Identification" and/or "Optimal Control and Estimation" are recommended.

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Rennautoregelung Praktikum / Race Car Control Laboratory	Praktikum	Wahlpflicht	6,0	4.00	180 Stunden

Qualifikationsziel
Aim of this lab course is to use the theoretical background for real applications in a scientific project. Finding creative solutions to problems as well as hands-on testing/verification of soft- and hardware will be part of the projects. The lab course will also offer experience of working in an international team.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students of the M.Sc. programmes Microsystems Engg. and Mikrosystemtechnik (PO 2021) can select this module in the concentration area Circuits and Systems (Schaltungen und Systeme).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Rennautoregelung Praktikum / Race Car Control Laboratory	11LE50MO-5224 PO 2021
Veranstaltung	
Rennautoregelung Praktikum / Race Car Control Laboratory	
Veranstaltungsart	Nummer
Praktikum	11LE50P-5224
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Systemtheorie, Regelungstechnik und Optimierung	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	4
Angebotsfrequenz	unregelmäßig
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	56 hours
Selbststudium	126 hours
Workload	180 Stunden

Inhalt
<p>Focus of the lab course is setting up a race track and control system for autonomous driving cars. The set up consists of a track, cars, a color camera, which is tracking the cars and a computer, controlling the cars. The communication between the race cars and the computer will be carried out by hacking the remote control. The color camera can be seen as the sensor of the car, communicating its actual position to the computer.</p> <p>The course will be accompanied by weekly meetings with one or more team members working on complementary projects addressing the same real world control problem. In the last two to three weeks of the lab course, when the main project aims are achieved, the participants will start to work on a short report for documentation and give a final oral presentation to share their findings with all team members.</p>
Zu erbringende Prüfungsleistung
Written composition and oral presentation of the project results.
Zu erbringende Studienleistung
None
Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
<p>The lab course includes topics as part of the Race Car project (Simulation, Optimization and Control of small race cars). The project offers a large variety of project topics, students may be assigned topics meeting their interests and academic background.</p> <p>Prior studies of "Modelling and System Identification" and/or "Optimal Control and Estimation" are recommended.</p>

Name des Moduls	Nummer des Moduls
RF- und Mikrowellen Bauelemente und Schaltungen / RF- and Microwave Devices and Circuits	11LE50MO-5215 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Rüdiger Quay	
Veranstalter	
Institut für Nachhaltige Technische Systeme-VB	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 hours
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
None

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
RF- und Mikrowellen Bauelemente und Schaltungen / RF- and Microwave Devices and Circuits - Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 hours

Qualifikationsziel
The students will be able to understand concepts, devices, design, and functioning of modern RF- and microwave transceiver subsystems. This includes the understanding of basic RF-concepts, passive and active devices, circuits, functionalities, their critical figures-of-merit, and the inclusion into modules. The students will be competent to analyse passive and active RF-structures and circuits, which are relevant for any system with an RF-functionality. The competence includes the full understanding of a transmit/receive module needed for today's communication and sensing.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students of the M.Sc. programmes Microsystems Engg. and Mikrosystemtechnik (PO 2021) can select this module in the concentration area Circuits and Systems (Schaltungen und Systeme).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
RF- und Mikrowellen Bauelemente und Schaltungen / RF- and Microwave Devices and Circuits	11LE50MO-5215 PO 2021
Veranstaltung	
RF- und Mikrowellen Bauelemente und Schaltungen / RF- and Microwave Devices and Circuits - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE68V-5215
Veranstalter	
Institut für Nachhaltige Technische Systeme-VB	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	5
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	26 hours
Selbststudium	64 hours
Workload	90 hours

Inhalt
The lecture RF- and Microwave Devices and Circuits deals with the fundamentals of RF-devices and circuits. It comprises three parts: high-frequency/RF concepts and passive structures, active electronic RF-devices, and RF-circuits and modules. At the interface of modern electronics, dielectric wave propagation, circuit design, and advanced communication and sensing, advanced analysis and characterisation techniques are introduced in order to bridge the gap from modern electronics and modern passive RF-technology to the understanding of RF-communication and sensing systems. The methodologies of RF-analysis, design of devices and circuits, and their basic figures-of-merit, their modelling and characterisation are introduced along with the demonstration of their relevance to modern RF- components and microsystems. This also includes a discussion of the underlying technology and many examples supported by RF-design tools from the microwave oven to today's RF-applications in mobile communication in the iPod.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Oral examination (30 minutes)
Zu erbringende Studienleistung
None
Literatur
RF- and Microwave passives <ul style="list-style-type: none"> ■ Zinke/Brunswig, Hochfrequenztechnik, Band 1, Springer, 1999 RF-Devices <ul style="list-style-type: none"> ■ U.K. Mishra, J. Singh, Semiconductor Device Physics And Design, Springer, 2007

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
None
Lehrmethoden
Electronic handout will be provided during the lecture. Visit to the Fraunhofer IAF.
Bemerkung / Empfehlung
Electronic handout will be provided during the lecture. Visit to the Fraunhofer IAF.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
RF- und Mikrowellen Schaltungen und Systeme / RF- and Microwave Circuits and Systems	11LE50MO-5232 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Rüdiger Quay	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 hours
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
None

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
RF- und Mikrowellen Schaltungen und Systeme / RF- and Microwave Circuits and Systems - Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 hours

Qualifikationsziel
<p>The students will be able to understand, design and layout modern RF- and microwave components and systems by means of the electronic design environment Agilent Advanced Design System including the two- and three dimensional electromagnetic simulators Momentum and EMPro 3D. The detailed use of a complex RF-software environment is a dedicated target of this course. This includes the numerical analysis of complex passive and active devices, the design and layout of hybrid and integrated circuits, and their packaging and signal flow. The students are competent to design and layout passive and active RF-structures including packages and interconnects and circuits of relevance to everyday communication and sensing. The competence includes in-depth understanding and treatment of complex microwave systems and of general system design including the treatment of complex modulated signal flows.</p>
Verwendbarkeit der Veranstaltung
<p>Students of the M.Sc. programmes Microsystems Engg. and Mikrosystemtechnik (PO 2021) can select this module in the concentration area Circuits and Systems (Schaltungen und Systeme).</p>

Name des Moduls	Nummer des Moduls
RF- und Mikrowellen Schaltungen und Systeme / RF- and Microwave Circuits and Systems	11LE50MO-5232 PO 2021
Veranstaltung	
RF- und Mikrowellen Schaltungen und Systeme / RF- and Microwave Circuits and Systems - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE68V-5232
Veranstalter	
Institut für Nachhaltige Technische Systeme-VB	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	30 hours
Selbststudium	60 hours
Workload	90 hours

Inhalt
The lecture RF- and Microwave circuits and systems deals with the fundamentals and concepts of RF-circuits and systems. It comprises three parts: fundamental RF-concepts with focus on communications and sensing, more complex RF-circuits, and actual RFsystems. At the interface of modern electronics, wave propagation, circuit design, and advanced communication and sensing, advanced analysis and characterisation techniques are introduced in order to bridge the gap from modern integrated circuits to the understanding of RF-communication and sensing systems with all aspects of frequency conversion, amplification, noise, distortion, and detection. The methodologies of RF-analysis, design of circuits, complex signal flows, their modelling and their characterisation are introduced along with the demonstration of their relevance to real RF-components and (micro)-systems. Typical applications include a mobile handset such as the Smart Phone, automotive radar, and wireless data communication links for high-data-rate transmission.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Oral examination (30 minutes)
Zu erbringende Studienleistung
None
Literatur
RF- and Microwave passives <ul style="list-style-type: none"> ■ Zinke/Brunswig, Hochfrequenztechnik, Band 1, Springer, 1999 <p>Further literature for systems are presented during the lecture</p>

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
None
Lehrmethoden
Electronic handout will be provided during the lecture. Visit to the Fraunhofer IAF.
Bemerkung / Empfehlung
No prior knowledge of the software is required.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
RF- und Mikrowellen Systeme - Design Kurs / RF- and Microwave Systems- Design Course	11LE50MO-5344 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Rüdiger Quay	
Veranstalter	
Institut für Nachhaltige Technische Systeme-VB	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 hours
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
The prior or parallel participation in either module "RF- and microwave devices and circuits" or "RF- and microwave circuits and systems" is required. No prior knowledge of the software is required.
Empfohlene Voraussetzung
None

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
RF- und Mikrowellen Systeme - Design Kurs / RF- and Microwave Systems - Design Course	Praktikum	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 hours

Qualifikationsziel
The students will be enabled to understand, design and layout modern RF- and microwave components and systems by means of the electronic design environment Agilent Advanced Design System including the two- and three dimensional electromagnetic simulators Momentum and EMPro 3D. The detailed use of a complex RF-software environment is a dedicated target of this course. This includes the numerical analysis of complex passive and active devices, the design and layout of hybrid and integrated circuits, and their packaging and signal flow. The students will be competent to design and layout passive and active RF-structures including packages and interconnects and circuits of relevance to everyday communication and sensing. The competence includes in-depth understanding and treatment of complex microwave systems and of general system design including the treatment of complex modulated signal flows.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students of the M.Sc. programmes Microsystems Engg. and Mikrosystemtechnik (PO 2021) can select this module in the concentration area Circuits and Systems (Schaltungen und Systeme).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
RF- und Mikrowellen Systeme - Design Kurs / RF- and Microwave Systems - Design Course	11LE50MO-5344 PO 2021
Veranstaltung	
RF- und Mikrowellen Systeme - Design Kurs / RF- and Microwave Systems - Design Course	
Veranstaltungsart	Nummer
Praktikum	11LE68P-5344
Veranstalter	
Institut für Nachhaltige Technische Systeme-VB	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	26 hours
Selbststudium	64 hours
Workload	90 hours

Inhalt
The Design Course: RF- and Microwave Systems deals with the analysis and creation of RF-devices, circuits and systems. It comprises three aspects: the detailed electromagnetic design of high-frequency/RF passive and active structures, the modelling and layout and verification of active electronic RF-devices in circuit environments based on various semiconductor technologies, and the high-level combination of more complex microwave systems. This includes the simulation of printed circuit boards, of integrated circuits and of devices in package including RF-interconnects, and of behavioural system simulation. Advanced analysis of RF-problems, characterisation, modelling and linear and nonlinear simulation techniques are introduced in order to combine knowledge from modern electronics (from various technologies such as silicon complementary MOS and GaAs), from component analysis, RF-circuit design principles, and system engineering. The examples include simple printed circuits boards, integrated circuits, advanced communication transceivers in mobile communication based on UMTS and LTE and modern radar.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Students have to submit 5 out of 6 exercise sheets. The module grade results from the average of the grade of these exercise sheets. In case of failure to hand in more than one exercise sheet due to illness, a substitute performance will be offered.
Zu erbringende Studienleistung
None
Literatur
ADS Agilent Design System User Manual 2013 www.agilent.com search: ADS Skript: Design Course: RF- and Microwave Systems, R. Quay, 2014 (will be provided at the beginning of the lecture)
Teilnahmevoraussetzung
The prior or parallel participation in either module "RF- and microwave devices and circuits" or "RF- and microwave circuits and systems" is required. No prior knowledge of the software is required.
Empfohlene Voraussetzung
None

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Sensors and actuators circuit technology	11LE50MO-5282 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Peter Woias	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Konstruktion von Mikrosystemen	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	180 hours
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
none
Empfohlene Voraussetzung
Undergraduate knowledge in electrical engineering and measurement technology.

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Sensors and actuators circuit technology	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	2.00	180 hours
Sensors and actuators circuit technology Veranstaltung	Übung	Wahlpflicht		2.00	

Qualifikationsziel
<ul style="list-style-type: none"> ■ Students are able to identify and describe the parts of an embedded electronic circuit ■ Students have an overview of sensor and actuator technology and the corresponding circuits for their signal acquisition and signal processing. ■ Students are able to distinguish among circuit designs in accordance to specifications and required performances. ■ Students know the critical aspects to take into consideration during the circuit design for a specific sensor or actuator
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students of the M.Sc. programme Microsystems Engg. (PO 2021) can select this module in the concentration area Circuits and Systems (Schaltungen und Systeme).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Sensors and actuators circuit technology	11LE50MO-5282 PO 2021
Veranstaltung	
Sensors and actuators circuit technology	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5277
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Konstruktion von Mikrosystemen	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	52 hours
Selbststudium	128 hours
Workload	180 hours

Inhalt
<ul style="list-style-type: none"> ■ Introduction to electronic components and function blocks ■ Sensors generating output currents (photodiode, amperometric electrode) ■ Sensors generating output voltages (ISFET) ■ Resistive sensors based on the Wheatstone bridge principle (pressure, acceleration) ■ Capacitive sensors (pressure, acceleration, humidity) ■ Capacitive actuators (electrostatic, piezoelectric)
Zu erbringende Prüfungsleistung
oral examination (30 minutes)
Zu erbringende Studienleistung
None
Literatur
Sedra, Smith, Microelectronic Circuits, New York: Oxford University Press, ISBN0199339147 Hayes, Horowitz, the Art of Electronics, Cambridge University Press, ISBN0521177235
Teilnahmevoraussetzung
none
Empfohlene Voraussetzung
none

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Sensors and actuators circuit technology	11LE50MO-5282 PO 2021
Veranstaltung	
Sensors and actuators circuit technology Veranstaltung	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5277
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Konstruktion von Mikrosystemen	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	in jedem Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalt
The exercises deepen the subject through the analysis and design of electronic circuits for sensors and actuators.
Zu erbringende Prüfungsleistung
See lecture
Zu erbringende Studienleistung
None
Teilnahmevoraussetzung
None

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Sensor-Aktor-Schaltungstechnik	11LE50MO-5725 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Peter Woias	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Konstruktion von Mikrosystemen	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	180 Stunden
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
keine
Empfohlene Voraussetzung
Wissen und Kenntnisse der vermittelten Lehrmodule "Einführung in die Elektrotechnik" und "Messtechnik" des Bachelor-Studiengangs Mikrosystemtechnik, alternativ aus vergleichbaren Lehrveranstaltungen anderer Hochschulen. Vertiefte Grundkenntnisse zu elektronischen Bauelementen.

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Sensor-Aktor-Schaltungstechnik	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	2.00	180 Stunden
Sensor-Aktor-Schaltungstechnik	Übung	Wahlpflicht		2.00	

Qualifikationsziel
Das Modul vermittelt grundlegendes Wissen zur elektronischen Schaltungstechnik der signalverarbeitenden Elektronik für verschiedene Mikrosensoren und Mikroaktuatoren. Es werden in einer Abfolge von Kapiteln zunächst die Grundlagen einiger wesentlicher elektronischer Bauelemente und Funktionsgruppen vermittelt. Anschließend werden kapitelweise verschiedene Sensor- und Aktormechanismen kurz vorgestellt, gefolgt von einer Erläuterung der wichtigsten Schaltungskonzepte für ihren Betrieb. Die Übung vertieft den Lehrstoff anhand der Präsentation und Diskussion exemplarischer Designbeispiele von elektronischen Schaltungen.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Studierende der Masterstudiengänge Microsystems Engineering und Mikrosystemtechnik (PO 2021) können dieses Modul im Vertiefungsbereich Schaltungen und Systeme wählen.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Sensor-Aktor-Schaltungstechnik	11LE50MO-5725 PO 2021
Veranstaltung	
Sensor-Aktor-Schaltungstechnik	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5725
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Konstruktion von Mikrosystemen	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	deutsch
Präsenzstudium	52 Stunden
Selbststudium	128 Stunden
Workload	180 Stunden

Inhalt
<p>Inhalte sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Einführung in elektronische Bauelemente und Funktionsblöcke (Diode, Bipolartransistor, Stromquellen, Stromspiegel, Bandgap-Referenz, Operationsverstärker) • Stromliefernde Sensoren (Photodiode, amperometrische Elektrode) • Spannungsliefernde Sensoren (Ionensensitiver Feldeffekttransistor) • Resistive Sensoren nach dem Wheatstone-Brückenprinzip (Druck, Beschleunigung) • Kapazitive Sensoren (Druck, Beschleunigung, Feuchte) • Kapazitive Aktoren (elektrostatisch, piezo)
Zu erbringende Prüfungsleistung
mündliche Prüfung
Zu erbringende Studienleistung
keine
Literatur
<p>Tietze, Schenk, Gamm, Halbleiter-Schaltungstechnik, 15. Auflage, 2016, Springer, Berlin, ISBN 978-3-662-48354-1. Schrüfer, Reindl, Zagar, Elektrische Messtechnik, 11. Auflage, 2014, Carl-Vieweg-Verlag, München, ISBN 978-3-446-44208-5.</p>
Teilnahmevoraussetzung
keine

Empfohlene Voraussetzung

Wissen und Kenntnisse der vermittelten Lehrmodule "Einführung in die Elektrotechnik" und "Messtechnik" des Bachelor-Studiengangs Mikrosystemtechnik, alternativ aus vergleichbaren Lehrveranstaltungen anderer Hochschulen.

Vertiefte Grundkenntnisse zu elektronischen Bauelementen.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Sensor-Aktor-Schaltungstechnik	11LE50MO-5725 PO 2021
Veranstaltung	
Sensor-Aktor-Schaltungstechnik	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5725
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Konstruktion von Mikrosystemen	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	deutsch

Inhalt
Die Übung vertieft den Lehrstoff anhand der Präsentation und Diskussion von exemplarischen Problemstellungen und Designbeispielen elektronischer Schaltungen.
Zu erbringende Prüfungsleistung
siehe Vorlesung
Zu erbringende Studienleistung
keine
Teilnahmevoraussetzung

Name des Moduls	Nummer des Moduls
State Space Control Systems	11LE50MO-5267 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Moritz Diehl	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Systemtheorie, Regelungstechnik und Optimierung	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	180 Stunden
Angebotsfrequenz	unregelmäßig

Teilnahmevoraussetzung
Keine
Empfohlene Voraussetzung
Students are expected to have an undergraduate knowledge in mathematics. It is furthermore recommended to have a good knowledge of differential equations, system theory and control. Kenntnisse/Kompetenzen aus Mathematik I und II werden VORAUSGESETZT. Kenntnisse aus Differentialgleichungen, Systemtheorie und Regelungstechnik werden EMPFOHLEN.

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
State Space Control Systems	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	3.00	180 hours
State Space Control Systems	Übung	Wahlpflicht		1.00	

Qualifikationsziel
The students understand the mathematical foundations of state space control systems and are able to design and use state space control systems in engineering applications.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Dieses Modul ist auch für Studierende des Bachelor of Science Mikrosystemtechnik (PO 2018), im Wahlpflichtbereich, Bereich MST verwendbar.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
State Space Control Systems	11LE50MO-5267 PO 2021
Veranstaltung	
State Space Control Systems	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5267-
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Systemtheorie, Regelungstechnik und Optimierung	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	3.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	unregelmäßig
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	52 Stunden
Selbststudium	128 Stunden
Workload	180 hours

Inhalt
Review of linear system theory in continuous time and ordinary differential equations; nonlinear and linear systems; discrete time and continuous time systems; eigenvalues and stability; Lyapunov functions; controllability, stabilizability, observability and detectability; control and observer normal form, Kalman normal form; pole placement, linear quadratic regulator (LQR); Luenberger observer, Kalman filter (KF); linear quadratic Gaussian (LQG) control and separation principle; disturbance modelling and offset free control; model predictive control (MPC); robustness; Extended and Unscented Kalman Filter (EKF/UKF); moving horizon estimation (MHE)
Zu erbringende Prüfungsleistung
Written exam (120 minutes)
Zu erbringende Studienleistung
see exercise
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> ■ Karl J. Åström and Richard M. Murray, Feedback Systems, Princeton University Press, 2011 ■ Stengel, R. Optimal Control and Estimation, Dover Publications, 1994 ■ S. Skogestad, I. Postlethwaite: Multivariable Feedback Control. Analysis and Design. Chichester/ New York, 2006. ■ G.F. Franklin, J.D. Powell, A. Emami-Naeini: Feedback Control of Dynamic Systems, Pearson (ISBN-13: 978-0-13-601969-5) Rawlings, J. B., Mayne, D. Q., and Diehl, M. M. Model Predictive Control: Theory, Computation, and Design, 2nd edition ed. Nob Hill, 2017.

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
Students are expected to have an undergraduate knowledge in mathematics. It is furthermore recommended to have a good knowledge of differential equations, system theory and control. Kenntnisse/Kompetenzen aus Mathematik I und II werden VORAUSGESETZT. Kenntnisse aus Differentialgleichungen, Systemtheorie und Regelungstechnik werden EMPFOHLEN.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
State Space Control Systems	11LE50MO-5267 PO 2021
Veranstaltung	
State Space Control Systems	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5267
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Systemtheorie, Regelungstechnik und Optimierung	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	1.0
Empfohlenes Fachsemester	
Angebotsfrequenz	unregelmäßig
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalt
The weekly exercise sheets allows students to apply their acquired knowledge. During the voluntary weekly exercise sessions the content of both the lecture and the exercise sheets will be discussed in-depth and consolidated.
Zu erbringende Prüfungsleistung
see lecture
Zu erbringende Studienleistung
Work on the weekly exercise sheets and participation in the exercises is voluntary.
Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
Students are expected to have an undergraduate knowledge in mathematics. It is furthermore recommended to have a good knowledge of differential equations, system theory and control. Kenntnisse/Kompetenzen aus Mathematik I und II werden VORAUSGESETZT. Kenntnisse aus Differentialgleichungen, Systemtheorie und Regelungstechnik werden EMPFOHLEN.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Thermoelektrik und thermische Messtechnik	11LE50MO-5262 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Jürgen Wöllenstein	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Dünnschicht-Gassensorik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 Stunden
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung
keine
Empfohlene Voraussetzung
keine

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Thermoelektrik und thermische Messtechnik	Vorlesung	Wahlpflicht		2.00	90 Stunden

Qualifikationsziel
Nach Absolvieren dieses Moduls "Thermoelektrik und thermische Messtechnik": <ul style="list-style-type: none"> ■ kennen die Studierenden die physikalischen, chemischen, elektrischen Grundlagen thermoelektrischer Bauelemente und Systeme ■ kennen die Studierenden die typische Materialsysteme, Modultechnologien und Anwendungen thermoelektrischer Bauelemente und Systeme ■ kennen die Studierenden die physikalischen und elektrischen Grundlagen thermischer Sensoren und Messsysteme und ihre Anwendungen ■ können die Studierenden einfache Schaltungen für thermoelektrische Systeme und thermische Sensoren entwerfen
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Studierende der Masterstudiengänge Microsystems Engineering und Mikrosystemtechnik (PO 2021) können dieses Modul im Vertiefungsbereich Schaltungen und Systeme wählen.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Thermoelektrik und thermische Messtechnik	11LE50MO-5262 PO 2021
Veranstaltung	
Thermoelektrik und thermische Messtechnik	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5262
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Dünnschicht-Gassensorik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	5
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	deutsch
Präsenzstudium	30 Stunden
Selbststudium	60 Stunden
Workload	90 Stunden

Inhalt
Thermoelektrische Anwendungen finden sich in der Temperaturmesstechnik, der Kalorimetrie, der Detektion von Strahlung, der Kühl- und Heiztechnik und der direkten Konversion von Wärmeenergie in elektrischer Energie, den Thermogeneratoren. In der Vorlesung wird ein grundlegendes Verständnis thermoelektrischer Effekte vermittelt und deren Abhängigkeit von verschiedenen Materialeigenschaften wie zum Beispiel Seebeck- und Peltier-Koeffizient, elektrische Leitfähigkeit und Wärmeleitfähigkeit abgeleitet. Es werden verschiedene Materialsysteme, die sich für die Thermoelektrik besonders eignen, vorgestellt und im Hinblick auf typische Anwendungen bewertet. Der Stand der Technik in der Umsetzung dieser verschiedenen thermoelektrischen Materialien in Module und Systeme wird vorgestellt. Anhand typischer Anwendungsbeispiele werden Modellierung und Entwurf thermoelektrischer Module erörtert.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Mündliche Prüfung (30 Minuten)
Zu erbringende Studienleistung
keine
Literatur
Begleitend zur Vorlesung werden die verwendeten Folien zur Verfügung gestellt.
Teilnahmevoraussetzung
keine

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Windenergiesysteme / Wind Energy Systems	11LE50MO-5256 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Moritz Diehl	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Systemtheorie, Regelungstechnik und Optimierung	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	180 hours
Angebotsfrequenz	unregelmäßig

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
Undergraduate knowledge in physics, mathematics as well as in systems and control.

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Windenergiesysteme / Wind Energy Systems	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	3.00	180 hours
Windenergiesysteme / Wind Energy Systems	Übung	Wahlpflicht		1.00	-

Qualifikationsziel
Students understand the physical principles of wind energy and the technology of modern wind energy systems.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students of the M.Sc. programmes Microsystems Engg. and Mikrosystemtechnik (PO 2021) can select this module in the concentration area Circuits and Systems (Schaltungen und Systeme).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Windenergiesysteme / Wind Energy Systems	11LE50MO-5256 PO 2021
Veranstaltung	
Windenergiesysteme / Wind Energy Systems	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5256
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Systemtheorie, Regelungstechnik und Optimierung	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	3.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	unregelmäßig
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	52 hours
Selbststudium	128 hours
Workload	180 hours

Inhalt
Global wind energy resource - aerodynamic principles of wind turbines - design of modern wind turbines - control of modern wind turbines - the electrical system of wind turbines - alternative concepts and high-altitude wind energy.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Written exam (180 minutes)
Zu erbringende Studienleistung
None
Literatur
"Wind Energy Handbook" by T. Burton, N. Jenkins, D. Sharpe, E. Bossanyi, 2nd edition, Wiley, 2011
Teilnahmevoraussetzung
Empfohlene Voraussetzung
Undergraduate knowledge in physics, mathematics as well as in systems and control.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Windenergiesysteme / Wind Energy Systems	11LE50MO-5256 PO 2021
Veranstaltung	
Windenergiesysteme / Wind Energy Systems	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5256
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Systemtheorie, Regelungstechnik und Optimierung	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	1.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	unregelmäßig
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	deutsch
Präsenzstudium	-
Selbststudium	-
Workload	-

Inhalt
The tutorials deepen the understanding of the material of the lecture.
Zu erbringende Prüfungsleistung
See lecture
Zu erbringende Studienleistung
None
Teilnahmevoraussetzung
None

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Zuverlässigkeitstechnik / Reliability Engineering	11LE50MO-5214 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Jürgen Wilde	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Aufbau- u. Verbindungstechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 hours
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
Basic understanding in mathematics (statistics) as well as materials sciences.

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Zuverlässigkeitstechnik / Reliability Engineering - Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	1.00	90 hours
Zuverlässigkeitstechnik / Reliability Engineering - Übung	Übung	Wahlpflicht		1.00	

Qualifikationsziel

The first qualification target is an understanding of terminology for dependability, reliability and safety in an engineering context.

To that purpose quantitative definitions are given, and a mathematical understanding of the statistical basics of reliability engineering are acquired.

A next step is the comprehension of the reliability of single mechanical and electronic components. To that purpose the fundamentals of fatigue and fracture mechanics will first be learned, followed by the testing and failure modelling of electronic devices. This allows to understand device degradation by environmental failure causes and to model stress-induced failures and reliability.

By the combination of several elements systems are generated. In order to predict the reliability and to validate the safety of systems, risk analyses are treated. These comprise reliability block-diagrams, failure-rate analyses, fault-tree-analyses, the state-space-method, failure-mode-and-effects-analysis, and Markoff analysis. The student will also gain specific knowledge in fields like software dependability, dependability of repairable systems, and functional safety.

The understanding of the respective techniques, also based on industrial standards gives the basic capabilities in order to develop safe systems. Application fields like automotive engineering, medical implants, or aerospace technology are of high relevance. In this way the lecture provides the basis for the understanding of state-of-the-art techniques and concepts of reliability engineering.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Zuverlässigkeitstechnik / Reliability Engineering	11LE50MO-5214 PO 2021
Veranstaltung	
Zuverlässigkeitstechnik / Reliability Engineering - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5214
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Aufbau- u. Verbindungstechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	1.0
Empfohlenes Fachsemester	5
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	30 hours
Selbststudium	60 hours
Workload	90 hours

Inhalt
<ul style="list-style-type: none"> ■ 1. Definitions <ul style="list-style-type: none"> ■ 1.1 Quality, dependability, reliability and safety ■ 1.2 Benchmarks for dependability, availability und lifetime ■ 1.3 Statistical description of reliability ■ 2. Dependability of mechanical systems <ul style="list-style-type: none"> ■ 2.1 Example 1: The ICE-crash at Eschede ■ 2.2 Loads on mechanical components ■ 2.3 Risk factors: notches and cracks ■ 2.4 Fatigue - Woehler's S-N-curve concept ■ 2.5 Computation of operational strength ■ 3. Reliability of electronic hardware <ul style="list-style-type: none"> ■ 3.1 Automotive electronics: architecture, requirements and quality level ■ 3.2 Reliability of electronic devices, data ■ 4. Reliability data-bases ■ 5. Reliability of systems <ul style="list-style-type: none"> ■ 5.1 Reliability block-diagram (failure-rate analysis) ■ 5.2 Overview of failure mode analyses ■ 5.3 Fault tree analysis (FTA) ■ 5.4 State-Space: A general method to compute $R_s(t)$ and $F_s(t)$

- 6. Reliability of repairable systems
 - 6.1 Definitions
 - 6.2 Repair rate
 - 6.3 Availability
 - 6.4 Markov-Chains and Markov-Processes
- 7. Software reliability
 - 7.1 Examples of software-induced accidents
 - 7.2 Probability of software faults
 - 7.3 Reliability models for software
 - 7.4 Misjudgements concerning software use
- 8. Human factors
- 9. Pre-requisites for development processes
- 10. Standards and legislation for medical devices

Zu erbringende Prüfungsleistung

Oral exam (30 minutes)

Zu erbringende Studienleistung

None

Literatur

Short lecture notes and data files with existing ANSYS macros.

Teilnahmevoraussetzung

None

Empfohlene Voraussetzung

Basic understanding in mathematics (statistics) as well as materials sciences.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Zuverlässigkeitstechnik / Reliability Engineering	11LE50MO-5214 PO 2021
Veranstaltung	
Zuverlässigkeitstechnik / Reliability Engineering - Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5214
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Aufbau- u. Verbindungstechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	1.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalt
Zu erbringende Prüfungsleistung
See lecture
Zu erbringende Studienleistung
None
Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
See lecture

Name des Kontos	Nummer des Kontos
Materials and Fabrication	11LE50KO-WP-MSc-986-2021 WP2 MaF
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
Benotung	A- Berechnung 1 NachK

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Computational physics: material science	11LE50MO-5270 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Joachim Dzubiella	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	9,0
Empfohlenes Fachsemester	
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	270 hours

Teilnahmevoraussetzung
none
Empfohlene Voraussetzung
Basic knowledge in programming (Python, C/C++) as well as statistical mechanics.

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Computational Physics: Materials Science	Vorlesung	Wahlpflicht	9,0	4.00	270

Qualifikationsziel
Application of computational simulation methods can help to discover or design new materials and investigate (microscopic) structure- (macroscopic) property relationships of a wide range of materials classes, such as metals, composites, nanostructures, ice/water, as well as polymers, surfactants, or colloidal dispersions. This course will introduce basic statistical concepts as well as programming and simulations techniques with particular focus on methods based on classical Hamiltonians spanning orders of length and time scales, such as Molecular Dynamics and coarse-grained Langevin Dynamics simulations. The students will become familiar with some examples for the different types of interatomic and coarse-grained potentials: e.g., Lennard-Jones, Born-Mayer, Embedded-Atom, (screened) Coulomb, Hamaker, etc. as well as bonded potentials for molecules and polymers. The course will consist of lectures and hands-on programming exercises and small projects, simulating mostly complex (interacting) fluids and molecules, using own written code.
Zu erbringende Prüfungsleistung
The Prüfungsleistung consists of a written exam, and only the result of the written exam contributes to the Prüfungsleistung.
Zu erbringende Studienleistung
Criteria for passing: For successfully completing the Studienleistung (SL), students must (i) obtain, at least, an average of 50% over all the tutorial sheets, (ii) not miss more than two tutorials (either digital or in presence), and (iii) present their results at least twice during the semester.

Verwendbarkeit der Veranstaltung

Students enrolled in the M.Sc. programme Microsystems Engineering or Mikrosystemtechnik (2021 version of the exam regulations) can complete this module in the concentration area Materials and Fabrication (=Materialien und Herstellungsprozesse).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Computational physics: material science	11LE50MO-5270 PO 2021
Veranstaltung	
Computational Physics: Materials Science	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	07LE33V-ADV_THEO_COMP-MAT
Fachbereich / Fakultät	
Physikalisches Institut-VB	

ECTS-Punkte	9,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	
Angebotsfrequenz	unregelmäßig
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	90
Selbststudium	180
Workload	270

Inhalt
<p>This lecture provides an introduction into basic concepts of atomistic computational materials science. The computational tools for different time and length scales will be introduced and it will be discussed how these tools can be combined in order to solve physical problems extending over too many scales for one single method alone. We will start with a brief introduction to density functional theory and more approximate methods such as tight binding. Quantum derived forces can be extracted from these methods and the short term dynamics of small nanosystems can be studied. For the simulation of larger systems and longer time scales, classical interatomic potentials are required. The students will become familiar with some examples for the different types of interatomic potentials: e.g. Lennard-Jones, Born-Mayer, Embedded-Atom, Bond-Order-potentials as well as bead-spring potentials for polymers. A brief introduction into the basic methodology of micro-canonical and thermostated molecular dynamics simulations will be given. The lecture is accompanied by a hands-on programming course. Classical molecular dynamics simulations will be used to study metallic and covalently bonded materials.</p>
Lernziele / Lernergebnisse
<ul style="list-style-type: none"> ■ Students have understood the basic Hamiltonian of CMS ■ Students are familiar with the various approximations that lead to different methods in CMS: Born-Oppenheimer approximation, classical approximation for the nuclei, local density approximation, tight-binding, semi-empirical interatomic potentials, coarse grained models, hydrodynamic limit ■ Students have a basic knowledge of density functional theory. ■ Students can set up simple molecular dynamics calculations. ■ Students are familiar with the different types of Born-Oppenheimer surfaces for the different types of interatomic binding. ■ Students are familiar with extended molecular dynamics methods.

Zu erbringende Prüfungsleistung
The Prüfungsleistung consists of a written exam, and only the result of the written exam contributes to the Prüfungsleistung.
Zu erbringende Studienleistung
Literatur
lecture script: A brief Introduction into Computational Materials Science
Teilnahmevoraussetzung
none

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Disposable sensors	11LE50MO-5259 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Gerald Urban	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Sensoren	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 Stunden
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
keine
Empfohlene Voraussetzung
keine

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Disposable sensors	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 Stunden

Qualifikationsziel
<p>You understand the basics of different signal detection and amplification strategies.</p> <ul style="list-style-type: none"> - You know the materials and the fabrication techniques used for disposable sensors. - You learn various biorecognition elements and their working mechanisms. - You overview the recent advances in disposable sensors from different application fields. - You can apply these knowledge to develop new bioanalytical devices in future.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students enrolled in the M.Sc. programme Microsystems Engineering or Mikrosystemtechnik (2021 version of the exam regulations) can complete this module in the concentration area Materials and Fabrication (=Materialien und Herstellungsprozesse).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Disposable sensors	11LE50MO-5259 PO 2021
Veranstaltung	
Disposable sensors	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5259
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Sensoren	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	26 Stunden
Selbststudium	64 Stunden
Workload	90 Stunden

Inhalt
<p>Disposable sensors are low-cost, single-use and easy-to-handle sensing devices. In recent years, they have become increasingly important for various applications. These include from environmental, forensic, pharmaceutical, agricultural, and food monitoring to wearables and clinical diagnostics, especially the point-of-care testing. This lecture deals with the materials, methods and applications of disposable sensors.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Introduction 2. Materials for disposable sensors 3. Biorecognition elements 4. Signal detection techniques 5. Signal amplification strategies 6. Lab-on-a-chip: integration into microfluidic systems 7. Application fields <ol style="list-style-type: none"> a. Diagnostics b. Food analysis c. Environmental monitoring 8. Future perspectives 9. Summary

Lernziele / Lernergebnisse
<ul style="list-style-type: none">■ You understand the basics of different signal detection and amplification strategies.■ You know the materials and the fabrication techniques used for disposable sensors.■ You learn various biorecognition elements and their working mechanisms.■ You overview the recent advances in disposable sensors from different application fields.■ You can apply these knowledge to develop new bioanalytical devices in future.
Zu erbringende Prüfungsleistung
written exam with a duration of 90 minutes
Zu erbringende Studienleistung
none
Teilnahmevoraussetzung
none

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Electrochemical energy applications: fuel cells and electrolysis	11LE50MO-5278 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Roland Zengerle	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Anwendungsentwicklung	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 hours
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
none
Empfohlene Voraussetzung
Knowledge in material science

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Electrochemical energy applications: fuel cells and electrolysis	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 Stunden

Qualifikationsziel
<p>understanding/knowledge</p> <ul style="list-style-type: none"> - basic electrochemistry - hydrogen fuel cell working principle, materials, systems - electrolysis working principle, materials, systems - redox flow batteries - electrochemical and ex-situ characterization methods
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students enrolled in the M.Sc. programme Microsystems Engineering or Mikrosystemtechnik (2021 version of the exam regulations) can complete this module in the concentration area Materials and Fabrication (=Materialien und Herstellungsprozesse).

Name des Moduls		Nummer des Moduls	
Electrochemical energy applications: fuel cells and electrolysis		11LE50MO-5278 PO 2021	
Veranstaltung			
Electrochemical energy applications: fuel cells and electrolysis			
Veranstaltungsart		Nummer	
Vorlesung		11LE50V-5278	
Veranstalter			
Institut für Mikrosystemtechnik, Anwendungsentwicklung			
Fachbereich / Fakultät			
Technische Fakultät			

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprachen	deutsch, englisch
Präsenzstudium	26
Selbststudium	64
Workload	90 Stunden

Inhalt	
Zu erbringende Prüfungsleistung	
schriftliche Ausarbeitung (z.B. Hausarbeit, Projektbericht, Poster)	
Zu erbringende Studienleistung	
keine	
Teilnahmevoraussetzung	
none	
Empfohlene Voraussetzung	
Knowledge in material science	

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Elektrochemische Methoden für Ingenieure / Electrochemical Methods for Engineers	11LE50MO-5719 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Gerald Urban	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Sensoren	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 Stunden
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung
none
Empfohlene Voraussetzung
<ul style="list-style-type: none"> ■ Introductory lecture to chemistry or similar knowledge ■ Introductory lecture to electronics or similar knowledge

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Elektrochemische Methoden für Ingenieure / Electrochemical Methods for Engineers - Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 hours

Qualifikationsziel
The students know the essential concepts and fundamental equations of electrochemical theory. The participants from different subjects link together the knowledge from physical chemistry and several engineering disciplines to get a sound understanding of the classical electrochemical methods and electrochemical impedance spectroscopy. The students can apply their knowledge and understanding of the electrochemical methods to tasks in the field of material science, microtechnology, microsystems and energy application.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students enrolled in the M.Sc. programme Microsystems Engineering or Mikrosystemtechnik (2021 version of the exam regulations) can complete this module in the concentration area Materials and Fabrication (=Materialien und Herstellungsprozesse).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Elektrochemische Methoden für Ingenieure / Electrochemical Methods for Engineers	11LE50MO-5719 PO 2021
Veranstaltung	
Elektrochemische Methoden für Ingenieure / Electrochemical Methods for Engineers - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5719
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Sensoren	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	30
Selbststudium	60
Workload	90 hours

Inhalt
<ul style="list-style-type: none"> ■ Electrochemical theory (cells, electrodes, fundamental equation and concepts) ■ Instrumentation (focus on the interplay between electrochemistry and electronics/data acquisition), equipment (electrodes, cells), and electrolytes ■ Classical methods (potentiometry, amperometry, CV, DPV, SWV, HDME, RDE, RRDE) ■ Electrochemical impedance spectroscopy (EIS) ■ Selected aspects: Material science (corrosion, hierarchical micro-/nanostructures) ■ Selected aspects: Microtechnology (electrodeposition, failure mechanism) ■ Selected aspects: Microsystems (electrochemical sensors and actuators) ■ Selected aspects: Energy application (fuel cells, batteries, super caps)
Zu erbringende Prüfungsleistung
written examination (90 minutes)
Zu erbringende Studienleistung
none
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> ■ Bard, Faulkner: Electrochemical Methods – Fundamentals and Applications, 2nd ed., 2001, Wiley, library: SB/I.1/1 ■ Hamann, Hamnett, Vielstich: Electrochemistry, 2nd ed., Wiley-VCH 2007, library: SB/H.2/13

- Zoski: Handbook of electrochemistry, 1st ed., Elsevier, 2007, available as ebook (campus license)

Teilnahmevoraussetzung

none

Empfohlene Voraussetzung

Introductory lecture to chemistry or similar knowledge
Introductory lecture to electronics or similar knowledge

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Energiespeicherung und Wandlung mittels Brennstoffzellen / Energy storage and conversion using fuel cells	11LE50MO-5203 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Claas Müller	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Prozesstechnologie	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 Stunden
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
keine

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Energiespeicherung und Wandlung mittels Brennstoffzellen / Energy storage and conversion using fuel cells - Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 Stunden

Qualifikationsziel
Ziel des Moduls ist die Vermittlung der vertieften theoretischen Grundlagen und der spezifischen Kenntnisse zur Speicherung und Wandlung von Energie mittels Brennstoffzellen in mikrotechnischen Systemen.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students enrolled in the M.Sc. programme Microsystems Engineering or Mikrosystemtechnik (2021 version of the exam regulations) can complete this module in the concentration area Materials and Fabrication (=Materialien und Herstellungsprozesse).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Energiespeicherung und Wandlung mittels Brennstoffzellen / Energy storage and conversion using fuel cells	11LE50MO-5203 PO 2021
Veranstaltung	
Energiespeicherung und Wandlung mittels Brennstoffzellen / Energy storage and conversion using fuel cells - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5203
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Prozesstechnologie	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	deutsch
Präsenzstudium	26
Selbststudium	64
Workload	90 Stunden

Inhalt
<ul style="list-style-type: none"> ■ Physikalisch chemische Grundlagen Brennstoffzellen ■ Aufbau und Funktion von Brennstoffzellen ■ Vorstellung unterschiedlicher Brennstoffzellentypen ■ Physikalisch chemische Grundlagen der Wasserstoffspeicherung ■ Vorstellung von Wasserstoffspeichertypen und -mechanismen ■ Diskussion von Vor- und Nachteilen der Wasserstoffspeicher ■ Brennstoffzellensysteme im Automobil ■ PEM ■ DMFC ■ Miniaturisierung von Brennstoffzellen ■ Mikrobrennstoffzelle ■ Chipintegrierte Brennstoffzelle (I²Brenn) ■ Brennstoffzellenakkumulator ■ Miniaturisierung der Wasserstofferzeugung ■ Einsatz von Brennstoffzellensystemen in der MST
Zu erbringende Prüfungsleistung
Schriftliche Abschlussprüfung (90 Minuten)

Zu erbringende Studienleistung
keine
Literatur
Zur Vorlesung wird ein Skriptum zur Verfügung gestellt und regelmäßig aktualisiert.
Teilnahmevoraussetzung
keine

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Fortgeschrittene Siliziumtechnologie / Advanced Silicon Technology	11LE50MO-5112 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Oliver Paul	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Materialien der Mikrosystemtechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 hours
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
none
Empfohlene Voraussetzung
Basic knowledge in microsystems technology and semiconductor physics

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Fortgeschrittene Siliziumtechnologie / Advanced Silicon Technology - Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 hours

Qualifikationsziel
This module provides a more detailed description of silicon technologies exceeding the modules in Microsystemtechnology I and II. The basics in silicon technologies will be accomplished by the most recent results found in literature. Whenever possible, we will organize a visit of the Micronas GmbH in Freiburg and their CMOS Fab.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students enrolled in the M.Sc. programme Microsystems Engineering or Mikrosystemtechnik (2021 version of the exam regulations) can complete this module in the concentration area Materials and Fabrication (=Materialien und Herstellungsprozesse).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Fortgeschrittene Siliziumtechnologie / Advanced Silicon Technology	11LE50MO-5112 PO 2021
Veranstaltung	
Fortgeschrittene Siliziumtechnologie / Advanced Silicon Technology - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5112
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Materialien der Mikrosystemtechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	26
Selbststudium	64
Workload	90 hours

Inhalt
Substrate materials, oxidation, diffusion, implantation, polysilicon and epitaxy, silicides, metallisation, dielectric layers, SiGe, strained silicon, low- und high-k-dielectrics, photo lithography (immersion lithography, phase shift mask, EUV, chemical-mechanical polishing, process integration, CMOS-compatible micro mechanics
Zu erbringende Prüfungsleistung
Oral examination if there are 20 or fewer than 20 registered participants; written examination if there are more than 20 registered participants (minimum 60 and maximum 240 minutes). Details will be announced by the examiner in due time.
Zu erbringende Studienleistung
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> ■ Chang/Sze: ULSI Technology, Wiley ■ Semiconductor International: monatliche Technologie-Zeitschrift
Teilnahmevoraussetzung
none
Empfohlene Voraussetzung
Basic knowledge in microsystems technology and semiconductor physics

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Funktionale Sicherheit - Aktive Resilienz / Functional Safety, Security and Sustainability: Active Resilience	11LE68MO-5120 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Stefan Hiermaier	
Veranstalter	
Institut für Nachhaltige Technische Systeme, Professur für Nachhaltige Ingenieursysteme	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 h
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
Any basics in any of the following areas would be helpful but are not mandatory: <ul style="list-style-type: none"> ■ system description and modelling ■ graphical/ semiformal modelling ■ product and development life cycles ■ classical system analysis ■ reliability analysis for any engineering discipline, e.g. electronics, computer science, mechanical, civil and aerospace engineering

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Functional Safety: Active Resilience	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 h

Qualifikationsziel

Main goals include:

1. Know main (emerging) application domains, e.g. digitalized production, transport, aerospace, AI safety, and renewable energy
2. Knowledge how to achieve acceptable overall safety (risk control), security, sustainability, and resilience of socio-technical (safety relevant and critical) systems through reliable functions
3. Knowledge and tailoring of definitions, types and effects of reliability functions
4. Relation of functional safety to related concepts for security and sustainability generation
5. Knowledge and tailoring of safety life cycle, development processes and process steps to plan, develop, verify and validate reliability or safety functions
6. Knowledge, tailoring, process-driven application, quantification and evaluation, executive conclusions development, and litigable documentation of mainly quantitative system analysis methods
7. Know how to efficiently combine and tailor modern system analysis methods
8. Know failure types and how to avoid and control them with techniques and measures for hardware and software
9. Knowledge and application of assessment quantities for reliable functions, e.g. safety integrity level (on demand or continuous), hardware failure tolerance, diagnostic coverage, safe failure fraction, complexity level
10. Knowledge of reliability prediction methods and related standards
11. Applicable knowledge of related standardization landscape

Verwendbarkeit der Veranstaltung

Elective Module for students of the study program

- Master of Science in Sustainable Systems Engineering (2021 version of the exam regulations):
 - Resilience Engineering
- Students enrolled in the M.Sc. programme Microsystems Engineering or Mikrosystemtechnik (2021 version of the exam regulations) can complete this module in the concentration area Materials and Fabrication (=Materialien und Herstellungsprozesse).
- Master of Embedded Systems Engineering
 - Zuverlässige eingebettete Systeme
 - Design and Simulation

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Funktionale Sicherheit - Aktive Resilienz / Functional Safety, Security and Sustainability: Active Resilience	11LE68MO-5120 PO 2021
Veranstaltung	
Functional Safety, Security and Sustainability: Active Resilience	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE68V-5120
Veranstalter	
Institut für Nachhaltige Technische Systeme-VB	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	26 h
Selbststudium	64 h
Workload	90 h

Inhalt
<p>Main contents:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Definition of functional safety, safety functions, safety integrity level (SIL), safety related systems 2. Relation of functional safety to reliability, availability, resilience, safety and security 3. Safety and resilience life cycle models (development process for safety and resilience): general and phase-specific requirements 4. System definition and graphical/semi-formal modelling for system analysis, e.g. with UML and SysML 5. Overview on methods for SIL determination: graphical, numerical, analytical, statistical 6. Basic (inductive) analytical tabular system analysis methods: e.g. preliminary hazard list (PHL), hazard analyses (PHA, SSH, O&SHA, HAZOP), hazard log, failure mode and effects analysis (FMEA, FMEDCA), Double failure matrix 7. Basic (deductive) graphical system analysis methods: Reliability block diagram (RBDs), Fault tree analysis (FTA, TDFTA), Markov models, Petri nets, event tree analysis, Fishbone diagram 8. Application process of system analysis methods: qualitative and quantitative implementation, evaluation, e.g. risk priority numbers, parts count and parts stress using reliability prediction for FMEA, Boolean algebra and importance measures for FTA, quantitative measures for graph-based methods, computation approaches for Markov and Petri-Models 9. Key functional safety quantities, e.g. SIL, hardware failure tolerance, complexity, diagnostic coverage, safe failure fraction 10. Functional safety and resilience architecture allocation, e.g. MooN, MooND 11. Overview on techniques and measures for hardware and software to avoid and control systematic errors and to avoid and control statistic errors of hardware

12. Combination and tailoring of processes and methods
13. Application domains and examples: e.g. automation, production, automotive, transport, energy supply
14. Standardization landscape, e.g. functional safety standards IEC 61508, ISO 26262 and safety of intended function ISO 21448
15. Emerging standards, future risk control and resilience generation challenges, e.g. AI and superintelligence control

Qualifikationsziel

Zu erbringende Prüfungsleistung

Written examination

Zu erbringende Studienleistung

None

Literatur

Example literature/ Sample literature:

1. Satisfying safety goals by probabilistic risk analysis, Hiromitsu Kumamoto, Springer 2007
2. Modern statistical and mathematical methods in reliability, Alyson Wilson et. al. (eds.), World Scientific, 2005
3. Mathematical and statistical methods in reliability, Bo H Lindqvist and Kyell A Doksum, World Scientific, 2003
4. FRAM: the functional resonance analysis method, Erik Holnagel, Ashgate, 2012
5. Control systems safety evaluation and reliability, William M. Gobe, 2010
6. System reliability theory: models, statistical methods and applications, Marvin Rausand, Arnljot Hoyland, Wiley-Interscience, 2004
7. Risk assessment: theory, methods, and application, Marvin Rausand, Wiley, 2011
8. Reliability of safety-critical systems: theory and applications, Marvin Rausand, Wiley, 2014
9. Risk and resilience: methods and application in environment, cyber and social domains, Eds.: Igor Linkov, Jose Manuel Palma-Oliviera, Springer, 2017
10. Functional safety for road vehicles: new challenges and solutions for e-mobility and automated driving, Hans-Leo Ross, Springer, 2016
11. Functional safety in practice, Harvey T Dearden, CreateSpace Independent Publishing Platform, 2018
12. Modeling for reliability analysis: Markov modeling for reliability, maintainability, safety, and supportability analyses of complex systems, Jan van Pukite, Paul Pukite, Wiley-IEEE Press, 1998
13. Applied reliability engineering and risk analysis: probabilistic models and statistical inference, Editor(s): Ilia B. Frenkel, Alex Karagrigoriou, Anatoly Lisnianski, Andre Kleyner, John Wiley & Sons, 2013
14. Reliability engineering: theory and practice, Alessandro Birolini, Springer, 2013
15. Electronic safety systems: hardware concepts, models, calculations, Josef Börcsök, Hüthig, 2004.
16. Elektronische Sicherheitssysteme, Josef Börcsök, Hüthig, 2004
17. Funktionale Sicherheit: Grundzüge sicherheitstechnischer Systeme, Hüthig, 2014
18. Zuverlässigkeitstechnik, Arno Meyna and Bernhard Pauli, Hanser, 2010
19. The safety critical systems handbook, David J. Smith, Butterworth-Heinemann, 2010
20. Reliability and availability engineering: modeling, analysis, and applications, Kishor S. Trivedi, Andrea Bobbio, Cambridge University Press, 2017

Further information:

Sample related standards for information

<https://www.iec.ch/functionalsafety/>

<https://www.iso.org/standard/68383.html>

<https://www.iso.org/standard/70939.html>

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
Any basics in any of the following areas would be helpful but are not mandatory: <ul style="list-style-type: none">■ system description and modelling■ graphical/ semiformal modelling■ product and development life cycles■ classical system analysis■ reliability analysis for any engineering discipline, e.g. electronics, computer science, mechanical, civil and aerospace engineering.
Lehrmethoden
Lecture with integrated exercises

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Hardware-Entwicklung mit der Finite-Elemente-Methode / Hardware Design with the Finite-Element-Method	11LE50MO-5503 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Jürgen Wilde	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Aufbau- u. Verbindungstechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	180 hours
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung
keine
Empfohlene Voraussetzung
Kenntnisse in Assembly and Packaging Technology oder Aufbau- und Verbindungstechnik

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Hardware-Entwicklung mit der Finite-Elemente-Methode / Hardware Design with the Finite-Element-Method - Praktische Übung	Praktikum	Wahlpflicht	6,0	4.00	180 Stunden

Qualifikationsziel
It is the aim, that after this module, the student will know the fundamental physical problems in electronic hardware based on own numerical investigations. The student will have elementary capabilities to solve praxis-relevant design problems in assembly and packaging of MEMS using a professional finite-element-system. He/she will know how experiments can be replaced by simulation and what the necessary input data are. He/she will be able to work with the Finite-Element-Code and to modify complex existing models. Furthermore it is expected that the student will have improved capabilities in the analysis of industrial problems and on reporting of the corresponding results.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students enrolled in the M.Sc. programme Microsystems Engineering or Mikrosystemtechnik (2021 version of the exam regulations) can complete this module in the concentration area Materials and Fabrication (=Materialien und Herstellungsprozesse).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Hardware-Entwicklung mit der Finite-Elemente-Methode / Hardware Design with the Finite-Element-Method	11LE50MO-5503 PO 2021
Veranstaltung	
Hardware-Entwicklung mit der Finite-Elemente-Methode / Hardware Design with the Finite-Element-Method - Praktische Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Praktikum	11LE50P-5503
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik, Aufbau- u. Verbindungstechnik	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	deutsch
Präsenzstudium	60
Selbststudium	120
Workload	180 Stunden

Inhalt
Zu erbringende Prüfungsleistung
Benotete Protokolle und eine schriftliche oder mündliche Prüfung angelehnt an die Protokolle
Zu erbringende Studienleistung
keine
Teilnahmevoraussetzung
none
Empfohlene Voraussetzung
Knowledge in Assembly and Packaging Technology or Aufbau- und Verbindungstechnik

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Keramische Werkstoffe der Mikrotechnik / Ceramic Materials for microsystems	11LE50MO-5102 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Thomas Hanemann	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Werkstoffprozesstechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 Stunden
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
keine
Empfohlene Voraussetzung
Kenntnisse der Werkstoffwissenschaft, z.B. Zustandsdiagramme, physikalische Eigenschaften verschiedener Materialklassen, Kristallsysteme, thermodynamische Eigenschaften und Kinetik kristalliner und nichtkristalliner Festkörper

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Keramische Werkstoffe der Mikrotechnik / Ceramic Materials for microsystems - Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 Stunden

Qualifikationsziel
Ziel des Moduls ist es, die technologischen und physikalischen Grundlagen der keramischen Werkstoffe und die zugehörigen Prozessierungsmethoden zu vermitteln. Mikrosystemtechnisch relevante Aspekte der keramischen Werkstoffe und ihrer Prozessierungsmethoden sollen aufgezeigt werden.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students enrolled in the M.Sc. programme Microsystems Engineering or Mikrosystemtechnik (2021 version of the exam regulations) can complete this module in the concentration area Materials and Fabrication (=Materialien und Herstellungsprozesse).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Keramische Werkstoffe der Mikrotechnik / Ceramic Materials for microsystems	11LE50MO-5102 PO 2021
Veranstaltung	
Keramische Werkstoffe der Mikrotechnik / Ceramic Materials for microsystems - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5102
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Werkstoffprozesstechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	4
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	deutsch
Präsenzstudium	26
Selbststudium	64
Workload	90 Stunden

Inhalt
Im ersten Teil werden die allgemeinen Aspekte keramischer Werkstoffe mit den Schwerpunkten Oxid- und Nichtoxidkeramiken sowie Magnetkeramiken behandelt. Weitere Kapitel betreffen die Herstellung keramischer Pulver, die Charakterisierung von Pulvern und Keramiken und die Herstellung und Beschreibung von Pulversuspensionen. Anschließend wird die Herstellung keramischer Komponenten für die Mikrotechnik nach unterschiedlichen Verfahren (Trockenpressen, Schlickergießen, elektrophoretische Abscheidung, Folien gießen, pulverkeramisches Spritzgießen) vorgestellt. Die Vorlesung schließt mit einer Einführung in Sinterprozesse. Es besteht die Möglichkeit, im Anschluss an die Vorlesung ein ca. 2-wöchiges Blockpraktikum zu absolvieren. Dieses dient dazu die in der Vorlesung theoretisch behandelten Themen praktisch umzusetzen.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Schriftliche Prüfungsleistung von 90 Minuten Dauer oder mündliche Prüfungsleistung von 30 Minuten Dauer
Zu erbringende Studienleistung
keine
Literatur
Begleitend zur Vorlesung wird ein Skriptum und werden Handzettel der Vorlesungsfolien zur Verfügung gestellt.

Teilnahmevoraussetzung
keine
Empfohlene Voraussetzung
Kenntnisse der Werkstoffwissenschaft, z.B. Zustandsdiagramme, physikalische Eigenschaften verschiedener Materialklassen, Kristallsysteme, thermodynamische Eigenschaften und Kinetik kristalliner und nichtkristalliner Festkörper

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Kontakt, Adhäsion, Reibung / Contact, Adhesion, Friction	11LE50MO-5252 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Lars Pastewka	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Simulation	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	180 Stunden
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung
Successful completion of the module Micromechanics
Empfohlene Voraussetzung
For successful completion of this module, knowledge of a programming language (e.g. Python, C, C++, Fort-ran, MATLAB) is strongly recommended

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Kontakt, Adhäsion, Reibung / Contact, Adhesion, Friction	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	2.00	180 Stunden
Kontakt, Adhäsion, Reibung / Contact, Adhesion, Friction	Übung	Wahlpflicht		2.00	

Qualifikationsziel
The student - can explain the physical origins of surface forces and the role of elastic deformation in contact - knows models for contact and sliding of smooth and rough interfaces in non-adhesive and adhesive limits and can explain their respective range of applicability - can explain the mathematical origin of the boundary element method and apply it to solve contact problems in engineering
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students enrolled in the M.Sc. programme Microsystems Engineering or Mikrosystemtechnik (2021 version of the exam regulations) can complete this module in the concentration area Materials and Fabrication (=Materialien und Herstellungsprozesse).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Kontakt, Adhäsion, Reibung / Contact, Adhesion, Friction	11LE50MO-5252 PO 2021
Veranstaltung	
Kontakt, Adhäsion, Reibung / Contact, Adhesion, Friction	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5252
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Simulation	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	60
Selbststudium	120
Workload	180 Stunden

Inhalt
<ul style="list-style-type: none"> ■ This lecture introduces models for the mechanics of smooth and rough contacts for non-adhesive and adhesive interfaces. Contact mechanical models are applied in many technological areas, from interpreting atomic-force microscopy data to designing biomimetic adhesives. Examples of these applications will be given throughout the lecture. <ol style="list-style-type: none"> 1. Introduction: Contact area and contact stiffness 2. Theory of the elastic half-space 3. Contact of nonadhesive spheres: Hertz's theory 4. Physical origins of surface forces 5. Contact of adhesive spheres: Johnson-Kendall-Roberts, Derjaguin-Muller-Toporov, Maugis-Dugdale 6. Surface roughness: Power spectral density, random process model 7. Contact of nonadhesive rough interfaces: Greenwood-Williamson, Persson, modern numerical results 8. Contact of adhesive rough interfaces: Fuller-Tabor, Persson, modern numerical results 9. Tangential and sliding contact: Interfacial shear strength, Cattaneo-Mindlin, Savkoor 10. Contact and sliding of viscoelastic bodies: Persson's model 11. Applications of contact models: Atomic-force microscopy, biological adhesive systems and biomimetic adhesives, failure of MEMS, leakage of seals
Zu erbringende Prüfungsleistung
mündliche Abschlussprüfung
Zu erbringende Studienleistung
siehe Übung

Literatur
K. L. Johnson, Contact Mechanics (Cambridge University Press, 1985) D. Maugis, Contact, Adhesion and Rupture of Elastic Solids (Springer-Verlag, 2000) J. Israelachvili, Intermolecular and Surface Forces (Academic Press, 1985)
Teilnahmevoraussetzung
Successful completion of the module Micromechanics
Empfohlene Voraussetzung
For successful completion of this module, knowledge of a programming language (e.g. Python, C, C++, Fortran, MATLAB) is strongly recommended.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Kontakt, Adhäsion, Reibung / Contact, Adhesion, Friction	11LE50MO-5252 PO 2021
Veranstaltung	
Kontakt, Adhäsion, Reibung / Contact, Adhesion, Friction	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5252
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Simulation	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalt
The lecture is accompanied by a computer lab, where the students implement a boundary element method for the solution of contact problems. The computer lab will use the programming language Python. A short introduction into Python is part of the lab sessions.
Zu erbringende Prüfungsleistung
see lecture
Zu erbringende Studienleistung
Review/demonstration of boundary element code from exercise sessions.
Teilnahmevoraussetzung
none

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Kontinuumsmechanik I mit Übungen / Continuum mechanics I with exercises	11LE68MO-4302 PO 2021
Verantwortliche/r	
Dirk Helm	
Veranstalter	
Institut für Nachhaltige Technische Systeme, Professur für Nachhaltige Ingenieursysteme	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	180 h
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
Advanced mathematics; engineering mechanics

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Kontinuumsmechanik I / Continuum mechanics I - Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	4.00	180 h
Kontinuumsmechanik I / Continuum mechanics I - Übung	Übung	Wahlpflicht			

Qualifikationsziel
The objective of the module is to master the mathematical foundations of continuum mechanics in form of tensor algebra and tensor analysis as well as the knowledge of the basic structure of continuum mechanics. The content of the topics of the lecture will be further studied by exercises in order to train the mathematical foundations and the first applications in the field of continuum mechanics.

Verwendbarkeit der Veranstaltung

Elective Module for students of the study program

- Master of Science in Sustainable Systems Engineering (2021 version of the exam regulations):
 - Resilience Engineering
 - Sustainable Materials Engineering
- Students enrolled in the M.Sc. programme Microsystems Engineering or Mikrosystemtechnik (2021 version of the exam regulations) can complete this module in the concentration area Materials and Fabrication (=Materialien und Herstellungsprozesse).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Kontinuumsmechanik I mit Übungen / Continuum mechanics I with exercises	11LE68MO-4302 PO 2021
Veranstaltung	
Kontinuumsmechanik I / Continuum mechanics I - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE68V-4301
Veranstalter	
Institut für Nachhaltige Technische Systeme-VB	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	52 h
Selbststudium	128 h
Workload	180 h

Inhalt
<ul style="list-style-type: none"> ■ Mathematical foundations of continuum mechanics (specialized to orthonormal base systems) consisting of tensor algebra and tensor analysis ■ Introduction to the basic structure of continuum mechanics (kinematics, balance equations, constitutive relations). ■ The focus lies on the treatment of small deformations and simplified examples with reference to engineering mechanics.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Oral examination (one-on-one, Prüfungsgespräch) with a max. duration of 45 min.
Zu erbringende Studienleistung
none
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> ■ M. Itskov, Tensor Algebra and Tensor Analysis for Engineers, Springer, 2013
Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
Advanced mathematics; engineering mechanics

Lehrmethoden
Lecture + exercise

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Kontinuumsmechanik I mit Übungen / Continuum mechanics I with exercises	11LE68MO-4302 PO 2021
Veranstaltung	
Kontinuumsmechanik I / Continuum mechanics I - Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE68Ü-4302
Veranstalter	
Institut für Nachhaltige Technische Systeme-VB	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalt	
The content of the lecture will be further studied by exercises in order to train the mathematical foundations and the first applications in the field of continuum mechanics.	
Zu erbringende Prüfungsleistung	
Zu erbringende Studienleistung	
none	
Teilnahmevoraussetzung	
none	

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Kontinuumsmechanik II mit Übungen / Continuum mechanics II with exercises	11LE68MO-4304 PO 2021
Verantwortliche/r	
Dirk Helm	
Veranstalter	
Institut für Nachhaltige Technische Systeme, Professur für Nachhaltige Ingenieursysteme	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	180 h
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
<ul style="list-style-type: none"> ■ Module Continuum Mechanics I with Exercises

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Kontinuumsmechanik II / Continuum mechanics II - Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	2.00	180 h
Kontinuumsmechanik II / Continuum mechanics II - Übung	Übung	Wahlpflicht		2.00	

Qualifikationsziel
The objective of the course is the knowledge of nonlinear continuum mechanics and its applications in solid state and fluid mechanics. The content of the topics of the lecture will be further studied by exercises in order to train the mathematical foundations and the first applications in the field of continuum mechanics.

Verwendbarkeit der Veranstaltung

Elective Module for students of the study program

- Master of Science in Sustainable Systems Engineering (2021 version of the exam regulations):
 - Resilience Engineering
 - Sustainable Materials Engineering
- Students enrolled in the M.Sc. programme Microsystems Engineering or Mikrosystemtechnik (2021 version of the exam regulations) can complete this module in the concentration area Materials and Fabrication (=Materialien und Herstellungsprozesse).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Kontinuumsmechanik II mit Übungen / Continuum mechanics II with exercises	11LE68MO-4304 PO 2021
Veranstaltung	
Kontinuumsmechanik II / Continuum mechanics II - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE68V-4303
Veranstalter	
Institut für Nachhaltige Technische Systeme-VB	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	60 h
Selbststudium	120 h
Workload	180 h

Inhalt
<ul style="list-style-type: none"> ■ Kinematics for finite deformations: representation of motion, strain tensors etc. at large deformations, geometric linearization ■ Balance relations of mechanics and thermomechanics ■ Principles of mechanics: principle of D'Alembert, principle of virtual displacements ■ Constitutive relations for fluids and solids (e.g. linear-elastic fluid, finite elasticity, viscoelasticity, plasticity, viscoplasticity, heat conduction, ...) ■ Extension of the mathematical foundations of tensor algebra and tensor analysis to general base systems and curved coordinates
Zu erbringende Prüfungsleistung
Oral examination (one-on-one, Prüfungsgespräch) with a max. duration of 45 min.
Zu erbringende Studienleistung
see exercise
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> ■ P. Haupt, Continuum Mechanics and Theory of Materials, Springer Verlag, 2002
Teilnahmevoraussetzung
none

Empfohlene Voraussetzung
Module Continuum Mechanics I with Exercises
Lehrmethoden
Lecture + exercise

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Kontinuumsmechanik II mit Übungen / Continuum mechanics II with exercises	11LE68MO-4304 PO 2021
Veranstaltung	
Kontinuumsmechanik II / Continuum mechanics II - Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE68Ü-4304
Veranstalter	
Institut für Nachhaltige Technische Systeme-VB	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	deutsch

Inhalt
The content of the lecture will be further studied by exercises in order to train the mathematical foundations and the first applications in the field of continuum mechanics.
Zu erbringende Prüfungsleistung
see lecture
Zu erbringende Studienleistung
Teilnahmevoraussetzung
none
Zielgruppe
M.Sc. SSE Studierende

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Konstitutive Gleichungen und Diskretisierungsverfahren zur Versagensmodellierung / Physics of Failure	11LE68MO-5121 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Stefan Hiermaier	
Veranstalter	
Institut für Nachhaltige Technische Systeme, Professur für Nachhaltige Ingenieursysteme	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 h
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
None

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Konstitutive Gleichungen und Diskretisierungsverfahren zur Versagensmodellierung / Physics of Failure - Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 h

Qualifikationsziel
With this module students are able to distinguish between damage and failure as two distinct process types in materials as other thermo-mechanic behaviors. Basic differences between phenomenological and physics based modeling approaches become evident. Specifically, the multi-scale character of the process is recognized. The resulting dimension of related resources for computations as well as the necessity for scale-bridging methodologies is learnt. Furthermore, a variety of experimental and numerical methods for characterizing and modeling the processes is investigated.

Verwendbarkeit der Veranstaltung

Elective Module for students of the study program

- Master of Science in Sustainable Systems Engineering (2021 version of the exam regulations):
 - Resilience Engineering
 - Sustainable Materials Engineering
- Students enrolled in the M.Sc. programme Microsystems Engineering or Mikrosystemtechnik (2021 version of the exam regulations) can complete this module in the concentration area Materials and Fabrication (=Materialien und Herstellungsprozesse).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Konstitutive Gleichungen und Diskretisierungsverfahren zur Versagensmodellierung / Physics of Failure	11LE68MO-5121 PO 2021
Veranstaltung	
Konstitutive Gleichungen und Diskretisierungsverfahren zur Versagensmodellierung / Physics of Failure - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE68V-5121
Veranstalter	
Institut für Nachhaltige Technische Systeme, Professur für Nachhaltige Ingenieursysteme	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	30 h
Selbststudium	60 h
Workload	90 h

Inhalt
<p>Fracture mechanics</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ crack propagation and opening modes ■ energy release rate ■ crack tip stress state (stress intensity factors, J integral) ■ cohesive zone model <p>Failure of materials</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ failure criteria models (Tresca, Hill...) ■ failure surfaces ■ stress triaxiality (e.g. Johnson-Cook) <p>Damage mechanics</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ strength degradation ■ damage accumulation models <p>The theoretical, experimental, numerical and empirical approaches to the topics are accompanied with many examples from science and industry.</p>
Zu erbringende Prüfungsleistung
Oral examination (20 minutes)

Zu erbringende Studienleistung
None
Literatur
Information will be given during the lecture.
Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
None
Lehrmethoden
Lecture

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Lithographie / Lithography	11LE50MO-5603 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Claas Müller	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Prozesstechnologie	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 Stunden
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
keine

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Lithographie / Lithography - Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 Stunden

Qualifikationsziel
Ziel des Moduls ist die Vermittlung der Kenntnisse, die für ein ganzheitliches Verständnis der lithographischen Verfahren, die in der Mikrosystemtechnik eingesetzt werden.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students enrolled in the M.Sc. programme Microsystems Engineering or Mikrosystemtechnik (2021 version of the exam regulations) can complete this module in the concentration area Materials and Fabrication (=Materialien und Herstellungsprozesse).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Lithographie / Lithography	11LE50MO-5603 PO 2021
Veranstaltung	
Lithographie / Lithography - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5603
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Prozesstechnologie	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	deutsch
Präsenzstudium	26
Selbststudium	64
Workload	90 Stunden

Inhalt
<ul style="list-style-type: none"> ■ Optische Mikroskopie ■ Hellfeld Beleuchtung ■ Dunkelfeld Beleuchtung ■ Aperturblende ■ Gesichtsfeldblende ■ Aufbau und Funktion von Photoresisten ■ Positiv und negativ Resiste ■ Chemischer Aufbau der Resiste ■ Lithographische Masken ■ Herstellung ■ Materialien ■ Aufbau ■ Grenzen ■ Aufbau und Funktion von Maskaligner ■ Justage Vorderseite und Rückseite ■ Belichtungsmodi ■ Prozessablauf und Prozessketten ■ Charakterisierung von lithographisch hergestellten Strukturen ■ Weiterführende Prozessvarianten

Zu erbringende Prüfungsleistung
mündliche Abschlussprüfung (20-30 Minuten)
Zu erbringende Studienleistung
keine
Literatur
Begleitend zur Vorlesung wird ein Skriptum zur Verfügung gestellt und regelmäßig aktualisiert.
Teilnahmevoraussetzung
keine

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Materials for Electronic Systems	11LE50MO-5274 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Jürgen Wilde	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Aufbau- u. Verbindungstechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	180 Stunden

Teilnahmevoraussetzung
none
Empfohlene Voraussetzung
Knowledge in experimental physics

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Materials for Electronic Systems	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	3.00	180 Stunden
Materials for Electronic Systems	Übung	Wahlpflicht		1.00	

Qualifikationsziel
<p>The main target of this lecture is the understanding of the basic concepts of materials that are applied for the realization of electronic systems. These materials are used for assembly, interconnection and housing of microelectronics and mechatronic systems.</p> <p>The used material classes comprise metals, ceramics, glass, and polymers as well as composites. Their two basic purposes are use as functional materials and use as structural materials. Semiconductors are not part of this module.</p> <p>So the first learning target is to know the types of materials that are used in specific applications as well as their constitution.</p> <p>The second target is to know the properties that are relevant for the respective use cases. Among the properties to be understood will be mechanical, electrical and magnetic ones. The mechanical strength is a basic property that affects robustness, durability and tolerated use conditions. Therefore, the fundamentals of mechanical failure in electronic systems must be understood in order to achieve a proper mechanical design. So the concepts of stresses, strains and failure will be taught. This will also promote the comprehension of mechanical sensors.</p> <p>In the field of electrical properties both electrical conduction and insulation must be understood. Therefore the mechanisms of electrical conduction and the metallurgical and physical influences on technical conduc-</p>

tors will be treated for the different materials. Dielectrics are used both as insulators and as functional materials in sensors. Here, the most relevant properties like permittivity, dissipation factor, dielectric breakdown strength and the effects here-on will be learned. For magnetic materials, it will be important to understand soft and hard magnets with respect to their hysteresis curve as well as the metallurgical influences. The students shall be enabled to evaluate materials for their suitability to build electronic devices and systems and to select the ones that are optimum for the target application.

Verwendbarkeit der Veranstaltung

Students enrolled in the M.Sc. programme Microsystems Engineering or Mikrosystemtechnik (2021 version of the exam regulations) can complete this module in the concentration area Materials and Fabrication (=Materialien und Herstellungsprozesse).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Materials for Electronic Systems	11LE50MO-5274 PO 2021
Veranstaltung	
Materials for Electronic Systems	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5274_PO 20091
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Aufbau- u. Verbindungstechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	3.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	60
Selbststudium	120
Workload	180 Stunden

Inhalt
<p>The lecture with exercise is structured bottom-up in order to introduce the basic principles of materials science briefly and then to transit to the different types of materials as well as their applications and properties.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Introduction 2. Atomic and molecular structure of materials Chemical bonds, crystal lattice & defects, atomic mixtures and structure analysis (diffraction, spectroscopy) 3. Thermodynamics and kinetics of materials Transformations and stability, Gibbs' principle, phase diagrams, diffusion, nucleation and phase transformations 4. Polymers Polymerization, polymer materials, processing, applications and relevant properties 5. Inorganic materials Ceramics, glasses, dielectrics, properties, applications and fabrication 6. Metals Non-ferrous metals, steel, electrical conduction, magnetism, size effects 7. Composites Material systems, theory of composites, rules of mixture 8. Mechanics of materials and materials testing Elasticity, deformation and plasticity, creep, strength and mechanical failure, distribution functions, multiaxial and non-uniform loads <p>The content will be based mainly on the material-related research that has been performed in the Laboratory for Assembly and Packaging Technology.</p>

Zu erbringende Prüfungsleistung
Depending on the number of participants: written or oral examination
Zu erbringende Studienleistung
none
Literatur
Tba.
Teilnahmevoraussetzung
none
Empfohlene Voraussetzung
Knowledge in experimental physics

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Materials for Electronic Systems	11LE50MO-5274 PO 2021
Veranstaltung	
Materials for Electronic Systems	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5274_PO 20091
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Aufbau- u. Verbindungstechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	1.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalt
With exercises the actual content of the lecture will be accompanied.
Zu erbringende Prüfungsleistung
see lecture
Zu erbringende Studienleistung
none
Teilnahmevoraussetzung
none

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Mechanische Eigenschaften und Degradationsmechanismen / Mechanical Properties and Degradation Mechanisms	11LE50MO-5115 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Christoph Eberl	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Mikro- und Werkstoffmechanik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 Stunden
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
keine

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Mechanische Eigenschaften und Degradationsmechanismen / Mechanical Properties and Degradation Mechanisms- Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 hours

Qualifikationsziel
Die Studierenden haben ein Verständnis für die mechanischen Eigenschaften und deren Auswirkung auf die Funktionsweise und Leistung von Mikrosystemen erworben. Sie verstehen die zugrundeliegenden physikalischen Mechanismen von Funktionsmaterialien sowie die Schädigungsentwicklung während der Anwendung. Anhand des Verständnisses der physikalischen Mechanismen können die Studierenden das Design von Mikrosystemen bewerten, Ausfälle vermeiden und näher an die Leistungsgrenzen der Materialien bzw. der Systeme gehen.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students enrolled in the M.Sc. programme Microsystems Engineering or Mikrosystemtechnik (2021 version of the exam regulations) can complete this module in the concentration area Materials and Fabrication (=Materialien und Herstellungsprozesse).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Mechanische Eigenschaften und Degradationsmechanismen / Mechanical Properties and Degradation Mechanisms	11LE50MO-5115 PO 2021
Veranstaltung	
Mechanische Eigenschaften und Degradationsmechanismen / Mechanical Properties and Degradation Mechanisms- Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5115
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Mikro- und Werkstoffmechanik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	4
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	26
Selbststudium	64
Workload	90 hours

Inhalt
<p>Introduction: Physical Mechanisms Basics: Stress and strain, anisotropy Basics: Mechanics of beams and membranes in examples Micro- and nanostructured materials in microsystems Characterization of mechanical properties of materials in microsystems:</p> <p>Residual stresses Elastic and plastic behavior Adhesive strength</p> <p>Physical principles and stresses in the application of functional materials in actuators and sensors</p> <p>Translated with www.DeepL.com/Translator (free version)</p>
Zu erbringende Prüfungsleistung
written or oral examination
Zu erbringende Studienleistung
none
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> ■ M. Ohring: „The Materials Science of Thin Films“, Academic Press, 1992

- L.B. Freund and S. Suresh: „Thin Film Materials“
- T.H. Courtney: „Mechanical Behaviour of Materials“, Mc-Graw-Hill, 1990
- M. Madou: „Fundamentals of Microfabrication“, CRC Press 1997
- W. Menz und P. Bley: „Mikrosystemtechnik für Ingenieure“, VCH Publishers, 1993
- Chang Liu: „Foundations of MEMS, Illinois ECE Series, 2006“

Teilnahmevoraussetzung

none

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Methoden der Materialanalyse / Methods of Material Analysis	11LE50MO-5126 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Margit Zacharias	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Nanotechnologie	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 Stunden
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung
keine

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Methoden der Materialanalyse / Methods of Material Analysis	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 hours

Qualifikationsziel
The module gives an overview of all state of the art measurement and analysis methods for thin films and nanoscopic structures. Special emphasis will be placed on the prospects and drawbacks of each method as well as on typical limits and potential measurement artifacts. Educational objective is to enable students to find a suitable and appropriate method to measure or detect a certain material property of interest.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students enrolled in the M.Sc. programme Microsystems Engineering or Mikrosystemtechnik (2021 version of the exam regulations) can complete this module in the concentration area Materials and Fabrication (=Materialien und Herstellungsprozesse).

Name des Moduls		Nummer des Moduls	
Methoden der Materialanalyse / Methods of Material Analysis		11LE50MO-5126 PO 2021	
Veranstaltung			
Methoden der Materialanalyse / Methods of Material Analysis			
Veranstaltungsart		Nummer	
Vorlesung		11LE50V-5126	
Veranstalter			
Institut für Mikrosystemtechnik, Nanotechnologie			
Fachbereich / Fakultät			
Technische Fakultät			

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	unregelmäßig
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprachen	deutsch, englisch
Präsenzstudium	26 SS; 30 WS
Selbststudium	64 SS; 60 WS
Workload	90 hours

Inhalt
The treated measurement and analysis techniques include optical, electrical, chemical and structural methods which detect and probe material properties like morphology/shape, film thickness, crystallinity, chemical composition, trace impurities, bonding configurations, bandgap, etc. Namely methods like AFM, SEM / TEM, APT, SIMS, XPS, SE, PL, FTIR, Raman, XRD, C-V / I-V, RBS and many more will be dealt with.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Schriftliche oder mündliche Abschlussprüfung
Zu erbringende Studienleistung
keine
Teilnahmevoraussetzung
none
Empfohlene Voraussetzung
none

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Mikrostrukturierte Kunststoffkomponenten / Microstructured Polymer Components	11LE50MO-5604 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Thomas Hanemann	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Werkstoffprozesstechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 Stunden
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung
keine
Empfohlene Voraussetzung
keine

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Mikrostrukturierte Kunststoffkomponenten / Microstructured Polymer Components - Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 Stunden

Qualifikationsziel
Besides silicon and the established MEMS/MOEMS technology polymer materials and the related microreplication technologies are becoming more and more important for the realization and commercial success of new microcomponents and microsystems. New nanostructuring methods like 2-photon-stereolithography and others are at the threshold of leaving the laboratory status and entering market. The course will cover the large variety of polymer materials, their fundamental chemical and physical properties and the derived microstructuring and replication possibilities. Direct and indirect micro- and nanostructuring methods like deep X-ray lithography, stereolithography, laser machining, nanoimprinting and others as well as the large family of replication methods like hot embossing and injection molding will be described in detail. Master and tooling fabrication methods like electroplating, electro discharge machining as well as mechanical and laser micromachining will be presented and discussed intensely. A large number of application examples and case studies dealing with the accessible geometries, feasibility, and process characteristics will be used for the presentation of the polymer microfabrication importance.

Verwendbarkeit der Veranstaltung

Students enrolled in the M.Sc. programme Microsystems Engineering or Mikrosystemtechnik (2021 version of the exam regulations) can complete this module in the concentration area Materials and Fabrication (=Materialien und Herstellungsprozesse).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Mikrostrukturierte Kunststoffkomponenten / Microstructured Polymer Components	11LE50MO-5604 PO 2021
Veranstaltung	
Mikrostrukturierte Kunststoffkomponenten / Microstructured Polymer Components - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5604
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Werkstoffprozesstechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	30
Selbststudium	60
Workload	90 Stunden

Inhalt
<p>Contents:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Polymers: Fundamental chemical and physical properties ■ Fabrication of molding tools: Fabrication principles and characteristics ■ Rapid Prototyping in microsystem technology ■ Polymer replication techniques: Reaction Molding, UV-Embossing, Hot Embossing and Injection Molding: Principles, equipment, applications and case studies ■ From micro to nano: Nanoimprinting, soft lithography, nanostereolithography and other new developments
Zu erbringende Prüfungsleistung
Schriftliche Abschlussprüfung von 90 Minuten Dauer oder mündliche Abschlussprüfung von 30 Minuten Dauer
Zu erbringende Studienleistung
keine
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> ■ W. Ehrfeld, Handbuch Mikrotechnik, Hanser-Verlag, München, 2002, ISBN: 3-446-21506-9 ■ W. Menz, J. Mohr, O. Paul, Microsystem Technology, Wiley-VCH, Weinheim, 2001, ISBN: 3-527-29634-4

Teilnahmevoraussetzung
none

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Nanomaterialien / Nanomaterials	11LE50MO-5104 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Margit Zacharias	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Nanotechnologie	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 Stunden
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
none
Empfohlene Voraussetzung
knowledge in material science, basic chemistry, some semiconductor physics

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Nanomaterialien / Nanomaterials - Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 hours

Qualifikationsziel
Deep knowledge based on up-to-date research in nanomaterials: understanding of size effects including quantum effects on physical and chemical properties, concepts of nanodiagnostics, introduction into high resolution methods for materials characterization, understanding liquid methods of preparation of nanoparticles, basic guiding principles for nanomaterial growth (Ostwald ripening, thermo-dynamic principles) and surface functionalization, application and deeper knowledge of nanoparticles in bio- and medical systems, discussion of nano-biomarker systems for medical treatment, extended discussion about nanotoxicity, nano-wire preparations and applications, some basics for nanofluidic systems
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students enrolled in the M.Sc. programme Microsystems Engineering or Mikrosystemtechnik (2021 version of the exam regulations) can complete this module in the concentration area Materials and Fabrication (=Materialien und Herstellungsprozesse).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Nanomaterialien / Nanomaterials	11LE50MO-5104 PO 2021
Veranstaltung	
Nanomaterialien / Nanomaterials - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5104
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Nanotechnologie	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	4
Angebotsfrequenz	in jedem Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprachen	deutsch, englisch
Präsenzstudium	26
Selbststudium	64
Workload	90 hours

Inhalt
Size effects, quantum effects, physical and chemical properties of nanomaterials, concepts of nanodiagnos- tics, introduction into high resolution methods for materials characterization, understanding liquid methods of preparation of nanoparticles, basic guiding principles for nanomaterial growth (Ostwald ripening, thermo- dynamic principles), surface functionalization using chemical methods, nanoparticles in bio- and medi- cal systems, nano-biomarker systems for medical treatment, nanotoxicity, nanowire growth using liquid methods, basics for nanofluidic systems
Zu erbringende Prüfungsleistung
oral examination
Zu erbringende Studienleistung
none
Teilnahmevoraussetzung
none
Empfohlene Voraussetzung
knowledge in material science, basic chemistry, some semiconductor physics
Lehrmethoden
Language of instruction: In the winter semester in German, summer semester English.
Bemerkung / Empfehlung
Language of instruction: WS German, SS English.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Nanotechnologie / Nanotechnology	11LE50MO-5106 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Margit Zacharias	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Nanotechnologie	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 Stunden
Angebotsfrequenz	in jedem Semester

Teilnahmevoraussetzung
none
Empfohlene Voraussetzung
Understanding of basics in material science (Werkstofftechnologie), and the basics in semiconductor physics (like band gap, crystal structure, devices) as well as clean room techniques are of advantage.

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Nanotechnologie / Nanotechnology - Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 hours

Qualifikationsziel
deep understanding of different size effects from point of physics as well as applications, learning the methods and equipment used for defined growth of nanostructures based on physical methods with examples from actual research of the nanotechnology group as well as from literature, advantages and disadvantages of the various methods will be demonstrated on selected examples, learning about quantum structures based on III-V semiconductors representing the status of optoelectronic LED and laser devices, deeper knowledge of silicon based nanostructures, actual research in nanotubes and 2D nanomaterials and their properties, demonstration of photonics crystals as example for applications of sub-micrometer structure in optics and electronics, discussion of methods for nano-lithographic structuring and applications in growth of spatially arranged nanowires, developing a deeper understanding of nanodevices (memories, nanosensors, nanolaser), understanding the advantages and limitations in fabrication, doping of nanostructures and their respective device properties based on examples of actual research
Zu erbringende Prüfungsleistung
mündliche Abschlussprüfung

Verwendbarkeit der Veranstaltung

Students enrolled in the M.Sc. programme Microsystems Engineering or Mikrosystemtechnik (2021 version of the exam regulations) can complete this module in the concentration area Materials and Fabrication (=Materialien und Herstellungsprozesse).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Nanotechnologie / Nanotechnology	11LE50MO-5106 PO 2021
Veranstaltung	
Nanotechnologie / Nanotechnology - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5106
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Nanotechnologie	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	4
Angebotsfrequenz	in jedem Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprachen	deutsch, englisch
Präsenzstudium	26 SS; 30 WS
Selbststudium	64 SS; 60 WS
Workload	90 hours

Inhalt
The lecture will concentrate on physical methods preparing nanomaterials, nanofilms and devices. Hence, vacuum based methodes like PECVD, MOCVD, ALD, Epitaxy will be discussed with respective advantages and disadvantages for nano-device fabrications. The lecture will also give an overview about quantum structures based on III-V semiconductors, the todays status of optoelectronic LED and laser devices. Silicon based quantum dots will be presented and used as the example to understand quantum confined properties and nanodoping. We will also look into 2D nanomaterials (Nanotubes, Nanowires) and their properties. Photonics crystals will be presented as example of sub-micrometer structure with interesting properties for guiding the light. Methods for nano-lithographic structuring will be discussed in relation of mass fabrication. Nano-device properties will be pesented on selected examples from research and literature.
Zu erbringende Prüfungsleistung
oral examination of 30 min / mündliche Prüfung (30 min)
Zu erbringende Studienleistung
none
Literatur
Will be given in the respective lectures.
Teilnahmevoraussetzung
none

Empfohlene Voraussetzung
Understanding of basics in material science (Werkstofftechnologie), and the basics in semiconductor physics (like band gap, crystal structure, devices) as well as clean room techniques are of advantage.
Lehrmethoden
Language of instruction: in the winter semester in English, in the summer semester in German. The lecture presents basic understanding of the principles for nanomaterial and nano-device preparations based on clean room technologies (physical methods) and high resolution characterisation and is of lecture type. pdf- files of the lectures are provided.
Bemerkung / Empfehlung
Language of instruction: WS English, SS German

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Nano - Praktikum / Nano - Laboratory	11LE50MO-5105 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Margit Zacharias	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Nanotechnologie	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 Stunden
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
Successful completion of the module Nanomaterials or Nanotechnology (both from the Nanotechnology group Prof. Zacharias) including the respective examination
limited number of attendance (6 students), selected after application

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Nano - Praktikum / Nano - Laboratory	Praktikum	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 Stunden

Qualifikationsziel
Learning and hands-on experiments using the equipment available in the Nanotechnology group for growth, structural, optical and electronic investigations. Examples will be:
<ul style="list-style-type: none"> • the deposition (PECVD) of size controlled Si nanocrystals, investigation of optical properties by photoluminescence, evaluation of quantum confinement by optical properties, • deposition of ultra thin films (ZnO) by atomic layer deposition, analyzing the properties by four point probe methods, photoluminescence and SEM • growth of metal oxide nanowires and detailed investigation by photoluminescence and SEM
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students enrolled in the M.Sc. programme Microsystems Engineering or Mikrosystemtechnik (2021 version of the exam regulations) can complete this module in the concentration area Materials and Fabrication (=Materialien und Herstellungsprozesse).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Nano - Praktikum / Nano - Laboratory	11LE50MO-5105 PO 2021
Veranstaltung	
Nano - Praktikum / Nano - Laboratory	
Veranstaltungsart	Nummer
Praktikum	11LE50P-5105
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Nanotechnologie	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	5
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprachen	deutsch, englisch
Präsenzstudium	26
Selbststudium	64
Workload	90 Stunden

Inhalt
<ul style="list-style-type: none"> ■ Deposition (PECVD) of size controlled Si nanocrystals, investigation of optical properties by photoluminescence, evaluation of quantum confinement by optical properties ■ deposition of ultra thin films (ZnO) by atomic layer deposition, analyzing the properties by four point probe methods, photoluminescence and SEM ■ growth of metal oxide nanowires and detailed investigation by photoluminescence and SEM
Zu erbringende Prüfungsleistung
mündliche Präsentation
Zu erbringende Studienleistung
keine
Teilnahmevoraussetzung
Kenntnisse der Inhalte der Module Nanomaterialien / Nanomaterials (inklusive Prüfungsleistung) oder Nanotechnologie / Nanotechnology (inklusive Prüfungsleistung)
Empfohlene Voraussetzung
Mikrosystemtechnik Halbleiterphysik

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Oberflächenanalyse / Surface Analysis	11LE50MO-5606-1 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Jürgen Rühle	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Chemie und Physik von Grenzflächen	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 Stunden
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
keine

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Oberflächenanalyse / Surface Analysis - Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 Stunden

Qualifikationsziel
XPS, TEM, FTIR, UPS, SEM, AFM, SPR, GIR, ATR, STM?? Got it? The performance of microsystems is often dominated by the nature of the surfaces involved. This course honours the great importance of surfaces and interfaces in microsystems engineering by introducing the most common techniques for surface analysis. Examples will be presented which are typical to various fields of microsystems engineering.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students enrolled in the M.Sc. programme Microsystems Engineering or Mikrosystemtechnik (2021 version of the exam regulations) can complete this module in the concentration area Materials and Fabrication (=Materialien und Herstellungsprozesse).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Oberflächenanalyse / Surface Analysis	11LE50MO-5606-1 PO 2021
Veranstaltung	
Oberflächenanalyse / Surface Analysis - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5606-1
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Chemie und Physik von Grenzflächen	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	26
Selbststudium	64
Workload	90 Stunden

Inhalt
The techniques presented are grouped into three general topics which are imaging of surfaces (electron microscopy, scanning probe techniques), chemical analysis (XPS, SIMS, FTIR) of the composition of surfaces and methods for the determination of thicknesses (Ellipsometry, XRR, Surface Plasmon Spectroscopy) of layers. General topics from the surface sciences such as adhesion, wetting, and adsorption processes are also presented together with the techniques.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Schriftliche Abschlussprüfung mit einer Dauer von 90 Minuten
Zu erbringende Studienleistung
keine
Literatur
Various materials are available on the website.
Teilnahmevoraussetzung
none

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Oberflächenanalyse – Praktikum / Surface Analysis Laboratory	11LE50MO-5311 PO 2021
Verantwortliche/r	
Dr. Oswald Prucker Prof. Dr. Jürgen Rühle	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik, Chemie und Physik von Grenzflächen	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 Stunden
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
none

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Oberflächenanalyse – Praktikum / Surface Analysis Laboratory	Praktikum	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 hours

Qualifikationsziel
Bei Mikrosystemen, speziell bei solchen für die Mikrofluidik, können aufgrund des geringen Volumens Oberflächeneffekte nicht mehr vernachlässigt werden. In vielen Fällen dominieren die Eigenschaften der Oberfläche gar das Verhalten des Gesamtsystems. Ähnliches lässt sich für Bauteile sagen, die z.B. als Sensor mit biologischen Flüssigkeiten in Kontakt gebracht werden. Deshalb kommt der Oberflächenanalytik bei vielen in der Mikrosystemtechnik relevanten Fragestellungen eine zentrale Bedeutung zu. Im Praktikum sollen ausgewählte oberflächenanalytische Techniken vorgestellt und deren jeweilige Stärken und Limitierungen anhand von Beispielen aufgezeigt werden. Als Beispiele werden Fragestellungen gewählt, wie sie in den "Life Sciences" häufig auftreten.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students enrolled in the M.Sc. programme Microsystems Engineering or Mikrosystemtechnik (2021 version of the exam regulations) can complete this module in the concentration area Materials and Fabrication (=Materialien und Herstellungsprozesse).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Oberflächenanalyse – Praktikum / Surface Analysis Laboratory	11LE50MO-5311 PO 2021
Veranstaltung	
Oberflächenanalyse – Praktikum / Surface Analysis Laboratory	
Veranstaltungsart	Nummer
Praktikum	11LE50P-5311
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik, Chemie und Physik von Grenzflächen	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	26
Selbststudium	64
Workload	90 hours

Inhalt
<p>Topic 1: Determination of the layer thickness and roughness of biocompatible coatings Experiment 1: Using ellipsometry and x-ray reflectometry to determine the thickness of hydrogel coatings</p> <p>Topic 2: Wetting of surfaces – Surface free energies Experiment 2: Measurement of the contact angles of test liquids in various surfaces; Determination of the surface free energy using the Zisman method Experiment 3: Generation and characterization of microarrays on various surfaces</p> <p>Topic 3: Proteins / peptides on surfaces Experiment 4: Measurement of the adsorption of blood proteins on surfaces using Surface Plasmon Resonance Experiment 5: Characterization of the structure of protein layers using Fourier Transform Infrared Spectroscopy</p> <p>Topic 4: DNA at surfaces Experiment 6: Visualisation of DNA on mica using the Atomic Force Microscope</p>
Zu erbringende Prüfungsleistung
Grading will be based on the protocols submitted for each experiment.
Zu erbringende Studienleistung
none
Literatur
see script

Teilnahmevoraussetzung
none
Bemerkung / Empfehlung
Findet am Lehrstuhl statt

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Optimierung	11LE13MO-720 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Rolf Backofen Prof. Dr. Thomas Brox	
Veranstalter	
Institut für Informatik, Algorithmen u. Datenstrukturen Institut für Informatik, Algorithmen und Komplexität Institut für Informatik, Rechnerarchitektur Institut für Informatik, Programmiersprache Institut für Informatik, Softwaretechnik Institut für Informatik, Informatik, Grundlagen der künstlichen Intelligenz Institut für Informatik, Autonome intelligente Systeme Institut für Informatik, Graphische Datenverarbeitung Institut für Informatik, Mustererkennung u. Bildverarbeitung Institut für Informatik, Rechnernetze u. Telematik Institut für Informatik, Datenbanken u. Informationssysteme Institut für Informatik, Betriebssysteme Institut für Informatik, Bioinformatik Institut für Informatik, Professur für Kommunikationssysteme Institut für Informatik, Professur für Eingebettete Systeme Institut für Informatik, Professur für Maschinelles Lernen	
Fachbereich / Fakultät	
Mathematisches Institut-VB Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Empfohlenes Fachsemester	4
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 Stunden
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
keine
Empfohlene Voraussetzung
Kenntnisse aus den Modulen <ul style="list-style-type: none"> ■ Einführung in die Programmierung ■ Informatik II – Algorithmen und Datenstrukturen

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Optimierung	Vorlesung	Pflicht	3,0	2.00	90 Stunden
Optimierung	Übung	Pflicht		1.00	

Qualifikationsziel
Die Studierenden lernen, welche Optimierungsprobleme es gibt und wie sie gelöst werden können. Sie sollen die Schwierigkeit von Optimierungsproblemen analysieren und einschätzen lernen und in die Lage versetzt werden, die besprochenen Optimierungsverfahren in Anwendungsfällen einzusetzen.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students enrolled in the M.Sc. programme Microsystems Engineering or Mikrosystemtechnik (2021 version of the exam regulations) can complete this module in the concentration area Materials and Fabrication (=Materialien und Herstellungsprozesse).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Optimierung	11LE13MO-720 PO 2021
Veranstaltung	
Optimierung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE13V-720
Veranstalter	
Institut für Informatik, Algorithmen u. Datenstrukturen Institut für Informatik, Algorithmen und Komplexität Institut für Informatik, Mustererkennung u. Bildverarbeitung Institut für Informatik, Bioinformatik	
Fachbereich / Fakultät	
Mathematisches Institut-VB Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	4
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
Lehrsprache	deutsch
Präsenzstudium	30
Selbststudium	60
Workload	90 Stunden

Inhalt
Die Vorlesung gibt eine Einführung in die allgemeine Problematik und erklärt, wie sich viele Aufgaben der Informatik als Optimierungsprobleme formulieren lassen. Anschließend werden Konvexität, lineare und quadratische Programme, Gradientenverfahren, Max-Flow/Min-Cut, sowie einige approximative Verfahren behandelt. Durch theoretische und praktische Übungen wird der Stoff anschaulich vertieft.
Zu erbringende Prüfungsleistung
schriftliche Abschlussprüfung mit einer Dauer von 90 Minuten
Zu erbringende Studienleistung
siehe Übung
Literatur
Nocedal-Wright: Numerical Optimization (Englisch)
Teilnahmevoraussetzung
keine
Empfohlene Voraussetzung
Kenntnisse aus den Modulen Einführung in die Programmierung, Informatik II-Algorithmen und Datenstrukturen

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Optimierung	11LE13MO-720 PO 2021
Veranstaltung	
Optimierung	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE13Ü-720
Veranstalter	
Institut für Informatik, Algorithmen u. Datenstrukturen Institut für Informatik, Algorithmen und Komplexität Institut für Informatik, Mustererkennung u. Bildverarbeitung Institut für Informatik, Bioinformatik	
Fachbereich / Fakultät	
Mathematisches Institut-VB Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	1.0
Empfohlenes Fachsemester	4
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
Lehrsprache	deutsch

Inhalt
<p>In den Übungen werden einzelne Verfahren eigenständig in der Sprache Python implementiert, andere Verfahren werden anhand vorhandener Bibliotheken (z.B. SciPy) ausprobiert um praktische Erfahrungen in der Anwendung dieser Verfahren zu sammeln. Für einige der Übungen sind theoretische Vorleistungen zu erbringen, um das Verfahren umsetzen zu können. Das Überprüfen fremder Lösungen ist ebenfalls Teil der Übungen.</p>
Zu erbringende Prüfungsleistung
siehe Vorlesung
Zu erbringende Studienleistung
Die erfolgreiche Bearbeitung der Übungsaufgaben ist mit dem Erreichen von 50% der insgesamt zu erreichenden Punkte nachgewiesen.
Teilnahmevoraussetzung
keine

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Optimierung von Fertigungsverfahren / Advanced engineering	11LE50MO-5607 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Claas Müller	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Prozesstechnologie	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 Stunden
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
none
Empfohlene Voraussetzung
<ul style="list-style-type: none"> ■ Statistical Basics ■ Fundamentals of Manufacturing Technology ■ Processes of microsystem technology (clean room fabrication and conventional environment)

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Optimierung von Fertigungsverfahren / Advanced engineering - Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 Stunden

Qualifikationsziel
<p>Statistische Grundlagen zur Regelung komplexer technischer Prozesse Optimierung von Fertigungsverfahren nach unterschiedlichen Zielgrößen Erweiterung statistischer Methoden auf Führungs-und Organisationsstrukturen</p>
Verwendbarkeit der Veranstaltung
<p>Students enrolled in the M.Sc. programme Microsystems Engineering or Mikrosystemtechnik (2021 version of the exam regulations) can complete this module in the concentration area Materials and Fabrication (=Materialien und Herstellungsprozesse).</p>

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Optimierung von Fertigungsverfahren / Advanced engineering	11LE50MO-5607 PO 2021
Veranstaltung	
Optimierung von Fertigungsverfahren / Advanced engineering - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5607
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Prozesstechnologie	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	4
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	deutsch
Präsenzstudium	26
Selbststudium	64
Workload	90 Stunden

Inhalt
<ul style="list-style-type: none"> ■ Statistische Versuchsplanung ■ Toleranzen und Toleranzketten ■ FMEA ■ Prozess und Maschinenfähigkeit ■ Six Sigma ■ Kaizen_PDCA ■ One Piece Flow
Zu erbringende Prüfungsleistung
Schriftliche oder mündliche Prüfungsleistung
Zu erbringende Studienleistung
keine
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> ■ George E. P. Box, Statistics for Experimenters: An Introduction to Design, Data Analysis, and Model Building (Wiley Series in Probability and Statistics) ■ Manufacturing Processes & Materials Hardcover – July, 2000 by George F. Schrader ■ Effective FMEAs: Achieving Safe, Reliable, and Economical Products and Processes using Failure Mode and Effects Analysis Hardcover – May 15, 2012 by Carl Carlson ■ The Practical Application of the Process Capability Study: Evolving From Product Control to Process Control [Kindle Edition] Douglas B. Relyea ■ The Process Improvement Handbook: A Blueprint for Managing Change and Increasing Organizational Performance Hardcover – October 15, 2013 by Tristan Boutros
Teilnahmevoraussetzung
keine
Empfohlene Voraussetzung
Statistical Basics Fundamentals of Manufacturing Technology Processes of microsystem technology (clean room fabrication and conventional environment)

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Polymer Processing and Microsystems Engineering	11LE50MO-5124 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr.-Ing. Bastian Rapp	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Chemie und Physik von Grenzflächen Institut für Mikrosystemtechnik, Werkstoffprozesstechnik Institut für Mikrosystemtechnik, Prozesstechnologie	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 Stunden
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
none

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Polymer Processing and Microsystems Engineering - Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 hours

Qualifikationsziel
Lernziele / Lernergebnisse
This lecture provides an introduction to selected aspects of advanced polymer processing technologies with a special focus on methods for the generation of microsized objects. The students will learn how the described techniques and principles can be used to for the generation of polymeric devices. They will gain a basic understanding on similarities and differences that arise when macroscopic methods are applied for the manufacture of small scale items and devices. The theoretical considerations and simulation techniques to accompany these techniques will enable the students to understand and forecast the possibilities and limitations of polymer processing in microsystems engineering.
Zusammensetzung der Modulnote
<ul style="list-style-type: none"> Master of Science in Sustainable Systems Engineering, Academic regulations of 2016: The grade of the module is single-weighted according to the number of its ECTS-points in the calculation of the overall grade.

Verwendbarkeit der Veranstaltung

Students enrolled in the M.Sc. programme Microsystems Engineering or Mikrosystemtechnik (2021 version of the exam regulations) can complete this module in the concentration area Materials and Fabrication (=Materialien und Herstellungsprozesse).

Wahlpflichtmodul für Studierende des Studiengangs

- Master of Science in Sustainable Systems Engineering
 - Nachhaltige Materialien / Sustainable Materials

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Polymer Processing and Microsystems Engineering	11LE50MO-5124 PO 2021
Veranstaltung	
Polymer Processing and Microsystems Engineering - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5124
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Chemie und Physik von Grenzflächen Institut für Mikrosystemtechnik, Werkstoffprozessertechnik Institut für Mikrosystemtechnik, Prozesstechnologie	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	26
Selbststudium	64
Workload	90 hours

Inhalt
Polymers are ubiquitous in the 21st century. As a material class, polymers have seen an astonishing gain in academic and industrial significance since their first introduction into the market more than 140 years ago. One of the most striking advantages of polymers is their ease of processing in which they outperform almost any other material known to humankind. This lecture introduces the fundamentals of polymer processing focusing on techniques such as injection molding, hot embossing, thermoforming and nanoimprinting. These techniques represent the most important reforming processes. We will also explore additive manufacturing and 3D Printing including stereo lithography, powder-based as well as inkjet printing and fused deposition modeling. The didactical concept underlying the lecture is built on a combination of material science and instrumentation development and thus represents a holistic view onto the broad field of technical polymer processing.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Oral exam with aduration of 30 minutes
Zu erbringende Studienleistung
none
Literatur
Various materials will be provided through the ILIAS online learning tool.
Teilnahmevoraussetzung
none

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Quantenmechanik für Ingenieur*innen / Quantum Mechanics for Engineers	11LE50MO-5273 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Oliver Paul	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Materialien der Mikrosystemtechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Präsenzstudium	56 Stunden
Selbststudium	124 Stunden
Workload	180 Stunden
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
none
Empfohlene Voraussetzung
Physik I + II / physics I + II Mathematik I + II / mathematics I + II Festkörperphysik / solid state physics Halbleiter / semiconductors Elektronik / electronics Differentialgleichungen / differential equations

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Quantenmechanik für Ingenieur*innen / Quantum Mechanics for Engineers	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	2.00	180 hours
Quantenmechanik für Ingenieur*innen / Quantum Mechanics for Engineers	Übung	Wahlpflicht		2.00	

Qualifikationsziel
The goal is to introduce the students to the main effects of quantum mechanics relevant in technical micro and nano devices. Current semiconductor components in which quantum mechanics plays a role are discussed. The course successively develops the basic mathematical methods required to solve problems in one, two, and three dimensions. The understanding is deepened by exercises.

Verwendbarkeit der Veranstaltung

Students enrolled in the M.Sc. programme Microsystems Engineering or Mikrosystemtechnik (2021 version of the exam regulations) can complete this module in the concentration area Materials and Fabrication (=Materialien und Herstellungsprozesse).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Quantenmechanik für Ingenieur*innen / Quantum Mechanics for Engineers	11LE50MO-5273 PO 2021
Veranstaltung	
Quantenmechanik für Ingenieur*innen / Quantum Mechanics for Engineers	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5273_PO 20091
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Institut für Mikrosystemtechnik, Materialien der Mikrosystemtechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	56 Stunden
Selbststudium	124 Stunden
Workload	180 hours

Inhalt
<ol style="list-style-type: none"> 1. Introduction: historical overview, probability amplitudes, uncertainty relation 2. Wave mechanics: Schrödinger equation, separation of variables, free particle, reflection at wall, potential step, transfer matrix method, wave packets 3. Tunneling: principle, semiconductor tunneling devices, potential barriers, WKB approximation, triangular potential well 4. Bound states, resonances, and band structure: potential well, tunneling between wells, infinite series of potential wells, 1D harmonic oscillator nanoparticles, impurity levels in semiconductors 5. Operators and state spaces, commensurate operators and quantum numbers, perturbation theory, energy matrix diagonalization 6. 3D problems, angular momentum, hydrogen atom and 3D harmonic oscillator
Zu erbringende Prüfungsleistung
Oral examination if there are 20 or fewer than 20 registered participants; written examination if there are more than 20 registered participants (minimum 60 and maximum 240 minutes). Details will be announced by the examiner in due time.
Zu erbringende Studienleistung
See exercise
Literatur
A script will be handed out during the course. Material for further reading will be indicated therein.

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
Undergraduate knowledge in the field of physics, mathematics, solid state physics, semiconductors, electronics and differential equations.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Quantenmechanik für Ingenieur*innen / Quantum Mechanics for Engineers	11LE50MO-5273 PO 2021
Veranstaltung	
Quantenmechanik für Ingenieur*innen / Quantum Mechanics for Engineers	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5273_PO 20091
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Materialien der Mikrosystemtechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalt
The exercises will deepen the topics treated during the lecture. They will allow the students to rethink and rework the more theoretical aspects and apply them to realistic examples inspired from real devices or use them to expand the theoretical framework of the lecture. Solution approaches to the homework problems will be presented weekly by the participants and discussed and elaborated upon with the group of colleagues under the guidance of the professor. This discursive, participative approach allows to learn more than by being presented with up-front oral or written solutions.
Zu erbringende Prüfungsleistung
See lecture
Zu erbringende Studienleistung
The course work ("Studienleistung") consists of (1) the documented, successful attempt to solve more than 60% of the homework problems (as checked weekly); "60% of the homework problems" means the fraction of the overall number of homework problems proposed during the course, not of each homework problem separately; "successful" means that the solution could be presented by the student in front of the class; (2) the presentation of a representative number of solutions of homework problems in front of the class.
Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
Undergraduate knowledge in the field of physics, mathematics, solid state physics, semiconductors, electronics and differential equations.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Reinraumlaborkurs für Ingenieure / Clean Room Laboratory for Engineers	11LE50MO-5804 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Claas Müller Prof. Dr.-Ing. Bastian Rapp	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Prozesstechnologie	
Fachbereich / Fakultät	
Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	3.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Präsenzstudium	39 Stunden
Selbststudium	51 Stunden
Workload	90 Stunden
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
none

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Reinraumlaborkurs für Ingenieure / Clean Room Laboratory for Engineers	Praktikum	Wahlpflicht	3,0	3.00	

Qualifikationsziel
The Goal of the Cleanroom Lab Course is to learn Cleanroom behaviour and processing and the creation of a high quality lab report.
Lernziele / Lernergebnisse
Zu erbringende Prüfungsleistung
6 modules with short tests and colloquium and a lab report
Benotung
The grade of the lab course is derived from the average of 6 short tests with evaluation of the practical skill of the student by the supervisor (50%) and a lab report (50%)

Zusammensetzung der Modulnote

- Master of Science im Fach Embedded Systems Engineering Prüfungsordnungsversion 2012: Die Modulnote wird nach ECTS-Punkten einfach gewichtet in die Gesamtnote eingerechnet.

Verwendbarkeit der Veranstaltung

Wahlmodul für Studierende des Studiengangs

- Master of Science im Fach Embedded Systems Engineering: Personal Profile
- Students enrolled in the M.Sc. programme Microsystems Engineering (2021 version of the exam regulations) can complete this module in the concentration area Materials and Fabrication

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Reinraumlaborkurs für Ingenieure / Clean Room Laboratory for Engineers	11LE50MO-5804 PO 2021
Veranstaltung	
Reinraumlaborkurs für Ingenieure / Clean Room Laboratory for Engineers	
Veranstaltungsart	Nummer
Praktikum	11LE50P-5804
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik, Prozesstechnologie	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	3.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	39 Stunden

Inhalt
Cleanroom behavior and processing: 1. Wafer handling 2. Lithography sequence 3. Cleaning 4. Metal deposition (physical vapour deposition) 5. Profilometry 6. Lift-Off 7. Wafer backside processing 8. Electroplating 9. Characterization 10. Acquisition of relevant processing data and recording
Zu erbringende Prüfungsleistung
6 modules with short tests and colloquium and a lab report
Zu erbringende Studienleistung
Literatur
A script is provided and kept up-to-date. <ul style="list-style-type: none"> ■ C. Müller, MST Technologies and Processes, lecture ■ W. Menz, J. Mohr, O. Paul, Microsystems Technology, Wiley VCH ■ M. Madou, Fundamentals of Microfabrication, CRC Press ■ S. M. SZE, Physics of Semiconductor Devices, Wiley VCH ■ J. W. Dini, Electrodeposition, Noyes Publications

Teilnahmevoraussetzung
none

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Resilienzquantifizierung / Quantification of Resilience	11LE68MO-4110 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Stefan Hiermaier	
Veranstalter	
Institut für Nachhaltige Technische Systeme-VB	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 h
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
Basic knowledge in any single or more of the following domains would be helpful, without being mandatory: <ul style="list-style-type: none"> ■ system theory, modeling, analysis and simulation ■ finite state machine modelling, discrete system models ■ graphical/ semi-formal system modelling languages ■ failure, damage and physics of failure modelling ■ statistics, probability theory, stochastic processes ■ engineering models for adverse, damaging, disruptive or extreme loads or events ■ network and graph modeling, graph theory ■ physical-engineering modelling of critical infrastructure structures, components and systems, e.g. of electricity, water, wastewater, and green gas grids ■ coupled physical models ■ modeling and simulation of cyber-physical socio-technical systems, world models

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Resilienzquantifizierung	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 h

Qualifikationsziel
Main goals include: <ol style="list-style-type: none"> 1. Know objectives, options and opportunities of resilience quantification for (socio) technical systems 2. Gain overview on currently used methods for informed selection and combination 3. Know methods and their main (traditional) application areas

4. Be capable to apply and tailor methods for resilience quantification

Verwendbarkeit der Veranstaltung

Elective Module for students of the study program

- Master of Science in Sustainable Systems Engineering (2021 version of the exam regulations):
 - Resilience Engineering
- Students enrolled in the M.Sc. programme Microsystems Engineering or Mikrosystemtechnik (2021 version of the exam regulations) can complete this module in the concentration area Materials and Fabrication (=Materialien und Herstellungsprozesse).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Resilienzquantifizierung / Quantification of Resilience	11LE68MO-4110 PO 2021
Veranstaltung	
Resilienzquantifizierung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE68V-4110
Veranstalter	
Institut für Nachhaltige Technische Systeme-VB	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	30 h
Selbststudium	60 h
Workload	90 h

Inhalt
<p>Main contents comprise:</p> <ol style="list-style-type: none"> Context, basic definitions, objectives and options of resilience quantification: resilience management process, resilience quantification and development process Overview of methods for resilience quantification of socio technical cyber physical systems: resilience dimensions, resilience method taxonomy Qualitative and semi-quantitative resilience assessments: ontologies, schemes and evaluation Graphical and semi-formal approaches: heuristics vs. models Resilience dimensional order expansions and resulting quantification bounds Application of classical system analysis approaches, e.g. deterministic flux-based approaches, Markov models, stochastic processes Graph-based and topological approaches: system definition, identification of disruption vector, response and recovery determination and response strategy optimization Resilience quantification based on event propagation through resilience analysis layers using resilience transition matrix elements and related statistical-empirical, probabilistic, engineering and physical-simulative methods: inductive and deductive propagation Input-output models, operability models: discrete and continuous Coupled agent-supported engineering grid-model approaches for overall system modelling, simulation and resilience determination, in particular also for modeling of operators, citizens as well as organizational, policy and framing influences Combinations of resilience quantification approaches and optimization problems in resilience engineering For all resilience quantification approaches: model assumptions, application domains and examples, typical input and output data Standards, emerging standards and ongoing standardization efforts

Zu erbringende Prüfungsleistung
Written exam (90 minutes)
Zu erbringende Studienleistung
Presentation and critical review of a selected publication or of a chapter of the lecture manuscript (approx. 20 min incl. questions and answers).
Literatur
<p>Literaturbeispiele / Sample literature:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Vulnerable systems, Wolfgang Kröger and Enrico Zio, Springer, 2011 ■ Catalogue of risks: natural, technical, social and health risks, Dirk Proske, Springer, 2008 ■ Resilience engineering: models and analysis, Nii O. Attoh-Okine, Cambridge University Press, 2016 ■ Urban resilience for emergency response and recovery: fundamental concepts and applications, Gian Paolo Cimellaro, Springer, 2016 ■ Risk assessment and decision analysis with Bayesian networks, Norman Fenton and Martin Neil, CRC Press, 2013 ■ Risk analysis and management: engineering resilience, Ivo Häring, Springer 2015 ■ Principles of cyber-physical systems, Rajeev Alur, MIT Press, 2015 ■ Cyber-physical systems: from theory to practice, Danda B. Rawat, Joel J.P.C. Rodrigues, and Ivan Stojmenovic (eds.), CRC Press, 2016 ■ Cyber-physical systems: integrated computing and engineering design, Fei Hu, CRC Press, 2013 ■ Agent-based modelling of socio-technical systems, Koen H. van Dam, Igor Nikolic and Zoifia Lukszo (eds.), 2012, Springer ■ Introduction to agent-based modeling, Uri Wilenski, Springer, 2015 <p>Zusätzliche Information / Additional information:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ http://www.leistungszentrum-nachhaltigkeit.de/themen/resilience-engineering/ ■ http://www.academy.fraunhofer.de/de/weiterbildung/energie-nachhaltigkeit/resilience-engineering.html ■ http://www.lrfoundation.org.uk/publications/resilience-engineering.aspx ■ http://www.lr.org/en/news-and-insight/news/lrf-res-eng.aspx ■ http://frs.ethz.ch/ ■ https://www.irgc.org/irgc-resource-guide-on-resilience/ ■ http://link.springer.com/article/10.1007/s41125-015-0001-x ■ http://www.din.de/de/; http://www.iso.org/iso/home.html; http://www.iec.ch/; https://ansi.org/ --> Suche nach / searched for "resilience"
Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
<ul style="list-style-type: none"> ■ Basic Knowledge in any of the following domains would be of avail without being mandatory: system modeling and simulation, failure modelling, statistics, probability theory, stochastic processes, engineering models for the determination of system behavior in case of adverse, damage or disruptive loads or events, supply network modeling, critical infrastructure models, graph and network models, discrete models, coupled physical models, modeling and simulation of cyber-physical and socio-technical systems.
Lehrmethoden
Lecture with embedded exercise

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Solare Energie / Solar Energy	11LE68MO-8060 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Stefan Glunz	
Veranstalter	
Institut für Nachhaltige Technische Systeme-VB Institut für Nachhaltige Technische Systeme, Professur für Photovoltaische Energiekonversion	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	180 h
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
Basic understanding of physics

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Solare Energie / Solar Energy - Vorlesung	Vorlesung	Pflicht	6,0	4.00	180 h

Qualifikationsziel
Students will be able to understand the fundamentals and different technology variants of solar energy conversion such as photovoltaics and solar thermal. They will know the relevant physical background, technical characteristics, materials and designs used. The lecture will cover the component, product and system level. Furthermore, students will understand trends of further development as well as limitations and possibilities in application of solar energy.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
<ul style="list-style-type: none"> ■ Mandatory Elective Module for students enrolled in the Master of Science in Sustainable Systems Engineering (2021 version of the exam regulations): <ul style="list-style-type: none"> ■ Energy Systems Engineering ■ Students enrolled in the M.Sc. programme Microsystems Engineering or Mikrosystemtechnik (2021 version of the exam regulations) can complete this module in the concentration area Materials and Fabrication (=Materialien und Herstellungsprozesse)

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Solare Energie / Solar Energy	11LE68MO-8060 PO 2021
Veranstaltung	
Solare Energie / Solar Energy - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE68V-8060
Veranstalter	
Institut für Nachhaltige Technische Systeme, Professur für Photovoltaische Energiekonversion	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Geplante Gruppengröße	50
Präsenzstudium	60 h
Selbststudium	120 h
Workload	180 h

Inhalt
<ul style="list-style-type: none"> ■ Solar Energy - Theoretical and Technical Energy Potential (black body radiation, Carnot cycle, maximum efficiencies, ■ Solar Energy Technologies - Tapping the sun's energy (overview of conversion technologies, system boundaries, seasonal fluctuation, ...) ■ Photovoltaics - Physics of Solar Cells (introduction to semiconductors, Fermi levels, IV curves, conversion efficiency, quantum efficiency ...) ■ Photovoltaics - Technology Review (short introduction to the structure and technology of crystalline silicon solar cells) ■ Solar Thermal - Physics of Solar Collectors (basics of thermo dynamics, fluid dynamics, absorption, emission, power output and other performance criteria) ■ Solar Thermal - Technology Review (from low temperature applications up to power plants - examples) ■ Heat pumps - Thermodynamics, electrical and thermal driven heat pumps and chillers, main components (compressor, evaporator, condenser etc.), system configurations (layout, sources, storages, control strategies etc) ■ Heat pumps: field tests and best case examples - Heat pumps and smart grid interaction, Heat pumps and PV, Heat pumps + solar thermal, storage integration) <p>The lecture will be accompanied by a weekly exercise to deepen the understanding of the lecture's content and to discuss further details.</p>

Zu erbringende Prüfungsleistung
written examination (120 minutes)
Zu erbringende Studienleistung
80% of exercise sheets successfully passed.
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> ■ Duffie-Beckman: Solar Engineering of Thermal Processes, ■ V. Quaschnig: Understanding Renewable Energy, ■ Peuser FA, Remmers K, et.al.:Solar thermal systems ■ P. Würfel, Physik der Solarzelle, Spektrum - Akademischer Verlag 2000 ■ A. Goetzberger, B. Voß und J. Knobloch, Sonnenenergie: Photovoltaik, Teubner 1997 ■ M.A. Green, Solar Cells, University of New South Wales 1982 ■ K. Mertens, Photovoltaik, Hanser 2011 ■ J. Nelson, The physics of solar cells, Imperial College Press 2008
Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
Basic understanding of physics
Lehrmethoden
Lecture with accompanied, weekly exercise
Zielgruppe
<p>M.Sc. SSE students</p> <p>The lecture "Solar Energy" is open for:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ students of M.Sc. SSE ■ students of M.Sc. MST ■ students of M.Sc. MSE ■ students of the UCF

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Techniken zur Oberflächenmodifizierung / Surface coating Techniques	11LE50MO-5109 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Jürgen Rühle	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Chemie und Physik von Grenzflächen	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 Stunden
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung
none

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Techniken zur Oberflächenmodifizierung / Surface coating Techniques	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 Stunden

Qualifikationsziel
This module describes all aspects of surface modification as often used in microsystems engineering. It tackles questions on the chemistry of the various approaches and discusses the advantages and shortcomings of a number of methods. Among the techniques presented are high energy surface oxidation techniques (chemical modification, flame treatment, corona discharge or plasma) as well as more elaborate approaches such as self-assembled monolayers. Special emphasis is given to the use of polymers for coatings.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students enrolled in the M.Sc. programme Microsystems Engineering or Mikrosystemtechnik (2021 version of the exam regulations) can complete this module in the concentration area Materials and Fabrication (=Materialien und Herstellungsprozesse).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Techniken zur Oberflächenmodifizierung / Surface coating Techniques	11LE50MO-5109 PO 2021
Veranstaltung	
Techniken zur Oberflächenmodifizierung / Surface coating Techniques	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5109
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Chemie und Physik von Grenzflächen	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	30
Selbststudium	60
Workload	90 Stunden

Inhalt
Among the techniques presented are high energy surface oxidation techniques (chemical modification, flame treatment, corona discharge or plasma) as well as more elaborate approaches such as self-assembled monolayers. Special emphasis is given to the use of polymers for coatings and techniques will be described that yield surface attached polymer monolayers and multilayer assemblies. Examples from current research topics will be discussed.
Zu erbringende Prüfungsleistung
written examination (90 minutes)
Zu erbringende Studienleistung
keine
Teilnahmevoraussetzung
none

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Verbindungshalbleiter / Compound semiconductor devices	11LE50MO-5111_PO 20091
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Oliver Ambacher Björn Christian	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Verbindungshalbleiter, Mikrosysteme	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 Stunden
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung
keine

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Verbindungshalbleiter / Compound semiconductor devices	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 Stunden

Qualifikationsziel
Das Ziel der Vorlesung Verbindungshalbleiter ist es, ein bildhaftes Verständnis der physikalischen Zusammenhänge in Halbleitermaterialien zu fördern, das es den Studenten ermöglicht sich in unbekannte Materialien anhand deren Gitterstruktur und Elektronenkonfiguration schnell einzuarbeiten. Im Anschluss kennen die Prüflinge die Unterschiede von Verbindungshalbleitern und klassischen Halbleitermaterialien wie zum Beispiel Silizium und können diese miteinander vergleichen. Besondere Materialeigenschaften der Verbindungshalbleiter wie Pyroelektrizität und Piezoelektrizität wurden verstanden und deren Relevanz für Bauelemente ist nun bekannt. Zudem kennen Studenten nach Besuch der Vorlesung die Grundlagen verbindungshalbleiterbasierter Bauelemente wie High-Electron-Mobility-Transistoren (kurz HEMTs), Light Emitting Diodes (LEDs), Quantum Cascade Lasers (QCLs) und verschiedener Detektoren für Infrarot- und UV-Licht und können eingrenzen welche Verbindungshalbleiter für welche Anwendungen in Frage kommen und können dies auch begründen.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students enrolled in the M.Sc. programme Microsystems Engineering or Mikrosystemtechnik (2021 version of the exam regulations) can complete this module in the concentration area Materials and Fabrication(=Materialien und Herstellungsprozesse).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Verbindungshalbleiter / Compound semiconductor devices	11LE50MO-5111_PO 20091
Veranstaltung	
Verbindungshalbleiter / Compound semiconductor devices	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5111
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Verbindungshalbleiter, Mikrosysteme	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Präsenzstudium	30
Selbststudium	60
Workload	90 Stunden

Inhalt
Spannende und neue physikalische Eigenschaften ergeben sich aus den immer kleiner werdenden Abmessungen von mechanischen, elektrischen und optischen Bauelementen aus Verbindungshalbleitern (GaN, GaAs, InP). In einer Einführung in die Welt der Verbindungshalbleiter-Mikrosysteme wird die Physik sowie die Technologie zur Herstellung von kleinsten Leuchtdioden und Lasern, mikromechanischen Filtern und Resonatoren sowie kleinsten Sensoren zur Analyse biologischer Prozesse vorgestellt. Neuartige Bauelemente aus Verbindungshalbleitern werden in ihrer Funktionsweise erläutert und ihre Relevanz für unser tägliches Leben dargestellt.
Zu erbringende Prüfungsleistung
mündliche Abschlussprüfung mit 30 Minuten Dauer
Zu erbringende Studienleistung
keine
Literatur
Nanoelectronics and Information Technology Rainer Waser (Ed.) 2003 WILEY-VCH Verlag GmbH & Co ISBN 3-527-40363-9
Nanophysik und Nanotechnologie Horst-Günter Rubahn 2002 Teubner GmbH ISBN 3-519-00331-7

Teilnahmevoraussetzung
Grundkenntnisse in Halbleiter- und Festkörperphysik
Empfohlene Voraussetzung
Bachelor-Abschluss (Ingenieur- oder Naturwissenschaften)

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Von Mikrosystemen zur Nanowelt / From Microsystems to the Nanoworld	11LE50MO-5101 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Jürgen Rühle	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Werkstoffprozesstechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 Stunden
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
keine

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Von Mikrosystemen zur Nanowelt / From Microsystems to the Nanoworld - Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 Stunden

Qualifikationsziel
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students enrolled in the M.Sc. programme Microsystems Engineering or Mikrosystemtechnik (2021 version of the exam regulations) can complete this module in the concentration area Materials and Fabrication(=Materialien und Herstellungsprozesse).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Von Mikrosystemen zur Nanowelt / From Microsystems to the Nanoworld	11LE50MO-5101 PO 2021
Veranstaltung	
Von Mikrosystemen zur Nanowelt / From Microsystems to the Nanoworld - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5101
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Chemie und Physik von Grenzflächen	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	26
Selbststudium	64
Workload	90 Stunden

Inhalt
<p>1. INTRODUCTION What is nanotechnology? The long way of science to nanotechnology and nanoengineering: a survey. The current aspects of nanoengineering: beyond terabyte hard drives. Future aspects: Molecular motors and engines. Nano robots and nano machinery.</p> <p>2. FOUNDATIONS The physics governing properties of objects on the micro- and nano-scale. Principles of manufacturing nanometer scale devices: Nature's strategy: biomotors based on proteins - something the human body already does, top-down approach: miniaturization of macro-world principles to ever smaller scales, bottom-up strategy: from synthesizing simple compounds consisting of a few atoms to nanoengines. Examples of man-made nanostructures. Properties of novel materials, Strategies for visualization and object handling in the nano world.</p> <p>3. PROBLEMS From Micro to Nano: what's different. Physical and societal limits of nano engineering.</p>
Zu erbringende Prüfungsleistung
written examination (90 minutes)
Zu erbringende Studienleistung
none

Teilnahmevoraussetzung
none
Empfohlene Voraussetzung
none

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Werkstoffdynamik / Dynamics of Materials: Material Characterization	11LE68MO-5118 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Stefan Hiermaier	
Veranstalter	
Institut für Nachhaltige Technische Systeme, Professur für Nachhaltige Ingenieursysteme	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	180 h
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
None

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Werkstoffdynamik / Dynamics of Materials: Material Characterization - Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	2.00	180 h
Werkstoffdynamik / Dynamics of Materials: Material Characterization - Übung	Übung	Wahlpflicht		2.00	

Qualifikationsziel
Aim of the course is the knowledge of experimental and numerical basics on the mechanical behaviour of materials under dynamic loading conditions. It enables the students in deriving strain-rate dependent stress-strain relations and in implementing the resulting constitutive models into numerical codes. General aim is the basic ability for experimental characterization and numerical modelling of dynamic material behaviour.
Verwendbarkeit der Veranstaltung

- Mandatory Elective Module for student enrollen in the Master of Science in Sustainable Systems Engineering (2021 version of the exam regulations):
 - Resilience Engineering
- Students enrolled in the M.Sc. programme Microsystems Engineering or Mikrosystemtechnik (2021 version of the exam regulations) can complete this module in the concentration area Materials and Fabrication (=Materialien und Herstellungsprozesse).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Werkstoffdynamik / Dynamics of Materials: Material Characterization	11LE68MO-5118 PO 2021
Veranstaltung	
Werkstoffdynamik / Dynamics of Materials: Material Characterization - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE68V-5118
Veranstalter	
Institut für Nachhaltige Technische Systeme, Professur für Nachhaltige Ingenieursysteme	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	52 h
Selbststudium	128 h
Workload	180 h

Inhalt
<p>Materials Characterisation:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Static and dynamic testing of materials ■ Strain rate as a measure for dynamic material behaviour ■ Use of elastic waves for materials testing ■ Strain-rate dependent elasticity, plasticity, and failure ■ Mathematical modelling of material failure ■ Shock waves in solids ■ Equations of state and the total stress tensor ■ Nonlinear Equations of state <p>Numerical modelling of dynamic deformation</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Spatial and Time Discretization of dynamic deformation of solids ■ Finite differences for space and time ■ Basics of the Finite Element method ■ Implicit and explicit time integration ■ Basics of meshfree discretization methods
Zu erbringende Prüfungsleistung
written examination (90 minutes)

Zu erbringende Studienleistung
None
Literatur
■ S. Hiermaier, "Structures under Crash and Impact", Springer, 2008.
Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
None
Lehrmethoden
Lecture + exercise

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Werkstoffdynamik / Dynamics of Materials: Material characterization	11LE68MO-5118 PO 2021
Veranstaltung	
Werkstoffdynamik / Dynamics of Materials: Material characterization - Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE68Ü-5118
Veranstalter	
Institut für Nachhaltige Technische Systeme, Professur für Nachhaltige Ingenieursysteme	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalt
Exercises will utilize freely available Finite-Element codes (currently: Ansys Student) to study specific applications of the theoretical knowledge established in the lectures. We will work through a series of applied examples demonstrating different material behaviour, e.g. reversible elastic or permanent plastic deformation. Different solution methods for quasi-static and time-dependent phenomena will be explored. The need for simulation as a tool to interpret experimental data will be demonstrated in case of elastic wave propagation for the Split-Hopkinson Bar Method. Students are expected to present solutions to exercises in front of the class.
Zu erbringende Prüfungsleistung
see lecture
Zu erbringende Studienleistung
none
Teilnahmevoraussetzung
none
Zielgruppe
M.Sc. SSE Studierende

Name des Kontos	Nummer des Kontos
Biomedical Engineering	11LE50KO-WP-MSc-986-2021 WP2 BE
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
Benotung	A- Berechnung 1 NachK

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Analyse von Life Science Hochdurchsatzdaten mit Galaxy	11LE13MO-1340 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Rolf Backofen	
Veranstalter	
Institut für Informatik, Bioinformatik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	180 hours
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
none
Empfohlene Voraussetzung
It is recommended to take the Bioinformatics I lecture before attending this course.

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Analyse von Life Science Hochdurchsatzdaten mit Galaxy - Praktische Übung	Lehrveranstaltung	Wahlpflicht	6,0	2.00	180 hours

Qualifikationsziel
<ul style="list-style-type: none"> ■ Students have a basic understanding of the origin and content of high-throughput data from the biological and medical fields ■ They know methods for the analysis of such data, for comparison with other data and for visualization ■ They are able to analyze small data sets and apply their knowledge to them

Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students of the M.Sc. programmes Microsystems Engg. and Mikrosystemtechnik (PO 2021) can select this module in the concentration area Biomedical Engineering (Biomedizinische Technik). Please note: Students of M.Sc. Embedded Systems Engineering cannot chose this course in the concentration but only as part of the area Elective Courses in Computer Science.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Analyse von Life Science Hochdurchsatzdaten mit Galaxy	11LE13MO-1340 PO 2021
Veranstaltung	
Analyse von Life Science Hochdurchsatzdaten mit Galaxy - Praktische Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Lehrveranstaltung	11LE13PÜ-1340
Veranstalter	
Institut für Informatik, Bioinformatik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprachen	deutsch, englisch
Präsenzstudium	26 hours
Selbststudium	154 hours
Workload	180 hours

Inhalt
<p>In biological and medical research big data analysis is urgently needed for understanding the information which is encoded in the molecules of life. Many diseases, such as cancer, are caused by aberrations in those molecules. In this course you will learn to use Galaxy for big data analysis which is an open source, webbased platform for data intensive biomedical research. Galaxy provides access to a powerful analysis infrastructure and allows for reproducible and transparent data analysis. Creating pipelines and workflows in Galaxy ensure a transparent and reproducible analysis of data. The Galaxy course offers comprehensive knowledge about HTS data analyses. You will get an theoretical introduction into the analysis of DNA and RNA. After the workshop you will be able to create pipelines for your individual analyses and visualize the results.</p> <p>In the exercises, gained knowledge from the Galaxy training course will be used to solve tasks and apply tools to real world biological and medical data.</p> <p>http://galaxy.bi.uni-freiburg.de/ http://www.bioinf.uni-freiburg.de</p>
Zu erbringende Prüfungsleistung
written composition / report
Zu erbringende Studienleistung
None

Literatur
https://academic.oup.com/nar/article/44/W1/W3/2499339/The-Galaxy-platform-for-accessible-reproducible
Teilnahmevoraussetzung
none
Empfohlene Voraussetzung
It is recommended to take the Bioinformatics I lecture before attending this course.
Lehrmethoden
This course will be held in English if there is at least one international participant.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Ausgewählte Problemstellungen in Biosignalverarbeitung / Selected Problems in Biosignal Processing	11LE50MO-5303 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Ulrich Hofmann	
Veranstalter	
Medizinische Fakultät	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	3.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 hours
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
Prerequisite to be able to follow this module is a thorough understanding of classical signal processing. Strongly recommended is the knowledge of one „programming“ language like Python (preferably), Matlab (or Octave) or even IDL (not supported). It is strongly recommended to complete the module "Neuroprosthetics" prior to taking this course.

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Ausgewählte Problemstellungen in Biosignalverarbeitung / Selected Problems in Biosignal Processing - Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 hours
Ausgewählte Problemstellungen in Biosignalverarbeitung / Selected Problems in Biosignal Processing - Übung	Übung	Pflicht		1.00	

Qualifikationsziel
Participants will learn to interpret and analyze biological signals of high bandwidth. They will <ul style="list-style-type: none"> ■ gain a deep knowledge of feature extraction methods, ■ utilize selected classification methods and ■ decision making methods.

Verwendbarkeit der Veranstaltung

Students of the M.Sc. programmes Microsystems Engg. and Mikrosystemtechnik (PO 2021) can select this module in the concentration area Biomedical Engineering (Biomedizinische Technik).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Ausgewählte Problemstellungen in Biosignalverarbeitung / Selected Problems in Biosignal Processing	11LE50MO-5303 PO 2021
Veranstaltung	
Ausgewählte Problemstellungen in Biosignalverarbeitung / Selected Problems in Biosignal Processing - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5303
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	45 hours
Selbststudium	45 hours
Workload	90 hours

Inhalt
<p>Selected sources of biosignals:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ ECG ■ EMG ■ EOG ■ EEG ■ LFP ■ Multi- and Single Unit Neuronal Records <p>Selected feature extraction methods:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Nyquist Sampling and standard conditioning ■ (adaptive) Filtering ■ Fouriertransform and related methods: <ul style="list-style-type: none"> ■ Fourier Coefficients, ■ Short Term Fourier Transform ■ Gabor Functions ■ Discrete Cosinus Transform ■ Short Term Fourier Transform ■ Coarse Graining Signal Analysis ■ Bispectrum and Bi-Coherence ■ Empirical Mode Decomposition (Hilbert-Huang Transformation) ■ Undecimated Wavelet Transform and Polyphase Matrices

- The Teager Operator
- Compressed Sensing
- Kernel Methods and Spike Detections

Selected Classification and Decision Methods

- Principal Components
- Independent Component Analysis
- LDA, QDA, RFD
- Gaussian Mixture Models
- SVM, soft margin SVM
- Hidden Markov Modells
- Maximum Relevance Minimum Redundancy
- Ensemble Methods
- Bagging

Zu erbringende Prüfungsleistung

Written documentation and oral presentation about the software developed. The module grade is based on the written documentation (50%) and the oral presentation (50%).

Zu erbringende Studienleistung

None

Teilnahmevoraussetzung

None

Empfohlene Voraussetzung

Prerequisite to be able to follow this module is a thorough understanding of classical signal processing. Strongly recommended is the knowledge of one „programming“ language like Python (preferably), Matlab (or Octave) or even IDL (not supported). It is strongly recommended to complete the module "Neuroprosthetics" prior to taking this course.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Ausgewählte Problemstellungen in Biosignalverarbeitung / Selected Problems in Biosignal Processing	11LE50MO-5303 PO 2021
Veranstaltung	
Ausgewählte Problemstellungen in Biosignalverarbeitung / Selected Problems in Biosignal Processing - Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5303
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	1.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalt
Zu erbringende Prüfungsleistung
See lecture
Zu erbringende Studienleistung
None
Literatur
tba
Teilnahmevoraussetzung
none

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Biofunktionelle Materialien - für medizinische Mikrosystemtechnik und Gesundheitsvorsorge / Biofunctional Materials - for medical microsystems and healthcare	11LE50MO-5336 PO 2021
Verantwortliche/r	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Biomedizinische Mikrotechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 hours
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
None

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Biofunktionelle Materialien - für medizinische Mikrosystemtechnik und Gesundheitsvorsorge / Biofunctional Materials - for medical microsystems and healthcare - Seminar	Seminar	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 hours

Qualifikationsziel
Participants will gain deeper insight into the fundamental biofunctionalization techniques used for medical implants at present as well as insight into where the research frontier stands within a range of application fields. Participants will be able to examine the potential of new technologies in this field and critically discuss which challenges that have to be met before technologies are transferred from basic research into clinical application.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students of the M.Sc. programmes Microsystems Engg. and Mikrosystemtechnik (PO 2021) can select this module in the concentration area Biomedical Engineering (Biomedizinische Technik).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Biofunktionelle Materialien - für medizinische Mikrosystemtechnik und Gesundheitsvorsorge / Biofunctional Materials - for medical microsystems and healthcare	11LE50MO-5336 PO 2021
Veranstaltung	
Biofunktionelle Materialien - für medizinische Mikrosystemtechnik und Gesundheitsvorsorge / Biofunctional Materials - for medical microsystems and healthcare - Seminar	
Veranstaltungsart	Nummer
Seminar	11LE50S-5323
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Biomedizinische Mikrotechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	30 hours
Selbststudium	60 hours
Workload	90 hours

Inhalt
<p>The topics are presented in seminar form and oriented around examples of existing biomedical applications where tailored materials functionality is essential e.g. cardiovascular devices, dental implants, catheters, tissue engineering scaffolds and neural interfaces. Fundamental knowledge in terminology, as well as the basics of the biological interaction with implanted surfaces (foreign body response) will be given in the initial seminars.</p> <p>The seminars are a combination of traditional lectures (80%) and discussions (20%). The students are expected to take active part in the discussions which will be based on homework assignments to be prepared before the seminar. The preparations will be evaluated in a combination of oral and written assignments. For each example application the following questions will be in focus:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ The purpose(s) of functionalization for this application. ■ The most common methods used to accomplish such functionalization. ■ Where the field stands in terms of commercialization of such techniques in relation to where the actual research frontier stands. ■ Which process considerations that are the most important within the given field. ■ Which methods that should be used to evaluate the functionality. <p>Furthermore the course addresses suitable techniques for microfabrication and sterilization related to bio-functional surfaces and materials.</p>

Zu erbringende Prüfungsleistung
Written exam (90 minutes)
Zu erbringende Studienleistung
The course has mandatory presence in 5 seminar sessions (the lectures are voluntary). The students have to hand in homework before the seminar, and they have to attend these 5 seminar sessions to pass the Studienleistung.
Literatur
<p>Scientific papers and review papers to be distributed by the course leader. Selected parts from the following books:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Biofunctional Surface Engineering, Edited by Martin Scholz February 21, 2014 by Pan Stanford ISBN 9789814411608 - CAT# N10827 ■ Handbook of Biofunctional Surfaces, Edited by Wolfgang, Dipeng Knoll, 2013 Pan Stanford ISBN-10: 9814316636 / ISBN-13: 978-9814316637 ■ New Functional Biomaterials for Medicine and Healthcare, Edited by Ivanova , Bazaka, Crawford, 2013 Woodhead publishing, ISBN: 9781782422655
Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
None

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Biomedizinische Messtechnik I / Biomedical Instrumentation I	11LE50MO-5301 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr.-Ing. Thomas Stieglitz	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Biomedizinische Mikrotechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	3.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 hours
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
None

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Biomedizinische Messtechnik I / Biomedical Instrumentation I - Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 hours
Biomedizinische Messtechnik I / Biomedical Instrumentation I - Übung	Übung	Wahlpflicht		1.00	

Qualifikationsziel
<p>The objective of the module is to teach students the fundamental knowledge of biological and medical as well as physical and engineering processes to be able to acquire bioelectrical signals from the human body. Scientific and engineering knowledge from the whole signal chain between the biological source over the recording system is introduced including aspects of interferences and patient safety. Applications from cardiology (ECG) and neurology (EEG) as most prominent applications in clinical medicine are used as examples. The module teaches the students of microsystems engineering the fundamental anatomical, physiological and technical terms of biomedical terms with respect to bioelectrical signals. The students will get an overview of the application areas of the different methods and the technical background of the underlying measurement principles and measurement systems. The accompanying exercises consolidate the theoretical background and guide the students to independent handling of topics in the field of biomedical engineering.</p>

Verwendbarkeit der Veranstaltung

Students of the M.Sc. programmes Microsystems Engg. and Mikrosystemtechnik (PO 2021) can select this module in the concentration area Biomedical Engineering (Biomedizinische Technik).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Biomedizinische Messtechnik I / Biomedical Instrumentation I	11LE50MO-5301 PO 2021
Veranstaltung	
Biomedizinische Messtechnik I / Biomedical Instrumentation I - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5301
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Biomedizinische Mikrotechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	39 hours
Selbststudium	51 hours
Workload	90 hours

Inhalt
<p>The course introduces different aspects of the recording of bioelectrical signals starting with the nerve and including amplifier design. It presents the most important medical diagnosis methods in the field of bioelectrical signals. In detail, the following topics will be covered:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Origin of bioelectrical signals ■ Electrochemistry of electrodes ■ Acute and chronic applications of electrodes ■ Recording and amplification of bioelectrical signals ■ Interference and artefacts ■ Bioelectrical signals of peripheral nerves and the muscle ■ Electrical signals of the heart (ECG) ■ Cardiac pacemakers and implantable defibrillators ■ Technical safety of medical devices <p>Finally, the content of the course and the learning targets will be summarized together with the students to facilitate the preparation of the examination.</p>
Zu erbringende Prüfungsleistung
Oral examination (30 minutes)
Zu erbringende Studienleistung
See exercise

Literatur
Actual copies of the slides will be delivered accompanying to the lectures. Literature: German 1. Schmidt, Robert F., Lang, Florian, Thews, Gerhard (Hrsg.): Physiologie des Menschen, 29. Auflage. Heidelberg: Springer Medizin Verlag, 2005 English 1. Bronzino, Joseph D. (Hrsg.): The Biomedical Engineering Handbook, Volume 1 (and 2), Second Edition. Boca Raton: CRC Press 2000 / Heidelberg: Springer-Verlag, 2000 2. Enderle, John, Blanchard, Susan, Bronzino, Joseph (Hrsg.): Introduction to Biomedical Engineering, Second Edition. Burlington, San Diego, London, Elsevier, 2005
Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
None

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Biomedizinische Messtechnik I / Biomedical Instrumentation I	11LE50MO-5301 PO 2021
Veranstaltung	
Biomedizinische Messtechnik I / Biomedical Instrumentation I - Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5301
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Biomedizinische Mikrotechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	1.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalt
Zu erbringende Prüfungsleistung
See lecture
Zu erbringende Studienleistung
The exercises are considered passed if 50% of maximum points will be achieved in each of the three tests that are written in the exercises with prior notice.
Teilnahmevoraussetzung
none

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Biomedizinische Messtechnik II / Biomedical Instrumentation II	11LE50MO-5302 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr.-Ing. Thomas Stieglitz	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Biomedizinische Mikrotechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	3.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 hours
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
None

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Biomedizinische Messtechnik II / Biomedical Instrumentation II - Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 hours
Biomedizinische Messtechnik II / Biomedical Instrumentation II - Übung	Übung	Wahlpflicht		1.00	

Qualifikationsziel
<p>The objective of the module is to teach students the fundamental knowledge of biological and medical as well as physical and engineering processes to be able to acquire non-electrical measurement categories out of the human body and to impart knowledge about the technical and medical background of the most important imaging methods in medicine.</p> <p>The module teaches the students of microsystems engineering the fundamental anatomical, physiological and technical terms of biomedical terms with respect to cardiovascular diagnosis and imaging techniques. The students will get an overview of the application areas of the different methods and the technical background of the underlying measurement principles and measurement systems. The accompanying exercises consolidate the theoretical background and guide the students to independent handling of topics in the field of biomedical engineering</p>

Verwendbarkeit der Veranstaltung

Students of the M.Sc. programmes Microsystems Engg. and Mikrosystemtechnik (PO 2021) can select this module in the concentration area Biomedical Engineering (Biomedizinische Technik).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Biomedizinische Messtechnik II / Biomedical Instrumentation II	11LE50MO-5302 PO 2021
Veranstaltung	
Biomedizinische Messtechnik II / Biomedical Instrumentation II - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5302
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Biomedizinische Mikrotechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	45 hours
Selbststudium	45 hours
Workload	90 hours

Inhalt
<p>The course introduces methods to acquire non electrical cardiovascular parameters as well as the most important medical imaging techniques.</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Measurement of cardiovascular parameters: blood pressure, physiology, pressure, measurement according to Riva Rocci & oscillometric ■ Measurement of cardiovascular parameters: blood flow, electromagnetic measurement principle ■ Measurement of cardiovascular parameters: blood flow, ultrasound measurement principle ■ Imaging techniques: x-ray ■ Imaging techniques: systems theory of imaging systems, digital signal processing ■ Imaging techniques: computer tomography ■ Biological effect of ionizing radiation / dosimetry ■ Imaging techniques in nuclear medicinal diagnosis ■ Imaging techniques: ultrasound ■ Imaging techniques: thermography and impedance tomography ■ Imaging techniques: electrical sources, optical tomography, endoscopy ■ Imaging techniques: MR tomography ■ Imaging techniques: molecular imaging <p>Finally, the content of the course and the learning targets will be summarized together with the students to facilitate the preparation of the examination.</p>

Zu erbringende Prüfungsleistung
Oral examination (30 minutes)
Zu erbringende Studienleistung
See exercise
Literatur
Actual copies of the slides will be delivered accompanying to the lectures. Literature: German 1. Dössel, Olaf: Bildgebende Verfahren in der Medizin. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2000 2. Schmidt, Robert F., Lang, Florian, Thews, Gerhard (Hrsg.): Physiologie des Menschen, 29. Auflage. Heidelberg: Springer Medizin Verlag, 2005 English 1. Bronzino, Joseph D. (Hrsg.): The Biomedical Engineering Handbook, Volume 1 (and 2), Second Edition. Boca Raton: CRC Press 2000 / Heidelberg: Springer-Verlag, 2000 2. Enderle, John, Blanchard, Susan, Bronzino, Joseph (Hrsg.): Introduction to Biomedical Engineering, Second Edition. Burlington, San Diego, London, Elsevier, 2005
Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
None

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Biomedizinische Messtechnik II / Biomedical Instrumentation II	11LE50MO-5302 PO 2021
Veranstaltung	
Biomedizinische Messtechnik II / Biomedical Instrumentation II - Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5302
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Biomedizinische Mikrotechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	1.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalt
Zu erbringende Prüfungsleistung
See lecture
Zu erbringende Studienleistung
The exercises are considered passed if 50% of maximum points will be achieved in each of the four tests that are written in the exercises with prior notice.
Teilnahmevoraussetzung
none

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Biomedizinische Messtechnik - Praktikum / Biomedical Instrumentation - Laboratory	11LE50MO-5304 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr.-Ing. Thomas Stieglitz	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Biomedizinische Mikrotechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 hours
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung
Successful completion of "Biomedical Instrumentation I" is a prerequisite for attending this module.
Empfohlene Voraussetzung
Grundkenntnisse in Mathematik und Naturwissenschaften

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Biomedizinische Messtechnik - Praktikum / Biomedical Instrumentation - Laboratory	Praktikum	Wahlpflicht	3,0	4.00	90 hours

Qualifikationsziel
The aim of the module is to perform the recording of bioelectrical signals by oneself, applying the theoretical knowledge of recording signals and suppressing disturbances and artifacts and supplementing it with practical skills. The module teaches microsystems engineering students how to handle surface electrodes, develop simple electronic circuits and the basics of digital signal processing of bioelectric signals, as well as how to use software to create automatic signal recording routines.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students of the M.Sc. programmes Microsystems Engg. and Mikrosystemtechnik (PO 2021) can select this module in the concentration area Biomedical Engineering (Biomedizinische Technik).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Biomedizinische Messtechnik - Praktikum / Biomedical Instrumentation - Laboratory	11LE50MO-5304 PO 2021
Veranstaltung	
Biomedizinische Messtechnik - Praktikum / Biomedical Instrumentation - Laboratory	
Veranstaltungsart	Nummer
Praktikum	11LE50P-5304
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Biomedizinische Mikrotechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Geplante Gruppengröße	15
Präsenzstudium	60 hours
Selbststudium	30 hours
Workload	90 hours

Inhalt
The practical exercises are performed in small groups of maximum three persons. In the first part, diagnostic procedures (e.g. blood pressure measurement, electrocardiogram, determination of motor nerve conduction velocity, electro-myogram) are learned and characteristic quantities are extracted from the signals. In the second part, students independently design and develop an electronic amplifier circuit to record muscle signals and a user interface to graphically display the signals and control a screen pointer using the recorded muscle signals. This development of a simple human-computer interface is finally tested under real-time conditions.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Written documentation
Zu erbringende Studienleistung
The "Studienleistung" is considered passed if 50% of maximum points will be achieved in each of the four tests that are written with prior notice. For the lab sessions, attendance is mandatory. In case of illness an additional lab session is offered. It is also possible to ask for auxiliary dates and to have access to the chair's labs outside the lab sessions.
Teilnahmevoraussetzung
Successful completion of "Biomedical Instrumentation I" is a prerequisite for attending this module.

Empfohlene Voraussetzung

Basic knowledge in mathematics and sciences.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
BioMEMS	11LE50MO-5403 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Gerald Urban	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Sensoren	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 hours
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
none
Empfohlene Voraussetzung
Knowledge from the module "Sensors" or "Sensorik/Aktorik"

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
BioMEMS - Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 hours

Qualifikationsziel
After this lecture, the students will overview the application of MEMS in biology and medicine. They will know the recent microfabrication technologies for biomedical applications as well as the basics of cell biology and biochemistry. The attendees of this lecture will think about the social impact of engineering. Most importantly, they will understand the connections between biology, medicine, and engineering. Finally, the students can apply this understanding to future topics in this field.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students of the M.Sc. programmes Microsystems Engg. and Mikrosystemtechnik (PO 2021) can select this module in the concentration area Biomedical Engineering (Biomedizinische Technik).

Name des Moduls		Nummer des Moduls	
BioMEMS		11LE50MO-5403 PO 2021	
Veranstaltung			
BioMEMS - Vorlesung			
Veranstaltungsart		Nummer	
Vorlesung		11LE50V-5403	
Veranstalter			
Institut für Mikrosystemtechnik, Sensoren			
Fachbereich / Fakultät			
Institut für Mikrosystemtechnik			

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	26
Selbststudium	64
Workload	90 hours

Inhalt	
Content	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Introduction 2. Biochemistry and cells 3. Cell culture monitoring, organ-on-chip 4. Tissue engineering and cell handling 5. Cell mechanics 6. Single cell analysis 7. Microorganism in MEMS 8. DNA, RNA and protein analytics on chip 9. Implantable devices, in vivo sensors 10. Wearables 11. Summary 	
Zu erbringende Prüfungsleistung	
Written examination (90 minutes)	
Zu erbringende Studienleistung	
none	
Teilnahmevoraussetzung	
none	

Empfohlene Voraussetzung

Knowledge from the module "Sensors" or "Sensors/Actuators"

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Bionische Sensoren / Bionic Sensors	11LE50MO-5701 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Gerald Urban	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Sensoren	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 hours
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
none

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Bionische Sensoren / Bionic Sensors - Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 hours

Qualifikationsziel
The aim of this module is a basic understanding of electrical, electrochemical and optical chemo- and bio-sensor principles as well as the basic knowledge of biological sensors. Principles of bioinspired system and the background of bionic learning from nature to realize microtechnological systems will be discussed. Basics of electrical charge transfer and information processes in biological systems will be presented.
Zu erbringende Prüfungsleistung
see lecture
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students of the M.Sc. programmes Microsystems Engg. and Mikrosystemtechnik (PO 2021) can select this module in the concentration area Biomedical Engineering (Biomedizinische Technik).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Bionische Sensoren / Bionic Sensors	11LE50MO-5701 PO 2021
Veranstaltung	
Bionische Sensoren / Bionic Sensors - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5701
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Sensoren	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	26
Selbststudium	64
Workload	90 hours

Inhalt
The lecture bionic sensors deal with learning from nature to realize technical chemo- and biosensors. Topics are: <ul style="list-style-type: none"> ■ Biological sensors/receptors ■ Charge transfer and information processes in biology ■ Chemosensor, introduction ■ Basics of electrochemistry ■ Electrochemical potentiometric sensors ■ Electrochemical amperometric sensors ■ Gas sensors ■ Biosensors
Zu erbringende Prüfungsleistung
written examination (90 minutes)
Zu erbringende Studienleistung
none
Teilnahmevoraussetzung
none

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Biophysics of cardiac function and signals	11LE50MO-5324 PO 2021
Verantwortliche/r	
Dr. Gunnar Seemann	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	180 hours
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung
none
Empfohlene Voraussetzung
Basic interest in biology and computational modeling Knowledge in Python (or equivalent) is beneficial

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Biophysics of cardiac function and signals	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	2.00	180 hours
Biophysics of cardiac function and signals - praktische Übung	Übung	Wahlpflicht		2.00	

Qualifikationsziel
The basic concept of this lecture is to examine a biological system, analyze it and define mathematical equations in order to describe the system. In this lecture, the heart is used as this system. The students learn the electrical and mechanical function of the heart and its modeling. Additionally, the bioelectrical signals that are generated in the human body are described and how these signals can be measured, interpreted and processed. The content is explained both on the biological level and based on mathematical modelling. Aligned to the lecture is the exercise in which students learn to implement and use these models, get a practical introduction to medical image processing and perform signal processing using python.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students of the M.Sc. programmes Microsystems Engg. and Mikrosystemtechnik (PO 2021) can select this module in the concentration area Biomedical Engineering (Biomedizinische Technik).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Biophysics of cardiac function and signals	11LE50MO-5324 PO 2021
Veranstaltung	
Biophysics of cardiac function and signals	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5324
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	60
Selbststudium	120
Workload	180 hours

Inhalt
<ul style="list-style-type: none"> • Cell membrane and ion channels • Cellular electrophysiology • Conduction of action potentials • Cardiac contraction and electromechanical interactions • Optogenetics in cardiac cells • Image processing and numerical field calculation in the body • Measurement of bioelectrical signals • Electrocardiography • Imaging of bioelectrical sources (ECG imaging) • Biosignal processing
Zu erbringende Prüfungsleistung
oral exam (30 minutes)
Zu erbringende Studienleistung
see excercise
Literatur
Lecture slides (further literature is included in the slides)
Teilnahmevoraussetzung
none
Empfohlene Voraussetzung
Knowledge in Python (or equivalent) is beneficial Basic interest in biology and computational modeling

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Biophysics of cardiac function and signals	11LE50MO-5324 PO 2021
Veranstaltung	
Biophysics of cardiac function and signals - praktische Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50prÜ-5324
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalt
Zu erbringende Prüfungsleistung
see lecture
Zu erbringende Studienleistung
none
Literatur
Python implementation of <ul style="list-style-type: none"> • Hodgkin-Huxley model • Ion channel model adjustment to measurement data • Simulation of cardiac electrophysiology using openCARP • Image processing • ECG signal processing
Teilnahmevoraussetzung
none

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Biophysik - Grundlagen und Konzepte	11LE50MO-5380 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Alexander Rohrbach	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Bio- und Nano-Photonik	
Fachbereich / Fakultät	
Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	180 Stunden

Teilnahmevoraussetzung
keine
Empfohlene Voraussetzung
keine

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Biophysik - Grundlagen und Konzepte	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	2.00	180 Stunden
Biophysik - Grundlagen und Konzepte	Übung	Wahlpflicht		2.00	

Qualifikationsziel
<p>Das Modul stellt einen Streifzug durch die moderne Zellbiophysik dar, adressiert Fragen der aktuellen Forschung und stellt moderne Untersuchungsmethoden vor. Dies beinhaltet klassische, aber auch neueste physikalische Modelle und Theorien, welche in Kombination mit raffinierten Messmethoden einen erheblichen Fortschritt in der Biophysik, ermöglicht haben. Die angewandten physikalischen Methoden beflügeln nicht nur die Biologie und Medizin, sondern auch die Physik komplexer Systeme, welche mit der lebenden Zelle ein unvergleichliches Niveau an Selbstorganisation und Komplexität erreicht.</p> <p>Das Modul richtet sich an Physiker und Ingenieure aus höheren Semestern. Sie bietet eine bunte Mischung aus Physik, Biologie und Chemie, Mathematik und Ingenieurwissenschaft, welche mit zahlreichen Bildern und Animationen veranschaulicht werden.</p>
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students of the M.Sc. programmes Microsystems Engg. and Mikrosystemtechnik (PO 2021) can select this module in the concentration area Biomedical Engineering (Biomedizinische Technik).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Biophysik - Grundlagen und Konzepte	11LE50MO-5380 PO 2021
Veranstaltung	
Biophysik - Grundlagen und Konzepte	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5380_PO 20091
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Bio- und Nano-Photonik	
Fachbereich / Fakultät	
Physikalisches Institut-VB Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	deutsch
Präsenzstudium	60
Selbststudium	120
Workload	180 Stunden

Inhalt
<ol style="list-style-type: none"> 1. Aufbau der Zelle oder Das Rezept für biophysikalische Forschung <ol style="list-style-type: none"> 1. Eine Einführung 2. Die Bausteine des Lebens 3. Modellerstellung in der Biologie durch Schematisierung 4. Bewegung in einer überdämpften Welt 5. Kurztrip durch die Zellbiologie 2. Diffusion und Fluktuationen <ol style="list-style-type: none"> 1. Brownsche Bewegung 2. Diffusion im externen Potential 3. Mess- und Manipulationstechniken <ol style="list-style-type: none"> 1. Optische Abbildung und Konfokale Mikroskopie 2. Fluoreszenzmikroskopie 3. Fluorescence Resonance Energy Transfer (FRET) 4. Particle Tracking 5. Optische Pinzetten 6. Rasterkraftmikroskopie 7. Röntgenbeugung und NMR-Spektroskopie

4. Biologisch relevante Kräfte
 1. Einführung und Übersicht
 2. Van der Waals Kräfte
 3. Elektrostatische Wechselwirkung
 4. Entropische Wechselwirkungen
5. Biophysik der Proteine
 1. Einleitung und Motivation
 2. Die Struktur der Proteine
 3. Proteinfaltung
6. Polymerphysik einzelner Filamente
 1. Einleitung und Motivation
 2. Die Balkentheorie
 3. Polymere als biegsame Federn
7. Visko-Elastizität und Mikro-Rheologie
 1. Motivation und Hintergrund
 2. Elastizität und Viskosität
 3. Retardierte Partikelbewegung und Antwortfunktion
 4. Mikro-Rheologie
8. Die Dynamik des Zytoskeletts
 1. Einleitung und Motivation
 2. Struktur der Zytoskelett-Filamente
 3. Mathematische Modelle der Zytoskelett-Polymerisation
 4. Kraftentfaltung durch Polymerisation
9. Molekulare Motoren
 1. Rotations- und Translationsmotoren
 2. Struktur der Translations-Motoren
 3. Motorgeschwindigkeiten und Schrittweiten
 4. Myosin-Motoren in einem zellulären Teilsystem
 5. Motorenorganisation mit dem Zytoskelett
10. Membran-Biophysik
 1. Aufbau und Struktur der Membrane
 2. Elastische Eigenschaften der Membrane
11. Anhang
 1. Anhang: Wichtige Zellorganellen
 2. Anhang: Ausgewählte Probleme

Qualifikationsziel

- Die Studierenden sind in der Lage rechnerische oder phänomenologische Lösungen von physikalischen/mathematischen Problemstellungen aus dem Bereich der Spezialvorlesung eigenständig zu erarbeiten.
- Die Studierenden können eigene Lösungen vor der Gruppe vorrechnen und die Lösungswege diskutieren.

Zu erbringende Prüfungsleistung

Schriftliche oder mündliche Abschlussprüfung

Zu erbringende Studienleistung

siehe Übung

Literatur
<ul style="list-style-type: none">■ Joe Howard: Mechanics of Motor Proteins and the Cytoskeleton.■ Gary Boal: Mechanics of the Cell.■ Rob Phillips: Physical Biology of the Cell. <p>Begleitend zur Vorlesung wird ein Skriptum mit definierten Lücken (weiße Boxen) zur Verfügung gestellt.</p>
Teilnahmevoraussetzung
keine
Empfohlene Voraussetzung
keine

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Biophysik - Grundlagen und Konzepte	11LE50MO-5380 PO 2021
Veranstaltung	
Biophysik - Grundlagen und Konzepte	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5380_PO 20091
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Bio- und Nano-Photonik	
Fachbereich / Fakultät	
Physikalisches Institut-VB Fakultät für Chemie und Pharmazie Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	deutsch

Inhalt
In den Übungen werden die Inhalte der Vorlesung sowohl vertieft als auch gefestigt. Insbesondere wird das Transferdenken geschult. Hierzu werden die wöchentlich ausgeteilten Aufgaben innerhalb einer Woche bearbeitet und dann i.d.R. von den Studenten oder bei schwereren Aufgaben vom Tutor an der Tafel vorge-rechnet.
Zu erbringende Prüfungsleistung
siehe Vorlesung
Zu erbringende Studienleistung
Die Studienleistung ist erfüllt, wenn mindestens 60% der Übungsaufgaben bearbeitet sowie mindestens zwei Aufgaben in der Übung zur Vorlesung vorgerechnet werden.
Teilnahmevoraussetzung
keine

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Biotechnologie für Ingenieure I: Einführung, Molekular- und Mikrobiologie / Biotechnology for Engineers I: Introduction, Molecular- and Microbiology	11LE50MO-5371 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Felix von Stetten	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Anwendungsentwicklung	
Fachbereich / Fakultät	
Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	180 Stunden
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
keine

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Biotechnologie für Ingenieure I: Einführung, Molekular- und Mikrobiologie / Biotechnology for Engineers I: Introduction, Molecular- and Microbiology	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2.00	180 Stunden
Biotechnologie für Ingenieure I / Biotechnology for Engineers I: Einführung, Molekular- und Mikrobiologie / Biotechnology for Engineers I: Introduction, Molecular- and Microbiology - Praktikum	Praktikum	Wahlpflicht	3,0	2.00	

Qualifikationsziel
Die Studierenden kennen das Spektrum der Biotechnologie und haben Verständnis für mikro- und molekularbiologische Grundlagen und Methoden. Sie sind in der Lage eigenständig grundlegende Labormethoden anzuwenden und die experimentellen Befunde zu analysieren. Die Studierenden können beurteilen in welchen Bereichen der Mikro- und Molekularbiologie die Mikrosystemtechnik vorteilhaft Einsatz finden kann.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students of the M.Sc. programmes Microsystems Engg. and Mikrosystemtechnik (PO 2021) can select this module in the concentration area Biomedical Engineering (Biomedizinische Technik).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Biotechnologie für Ingenieure I: Einführung, Molekular- und Mikrobiologie / Biotechnology for Engineers I: Introduction, Molecular- and Microbiology	11LE50MO-5371 PO 2021
Veranstaltung	
Biotechnologie für Ingenieure I: Einführung, Molekular- und Mikrobiologie / Biotechnology for Engineers I: Introduction, Molecular- and Microbiology	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5371
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Anwendungsentwicklung	
Fachbereich / Fakultät	
Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprachen	deutsch, englisch
Präsenzstudium	52
Selbststudium	128
Workload	180 Stunden

Inhalt
<ul style="list-style-type: none"> - Spektrum der Biotechnologie - Mikro- und molekularbiologische Grundlagen - Laborgeräte & -automatisierung - Mikrobiologische Methoden - Molekularbiologische Methoden - Methoden der Genomsequenzierung
Zu erbringende Prüfungsleistung
<p>Mündliche Abschlussprüfung Die Modulnote errechnet sich zu 2/3 aus der Abschlussprüfung und 1/3 aus der benoteten Übungsleistung.</p>
Zu erbringende Studienleistung
siehe Praktikum
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> - Skript zur Vorlesung und Skript zum Praktikum <p>Ergänzend:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Biotechnologie für Einsteiger, R. Renneberg, u.a., Spektrum Akademischer Verlag - Taschenatlas der Biotechnologie und Gentechnik, R. D. Schmid, Wiley-VCH - Taschenatlas der Biochemie, Jan Koolmann, u.a., Thieme

Teilnahmevoraussetzung
keine
Lehrmethoden
This course will be taught in English if there is at least one international participant.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Biotechnologie für Ingenieure I: Einführung, Molekular- und Mikrobiologie / Biotechnology for Engineers I: Introduction, Molecular- and Microbiology	11LE50MO-5371 PO 2021
Veranstaltung	
Biotechnologie für Ingenieure I / Biotechnology for Engineers I: Einführung, Molekular- und Mikrobiologie / Biotechnology for Engineers I: Introduction, Molecular- and Microbiology - Praktikum	
Veranstaltungsart	Nummer
Praktikum	11LE50P-5371
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Anwendungsentwicklung	
Fachbereich / Fakultät	
Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	in jedem Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	deutsch

Inhalt
Laborpraktikum - Zubereitung von Nährmedien - Kultivierung von Bakterien - Keimzahlbestimmung - DNA-Extraktion aus Bakterien - DNA Quantifizierung mittels real-time PCR - Bakteriennachweis mittels Immunoassay - Test-Automatisierung durch Lab-on-a-Chip Technologie
Zu erbringende Prüfungsleistung
siehe Vorlesung
Zu erbringende Studienleistung
Erfolgreiche Teilnahme am Praktikum (Referat, Protokoll)
Teilnahmevoraussetzung
keine

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Biotechnologie für Ingenieure II / Biotechnology for Engineers II	11LE50MO-5381 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Felix von Stetten	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Anwendungsentwicklung	
Fachbereich / Fakultät	
Fakultät für Chemie und Pharmazie Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	180 Stunden
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung
keine

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Biotechnologie für Ingenieure II /Biotechnology for Engineers II - Vorlesung	Vorlesung	Pflicht	3,0	2.00	180 Stunden
Exkursionen zur Vorlesung Biotechnologie für Ingenieure II / Excursions accompanying the lecture Biotechnology for Engineers II	Exkursion	Wahlpflicht	3,0	2.00	

Qualifikationsziel
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students of the M.Sc. programmes Microsystems Engg. and Mikrosystemtechnik (PO 2021) can select this module in the concentration area Biomedical Engineering (Biomedizinische Technik).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Biotechnologie für Ingenieure II / Biotechnology for Engineers II	11LE50MO-5381 PO 2021
Veranstaltung	
Biotechnologie für Ingenieure II / Biotechnology for Engineers II - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5381
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Anwendungsentwicklung	
Fachbereich / Fakultät	
Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
Lehrsprachen	deutsch, englisch
Präsenzstudium	60
Selbststudium	120
Workload	180 Stunden

Inhalt
Bioverfahrenstechnik - Aufbau und Funktion von Bioreaktoren - Messtechnik an Bioreaktoren - Up-Stream Prozesse - Stoffumwandlung - Down-Stream Prozesse Lebensmittelanalytik und in-vitro Diagnostik - Marktanalyse - Pathogene Mikroorganismen - Mikrobiologische Diagnostik - Immun- und Nukleinsäureiagnostik - Potential der Mikrosystemtechnik
Zu erbringende Prüfungsleistung
Mündliche Abschlussprüfung
Zu erbringende Studienleistung
siehe Exkursion
Literatur
- Skript zur Vorlesung mit Literaturverzeichnis - Biotechnologie für Einsteiger, R. Renneberg, u.a., Spektrum Akademischer Verlag - Taschenatlas der Biotechnologie und Gentechnik, Rolf D. Schmid, Wiley-VCH

Teilnahmevoraussetzung
keine
Empfohlene Voraussetzung
Modul Biotechnologie für Ingenieure I
Lehrmethoden
This course will be taught in English if there is at least one international participant.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Biotechnologie für Ingenieure II / Biotechnology for Engineers II	11LE50MO-5381 PO 2021
Veranstaltung	
Exkursionen zur Vorlesung Biotechnologie für Ingenieure II / Excursions accompanying the lecture Biotechnology for Engineers II	
Veranstaltungsart	Nummer
Exkursion	11LE50Ü-5381
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Anwendungsentwicklung	
Fachbereich / Fakultät	
Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	deutsch

Inhalt
Exkursion zu <ul style="list-style-type: none"> - Pharmaunternehmen - Hersteller von in-vitro Diagnostika - Medizinischem Laborzentrum - Lebensmittelbiotechnologischem Unternehmen
Zu erbringende Prüfungsleistung
erfolgreiche Teilnahme an der Exkursion (Kurzreferat)
Zu erbringende Studienleistung
Teilnahmevoraussetzung
keine

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Ethische Aspekte der Neurotechnologie / Ethical Aspects of Neurotechnology	11LE50MO-5320 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Ulrich Egert	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Biomikrotechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 Stunden
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
keine
Empfohlene Voraussetzung
Interesse an interdisziplinärer Aufbereitung aktueller Fragestellungen

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Ethische Aspekte der Neurotechnologie / Ethical Aspects of Neurotechnology - Seminar	Seminar	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 Stunden

Qualifikationsziel
Studierende der Philosophie und Studierende der Neurobiologie und der Ingenieurwissenschaften erarbeiten in diesem Seminar gemeinsam ethische und philosophische Perspektiven der aktuellen Eingriffsmöglichkeiten in das Gehirn und der derzeit entwickelten und in naher Zukunft entwickelbaren Mensch-Maschine-Komplexe, um auf dieser Grundlage die Herausforderungen für unser personales Selbstverständnis und unsere ethischen Kriterien für die Grenzen solcher Eingriffe zu diskutieren. Dabei soll versucht werden, philosophische Ansätze zum Verhältnis von Person sein und neurobiologischer „Determinierung“ als zentrale Aspekte in der ethischen Theoriebildung mit den empirischen und interagierenden Zugängen der Neurowissenschaften in einen konstruktiven und kontroversen Dialog gebracht werden.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Studierende der Masterstudiengänge Microsystems Engineering und Mikrosystemtechnik (PO 2021) können dieses Modul im Vertiefungsbereich Biomedizinische Technik wählen.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Ethische Aspekte der Neurotechnologie / Ethical Aspects of Neurotechnology	11LE50MO-5320 PO 2021
Veranstaltung	
Ethische Aspekte der Neurotechnologie / Ethical Aspects of Neurotechnology - Seminar	
Veranstaltungsart	Nummer
Seminar	11LE50S-5320
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Biomikrotechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	deutsch
Workload	90 Stunden

Inhalt
<p>Interdisziplinäres Seminar zu ethischen und philosophischen Aspekten der Neurotechnologie.</p> <p>Folgende Themenbereiche werden jeweils unter ethischen, neurowissenschaftlichen bzw. ingenieurwissenschaftlichen Gesichtspunkten bearbeitet:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ethik der Neurowissenschaften als aktuelles Gebiet der Philosophie 2. Identität, Person und Persönlichkeit als Grundbegriffe der Ethik der Neurowissenschaften 3. Spezifische philosophische und ethische Aspekte folgender Anwendungsfelder: <ul style="list-style-type: none"> - Invasive und nicht-invasive Gehirn-Maschine-Schnittstellen - Neuroimaging- Emotionale Integration neuronaler Prothesen - Tiefe Hirnstimulation - Optogenetische Interaktion - Neuro-Enhancement - Zukunftstechnologien und deren Einsatz
Zu erbringende Prüfungsleistung
Mündliche Abschlussprüfung (30 Minuten)
Zu erbringende Studienleistung
keine
Teilnahmevoraussetzung
keine
Empfohlene Voraussetzung
Interesse an interdisziplinärer Aufbereitung aktueller Fragestellungen

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Grundlagen der Elektrostimulation / Fundamentals of electrical stimulation	11LE50MO-5306 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr.-Ing. Thomas Stieglitz	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik, Biomedizinische Mikrotechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 hours
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
None

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Grundlagen der Elektrostimulation / Fundamentals of electrical stimulation - Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 hours

Qualifikationsziel
<p>The aim of the module is to teach the biological-medical and physicochemical-technical fundamentals in the electrostimulation of nerves and muscles, which are necessary for an engineer to understand the biological processes and to design aids and procedures in applications in the field of neuroprosthetics and neuromodulation.</p> <p>The module teaches students the theoretical background of mechanisms of action and damage of electrical stimulation in the peripheral and central nervous systems, as well as the electrochemical processes to be considered at neuro-engineering interfaces.</p>
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students of the M.Sc. programmes Microsystems Engg. and Mikrosystemtechnik (PO 2021) can select this module in the concentration area Biomedical Engineering (Biomedizinische Technik).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Grundlagen der Elektrostimulation / Fundamentals of electrical stimulation	11LE50MO-5306 PO 2021
Veranstaltung	
Grundlagen der Elektrostimulation / Fundamentals of electrical stimulation - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5306
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik, Biomedizinische Mikrotechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	30 hours
Selbststudium	60 hours
Workload	90 hours

Inhalt
<p>The course introduces the medical and biological as well as the physicochemical and technical aspects of electrical stimulation. In detail, students get familiar with the following topics:</p> <p>Overview of the history of electrical stimulation Anatomy and physiology of nerve and muscle Description of nerve excitation Electrical fields and electrochemical processes at electrodes Electrode designs and applications Charakteristic parameters during technical excitation of nerves Methods for selective stimulation Effects of chronic electrical stimulation Limits of safe electrical stimulation Systems theory aspects of control of neural prostheses Simulation of nerve excitation Stimulator design Overview of stimulation parameters in clinical applications Finally, the content of the course and the learning targets will be summarized together with the students to facilitate the preparation of the examination.</p>
Zu erbringende Prüfungsleistung
Oral exam (30 minutes)
Zu erbringende Studienleistung
None
Literatur
<p>A script will be provided to accompany the lecture and will be updated regularly. Further reading material:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Horch, K.W., Dhillon, G.S. (Hrsg.): Neuroprosthetics – Theory and Practice. (Series on Bioengineering & Biomedical Engineering – Vol. 2) ■ River Edge: World Scientific Computing, 2004
Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
None

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Introduction to data driven life sciences	11LE13MO-1335 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Rolf Backofen	
Veranstalter	
Institut für Informatik, Bioinformatik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	180 hours
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
None

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Introduction to data driven life sciences	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	2.00	180 hours
Introduction to data driven life sciences	Übung	Wahlpflicht		2.00	

Qualifikationsziel
<ul style="list-style-type: none"> - The students have a basic knowledge and understanding about origin and content of life science high-throughput data - They know methods and tools for the analysis of such data, can compare it to different data, and have knowledge about visualization - They are able to analyse small data sets and apply their gained knowledge
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students of the M.Sc. programmes Microsystems Engg. and Mikrosystemtechnik (PO 2021) can select this module in the concentration area Biomedical Engineering (Biomedizinische Technik). Please note: Students of M.Sc. Embedded Sytems Engineering cannot chose this course in the concentration but only as part of the area Elective Courses in Computer Science.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Introduction to data driven life sciences	11LE13MO-1335 PO 2021
Veranstaltung	
Introduction to data driven life sciences	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE13V-1335
Veranstalter	
Institut für Informatik, Bioinformatik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	60 hours
Selbststudium	120 hours
Workload	180 hours

Inhalt
In biological and medical research big data analysis is urgently needed for understanding the information that is encoded in the molecules of life. Many diseases, such as cancer, are caused by aberrations in those molecules. In this lecture you will learn the theoretical biological and bioinformatics background and techniques for generation and analysis of high-throughput data in life sciences.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Written exam (120 minutes).
Zu erbringende Studienleistung
None
Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
None

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Introduction to data driven life sciences	11LE13MO-1335 PO 2021
Veranstaltung	
Introduction to data driven life sciences	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE13Ü-1335
Veranstalter	
Institut für Informatik, Bioinformatik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalt
To apply the gained knowledge from the lecture, exercises to various topics of high-throughput data analysis are offered. Moreover, we will get to know the workflowmanagement framework Galaxy which is an open source tool for life science data analysis.
Zu erbringende Prüfungsleistung
See lecture
Zu erbringende Studienleistung
None
Teilnahmevoraussetzung
none

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Introduction to physiological control systems	11LE50MO-5258 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr.-Ing. Thomas Stieglitz	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Biomedizinische Mikrotechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 hours
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
None

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Introduction to physiological control systems	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	1.00	90 hours
Introduction to physiological control systems	Übung	Wahlpflicht		1.00	

Qualifikationsziel
This course will introduce students in engineering and non-engineering fields to the modeling and control of physiological processes. A brief introduction to signals, systems and control theory is provided at the beginning. Several physiological process are then addressed from a control system perspective, discussing state-of-the-art literature. The main goal of this course is to provide a general overview of how control system theory can be applied to understand, modeling and control physiological processes.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students of the M.Sc. programmes Microsystems Engg. and Mikrosystemtechnik (PO 2021) can select this module in the concentration area Biomedical Engineering (Biomedizinische Technik).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Introduction to physiological control systems	11LE50MO-5258 PO 2021
Veranstaltung	
Introduction to physiological control systems	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5258
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Biomedizinische Mikrotechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	1.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	26 hours
Selbststudium	64 hours
Workload	90 hours

Inhalt
1. Introduction and course overview. 2. Review of signals, systems, and control theory. 3. Positive and negative feedback in physiology. 4. Blood pressure control. 5. Balance control during quiet standing. 6. Complex dynamics of heart rate variability. 7. Feedback and feedforward limb control during reach-to-pinch task. 8. Summary.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Written examination (90 minutes)
Zu erbringende Studienleistung
None
Literatur
M. Khoo. Physiological control systems: analysis, simulation, and estimation. IEEE Series in Biomedical Engineering, 1999, NY. A. Guyton and J. Hall, Textbook of Medical Physiology, Elsevier, 2006. Current scientific literature.
Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
None

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Introduction to physiological control systems	11LE50MO-5258 PO 2021
Veranstaltung	
Introduction to physiological control systems	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5258
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Biomedizinische Mikrotechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	1.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalt	
Zu erbringende Prüfungsleistung	
See lecture	
Zu erbringende Studienleistung	
None	
Teilnahmevoraussetzung	
None	
Empfohlene Voraussetzung	
None	

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Machine Learning	11LE13MO-1153 PO 2021
Verantwortliche/r	
Jun.Prof. Dr. Josif Grabocka	
Veranstalter	
Institut für Informatik, Professur für Neurorobotik Institut für Informatik, Professur für Maschinelles Lernen	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	1
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	180 Stunden
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung
keine

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Machine Learning	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	3.00	180 Stunden
Machine Learning	Übung	Wahlpflicht		1.00	

Qualifikationsziel
<p>This course provides you with a good theoretical understanding and practical experience about the basic concepts of machine learning. You shall be enabled to implement a number of basic algorithms, understand advantages and drawbacks of single methods and know typical application domains thereof. Furthermore, you should be able to use (Python) software libraries in order to work on novel data analysis problems.</p> <p>The course will prepare you to dive deeper into advanced methods of ML, e.g. deep learning, recurrent networks, reinforcement learning, hyperparameter optimization, and into specific application domains such as image analysis, brain signal analysis, robot learning, bioinformatics etc., for which specialized courses are available.</p>
Verwendbarkeit der Veranstaltung
<p>Students of the M.Sc. programmes Microsystems Engg. and Mikrosystemtechnik (PO 2021) can select this module in the concentration area Biomedical Engineering (Biomedizinische Technik). Please note: Students of M.Sc. Embedded Systems Engineering cannot chose this course in the concentration but only as part of the area Essential Lectures in Computer Science.</p>

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Machine Learning	11LE13MO-1153 PO 2021
Veranstaltung	
Machine Learning	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE13V-1153
Veranstalter	
Institut für Informatik, Professur für Maschinelles Lernen	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	3.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	60
Selbststudium	120
Workload	180 Stunden

Inhalt
<ul style="list-style-type: none"> ■ Applications / typical problems dealt with by machine learning ■ basic data analysis pipeline (from data recording to output shaping) ■ software libraries ■ linear methods (e.g. LDA, logistic regression, ICA, PCA, OLSR) for dimensionality reduction, classification, regression and blind source separation ■ non-linear methods (e.g. support vector machines, kernel PCA, decision trees / random forests, neural networks) for classification and regression ■ unsupervised clustering (e.g. k-means, DBSCAN) ■ algorithm independent principles in machine learning (z.b. bias-variance trade-off, model complexity, regularization, validation strategies, interpretation of trained machine learning models, basic optimization approaches, feature selection, data visualization)
Lernziele / Lernergebnisse
<p>This course provides you with a good theoretical understanding and practical experience about the basic concepts of machine learning. You shall be enabled to implement a number of basic algorithms, understand advantages and drawbacks of single methods and know typical application domains thereof. Furthermore, you should be able to use (Python) software libraries in order to work on novel data analysis problems.</p> <p>The course will prepare you to dive deeper into advanced methods of ML, e.g. deep learning, recurrent networks, reinforcement learning, hyperparameter optimization, and into specific application domains such as image analysis, brain signal analysis, robot learning, bioinformatics etc., for which specialized courses are available.</p>

Zu erbringende Prüfungsleistung
Oral examination with a duration of 35 minutes
Zu erbringende Studienleistung
see excersise
Literatur
<p>Duda, Hart and Stork: Pattern Classification Christopher Bishop: Pattern Recognition and Machine Learning Hastie, Tibshirani and Friedman: The Elements of Statistical Learning Mitchell: Machine Learning Murphy: Machine Learning – a Probabilistic Perspective Criminisi et. al: Decision Forests for Computer Vision and Medical Image Analysis Schölkopf & Smola: Learning with Kernels Goodfellow, Bengio and Courville: Deep Learning Michael Nielsen: Neural Networks and Deep Learning</p> <p>In addition, literature for every section of the course is announced during these sections.</p>
Teilnahmevoraussetzung
<p>We have to rely on a solid background in basic math, specifically linear algebra (an eigenvalue decomposition, matrix operations, covariance matrices etc. should be very familiar concepts), calculus and probability theory.</p> <p>We use the Python programming language for most of our assignments. If you do not yet have Python experience, you must ramp up at least basic knowledge thereof.</p>
Empfohlene Voraussetzung
We recommend basic knowledge of optimization and of the scikit-learn Python library.
Lehrmethoden
<p>For in-class lectures:</p> <p>Despite the large lecture rooms, a teacher-centered style shall be enriched as much as possible by measures like:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ interactive question and answer rounds ■ discussions in sub-groups, reporting to the large group ■ cross-teaching ■ problem-oriented teaching e.g. via data analysis competition ■ repetition of important concepts in slightly altered contexts. <p>For virtual lectures:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ flipped classroom teaching with videos provided ■ Q&A sessions to discuss the videos' content ■ Cross-teaching via Ilias forum ■ problem-oriented teaching e.g. via data analysis competition ■ repetition of important concepts in slightly altered contexts.
Zielgruppe
Advanced BSc., MSc. students and PhD students

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Machine Learning	11LE13MO-1153 PO 2021
Veranstaltung	
Machine Learning	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE13Ü-1153
Veranstalter	
Institut für Informatik, Professur für Maschinelles Lernen	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	1.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalt
Zu erbringende Prüfungsleistung
see lecture
Zu erbringende Studienleistung
Passing an oral or written examination.
Teilnahmevoraussetzung
none
Empfohlene Voraussetzung
none

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Mikrofluidik II: Miniaturisieren, Automatisieren, und Parallelisieren biochemischer Analyseverfahren: Von der Idee zum Produkt / Microfluidics II: Miniaturize, automate and parallelize biochemical analysis: From idea to product launch	11LE50MO-5263 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Roland Zengerle	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Anwendungsentwicklung	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	180 hours

Teilnahmevoraussetzung
none
Empfohlene Voraussetzung
Basics in microfluidics, e.g. "Microfluidics I"

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Mikrofluidik II: Miniaturisieren, Automatisieren, und Parallelisieren biochemischer Analyseverfahren: Von der Idee zum Produkt / Microfluidics II: Miniaturize, automate and parallelize biochemical analysis: From idea to product launch	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	2.00	180 hours
Mikrofluidik II: Miniaturisieren, Automatisieren, und Parallelisieren biochemischer Analyseverfahren: Von der Idee zum Produkt / Microfluidics II: Miniaturize, automate and parallelize biochemical analysis: From idea to product launch	Übung	Wahlpflicht		2.00	

Qualifikationsziel
Qualified microfluidic engineer with sound knowledge on microfluidic Design, manufacturing of microfluidic cartridges, and the use of microfluidic technologies in clinical settings.

Verwendbarkeit der Veranstaltung

Students of the M.Sc. programmes Microsystems Engg. and Mikrosystemtechnik (PO 2021) can select this module in the concentration area Biomedical Engineering (Biomedizinische Technik).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Mikrofluidik II: Miniaturisieren, Automatisieren, und Parallelisieren biochemischer Analyseverfahren: Von der Idee zum Produkt / Microfluidics II: Miniaturize, automate and parallelize biochemical analysis: From idea to product launch	11LE50MO-5263 PO 2021
Veranstaltung	
Mikrofluidik II: Miniaturisieren, Automatisieren, und Parallelisieren biochemischer Analyseverfahren: Von der Idee zum Produkt / Microfluidics II: Miniaturize, automate and parallelize biochemical analysis: From idea to product launch	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5263
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Anwendungsentwicklung	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	60
Selbststudium	120
Workload	180 hours

Inhalt
<p>Content:</p> <p>This lecture teaches the use of microfluidic technologies for automation of biochemical analyses. Fields of application are the detection of pathogens, the diagnosis and therapy accompanied monitoring of tumor diseases as well as water analysis. In a first section, the complete design process from initial requirements and project specifications to simulation-based design, manufacturing of functional models and testing will be addressed. The creation of flow drafts, the simulation of microfluidic networks and CAD design will be taught in an accompanying tutorial.</p> <p>In following lectures, product development will be examined. This includes the scalable manufacturing of disposable test cartridges, the determination of usability as well as questions of licensing. In summary, the lecture covers the development process from initial idea to product. In the second part of the tutorial, the students will work on an exemplary project.</p>
Zu erbringende Prüfungsleistung
written or oral exam
Zu erbringende Studienleistung
none

Teilnahmevoraussetzung
none
Empfohlene Voraussetzung
Basics of microfluidics, e.g. Microfluidics I lecture

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Mikrofluidik II: Miniaturisieren, Automatisieren, und Parallelisieren biochemischer Analyseverfahren: Von der Idee zum Produkt / Microfluidics II: Miniaturize, automate and parallelize biochemical analysis: From idea to product launch	11LE50MO-5263 PO 2021
Veranstaltung	
Mikrofluidik II: Miniaturisieren, Automatisieren, und Parallelisieren biochemischer Analyseverfahren: Von der Idee zum Produkt / Microfluidics II: Miniaturize, automate and parallelize biochemical analysis: From idea to product launch	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5263
Veranstalter	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik, Anwendungsentwicklung	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalt
Zu erbringende Prüfungsleistung
see lecture
Zu erbringende Studienleistung
none
Teilnahmevoraussetzung
none
Empfohlene Voraussetzung
none

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Mikrosystemtechnik in der Medizin / Microsystems technology in Medicine	11LE50MO-5307 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Martin Boeker	
Fachbereich / Fakultät	
Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 Stunden
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
keine
Empfohlene Voraussetzung
Grundlegende physikalische Kenntnisse

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Mikrosystemtechnik in der Medizin / Microsystems technology in Medicine - Seminar	Seminar	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 Stunden

Qualifikationsziel
<p>Wichtige Anwendungen der Mikrosystemtechnik in der Medizin beschreiben können:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Computergestützte Bildanalyse ■ Patch-Clamp Verfahren ■ Klinische Anwendung beim Mammakarzinom ■ Cochlea-Implantat ■ Sehprothesen ■ Diagnostik und Therapie von Herzrhythmusstörungen ■ Volumetrische Bildgebung in der Radiologie
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students of the M.Sc. programmes Microsystems Engg. and Mikrosystemtechnik (PO 2021) can select this module in the concentration area Biomedical Engineering (Biomedizinische Technik).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Mikrosystemtechnik in der Medizin / Microsystems technology in Medicine	11LE50MO-5307 PO 2021
Veranstaltung	
Mikrosystemtechnik in der Medizin / Microsystems technology in Medicine - Seminar	
Veranstaltungsart	Nummer
Seminar	11LE50V-5307
Fachbereich / Fakultät	
Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	4
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	deutsch
Präsenzstudium	26
Selbststudium	64
Workload	90 Stunden

Inhalt
Dozenten aus verschiedenen Fachbereichen der Medizin stellen wichtige und aktuelle Themen der Mikrosystemtechnik in der Medizin vor: Sehprothesen, Cochlea-Implantate, minimal invasive Gefäßtherapien, computergestützte Tumordiagnostik, klinische Anwendungen beim Brustkrebs, Diagnostik und Therapie von Herzrhythmusstörungen und Verfahren der Bildanalyse in der bildgebenden Diagnostik. Dabei stellen die Dozenten insbesondere eine Verbindung zwischen den medizinisch-biologischen Gegebenheiten im menschlichen Organismus und der technischen Herangehensweise an ein spezifisches medizinisches Problem her, ohne dass besondere medizinische Kenntnisse vorausgesetzt werden.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Schriftliche Abschlussprüfung (90 Minuten)
Zu erbringende Studienleistung
keine
Teilnahmevoraussetzung
keine
Empfohlene Voraussetzung
Grundlegende physikalische Kenntnisse

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Nanobiotechnologie / Nanobiotechnology	11LE50MO-5308 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Oliver Ambacher	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Verbindungshalbleiter, Mikrosysteme	
Fachbereich / Fakultät	
Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 Stunden
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
keine
Empfohlene Voraussetzung
keine

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Nanobiotechnologie / Nanobiotechnology	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 Stunden

Qualifikationsziel
Die Studierenden werden in die Lage versetzt, die Funktionsweise von organischen Mikro- und Nanosystemen zu verstehen. Hierzu gehören z.B. Haarzellen, Motorproteine, organische Nanomotoren und Ionenkanäle. Die Studierenden besitzen Fachkompetenz in der Beschreibung und Analyse von organischen Nanostrukturen, die für die Funktion kleinster biologischer Organismen von entscheidender Bedeutung sind. Ihre Fachkompetenz erstreckt sich bis zur Kombination von organischen und anorganischen Mikro- und Nanosystemen z.B. zur Realisierung kleinster Antriebssysteme.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students of the M.Sc. programmes Microsystems Engg. and Mikrosystemtechnik (PO 2021) can select this module in the concentration area Biomedical Engineering (Biomedizinische Technik).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Nanobiotechnologie / Nanobiotechnology	11LE50MO-5308 PO 2021
Veranstaltung	
Nanobiotechnologie / Nanobiotechnology	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5308
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Verbindungshalbleiter, Mikrosysteme	
Fachbereich / Fakultät	
Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	deutsch
Präsenzstudium	26 Stunden
Selbststudium	64 Stunden
Workload	90 Stunden

Inhalt
Zu den Themen der Nanobiotechnologie gehört die Diskussion von organischen Nanosystemen in der menschlichen Wahrnehmung, die Erklärung des Handlings und Charakterisierens von Proteinen und Viren, die Untersuchung elektronischer und optischer Eigenschaften von einzelnen Molekülen genauso wie die Technologie zur Herstellung von Sensoren für kleinste Flüssigkeitsmengen. An der Schnittstelle zwischen der Mikro- und Nanowelt, der Schnittstelle auch zwischen belebter und unbelebter Materie, werden moderne Charakterisierungsverfahren (z.B. Elektronenmikroskopie, Kraftmikroskopie) nötig, um von physikalischen oder chemischen Eigenschaften der organischen Moleküle eine Brücke zum Verständnis der Funktion von Aminosäuren, Proteinen und Zellen zu schlagen. Diese Methoden und ihre Anwendung auf biologisch relevante Systeme werden ebenso erklärt wie die Technologie zur Herstellung von künstlichen Mikro- und Nanostrukturen zur sensorischen Kopplung an biologische Organismen.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Mündliche Abschlussprüfung mit einer Dauer von 30 Minuten
Zu erbringende Studienleistung
keine
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> ■ Biochemie, J.M. Berg, J.L. Tymoczko, L. Stryer, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg 2003 ■ Physiologie des Menschen, R.F. Schmidt, F. Lang, G. Thews, Springer Medizin Verlag Heidelberg 2005
Teilnahmevoraussetzung
keine

Empfohlene Voraussetzung

keine

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Neurophysiologie - Praktikum / Neurophysiology - Laboratory	11LE50MO-5316 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Ulrich Hofmann	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 hours
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
Prerequisite to become eligible for this course is the participation in the exercises in "Implant manufacturing technologies" or participation in the seminar „Neuroprosthetics“ in the previous winter semester.

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Neurophysiologie - Praktikum / Neurophysiology - Laboratory	Praktikum	Wahlpflicht	3,0	4.00	90 hours

Qualifikationsziel
<p>Participants will gain first hand experiences into neuroscientific and electrophysiologically verifiable paradigms to natural signal processing in the rat brain <i>in vivo</i>.</p> <p>Participants will get in depth insight into the current knowledge of the somatosensory system, the visual system and the motor system. In addition, the rat's learning and orientation system will be introduced in depth as well.</p> <p>Signal processing methods will be presented and for later use in exercises substantiated.</p> <p>Participants will learn a respectful and honorable handling of living beings, even if they are „only“ lab rats.</p> <p>Students will gain first hand experience with multisite electrophysiological recordings from anesthetized and freely moving animals. Signals acquired during these day long experiments will be analyzed according to state of the art and results will be presented as reports and talks.</p>
Bemerkung / Empfehlung
The experiments fall under the Animal Welfare Act - so all participants must be known by name before the first day of the experiment.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students of the M.Sc. programmes Microsystems Engg. and Mikrosystemtechnik (PO 2021) can select this module in the concentration area Biomedical Engineering (Biomedizinische Technik).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Neurophysiologie - Praktikum / Neurophysiology - Laboratory	11LE50MO-5316 PO 2021
Veranstaltung	
Neurophysiologie - Praktikum / Neurophysiology - Laboratory	
Veranstaltungsart	Nummer
Praktikum	11LE50P-5316
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 hours

Inhalt
<p>Students will in three neurophysiological paradigms (two acute, one freely behaving) under experienced supervision participate.</p> <p>Students will get in depth and first hand insight into the current knowledge of the somatosensory system, the visual system and the motor system. In addition, the rat's learning and orientation system will be introduced as well.</p> <p>Signal processing methods will be presented and for later use in exercises substantiated.</p> <p>They will gain hands on experience with in vivo animal electrophysiology with micro devices and collect data for subsequent home based analysis.</p> <p>Their analysis results will be presented as final teaching experience.</p>
Zu erbringende Prüfungsleistung
Students have to submit 4 reports. The module grade is calculated taking the average of the grades obtained for each report. If a student misses one session due to illness, an amended date for the missed lab session will be offered.
Zu erbringende Studienleistung
None
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> ■ Windhorst, U. and H. Johansson (1999). <i>Modern Techniques in Neuroscience Research</i>. Berlin, Springer. ■ Kandel, E. R., J. H. Schwartz and T. M. Jessel (1991). <i>Principles of neural science</i>. London, Prentice-Hall. ■ D Nicolelis, M. A. L., Ed. (1999). <i>Methods for Neural Ensemble Recordings</i>. CRC Methods in Neuroscience. Boca Raton, FL, CRC Press. ■ diverse journal papers like: <ul style="list-style-type: none"> ■ Wilson, M. A. and B. L. McNaughton (1994). "Reactivation of Hippocampal ensemble memories during sleep." <i>Science</i> 265: 676-682. ■ Wilson, M. A. and B. L. McNaughton (1993). "Dynamics of the hippocampal ensemble code for space." <i>Science</i> 261: 1055-1058.

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
Prerequisite to become eligible for this course is the participation in the exercises in "Implant manufacturing technologies" or participation in the seminar „Neuroprosthetics“ in the last winter semester.
Bemerkung / Empfehlung
The experiments fall under the Animal Welfare Act - so all participants must be known by name before the first day of the experiment.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Neuroprothetik / Neuroprosthetics	11LE50MO-5318 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Ulrich Hofmann	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	3.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 hours
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
High school level knowledge in mathematics and natural sciences

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Neuroprothetik / Neuroprosthetics - Seminar	Seminar	Wahlpflicht	3,0	3.00	90 hours

Qualifikationsziel
<p>Neuroprosthetics is an emergent field of biomedical engineering aiming at developing devices to replace or augment non functional sensory or motor pathes of humans resulting from disease or trauma.</p> <p>The participating student will be instructed on the basic neuromedical concepts, and the targeted medical deficits, both needed to evaluate current clinical neuroprostheses and critically assess devices under development.</p> <p>The student will gain well funded knowledge on clinical applications and technologies and will have to face the more biological and ethical aspects of these devices and treatment options as well.</p> <p>The module aims at active involvement by independent webbased information acquisition, oral presentation of findings and internet based reporting.</p>
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students of the M.Sc. programmes Microsystems Engg. and Mikrosystemtechnik (PO 2021) can select this module in the concentration area Biomedical Engineering (Biomedizinische Technik).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Neuroprothetik / Neuroprosthetics	11LE50MO-5318 PO 2021
Veranstaltung	
Neuroprothetik / Neuroprosthetics - Seminar	
Veranstaltungsart	Nummer
Seminar	04LE50V-5318
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	3.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	39 hours
Selbststudium	51 hours
Workload	90 hours

Inhalt
<p>Introductory lessons contain:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Basic concepts of neuroscience ■ Interfacing the nervous system ■ Modelling approaches for CNS applications ■ Neuroethical aspects <p>Student covered topics will contain:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Cochlea Implant - Deafness ■ Retina Implant - Blindness ■ Deep Brain Stimulation - Parkinson's Disease ■ Spinal Cord Stimulation - Chronic Pain Syndrome ■ Vagal Nerve Stimulation - Epilepsy ■ Functional Electrical Stimulation - Drop Foot Syndrome ■ Human Machine Interfacing - BCI and BMI ■ Foreign Body Reaction
Zu erbringende Prüfungsleistung
Written documentation and oral presentation. The module grade is based on the written documentation (50%) and the oral presentation (50%).
Zu erbringende Studienleistung
None

Literatur
<ul style="list-style-type: none">■ Farina, D., Jensen, W., Akay, M., Eds. (2013). INTRODUCTION TO NEURAL ENGINEERING FOR MOTOR REHABILITATION, IEEE■ Dagnelie, G., Ed. (2011). Visual Prosthetics: Physiology, Bioengineering, Rehabilitation: Physiology, Bioengineering and Rehabilitation, Springer■ DiLorenzo, D. J. and J. D. Bronzino, Eds. (2008). Neuroengineering Boca Raton, CRC Press■ Akay, M. (2007). Handbook of Neural Engineering, IEEE Press, Wiley■ Dornhege, G., et al., Eds. (2007). Toward Brain-Computer Interfacing. Neural Information Processing Series. Cambridge, MA, MIT Press■ Horch, K. W. and G. S. Dhillon (2004). Neuroprosthetics - Theory and Practice. Singapore-London, World Scientific Publishing
Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
High level knowledge in mathematics and natural sciences

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Neurowissenschaften für Ingenieure / Neuroscience for Engineers	11LE50MO-5319 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Ulrich Egert	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Biomikrotechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	3.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 hours
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
None

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Neurowissenschaften für Ingenieure / Neuroscience for Engineers - Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 hours
Neurowissenschaften für Ingenieure / Neuroscience for Engineers - Übung	Übung	Wahlpflicht		1.00	

Qualifikationsziel
After completing this module, students will understand the fundamental neuroscientific concepts, methods, processes and structures that define or influence the function of technical components in biomedical applications.
Bemerkung / Empfehlung
The lecture is interdisciplinary and is offered for students of MSc Microsystems Engineering, Embedded Systems Engineering and Computer Science. If necessary the lecture will be taught in English. All slides and texts used are in English.

Verwendbarkeit der Veranstaltung

This module is (among others) for:

- Bachelor of Science Mikrosystemtechnik (PO 2018) students, in the elective area MST
- Master of Science Microsystems Engg. and Mikrosystemtechnik (PO 2021) students in the concentration area Biomedical Engineering (Biomedizinische Technik).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Neurowissenschaften für Ingenieure / Neuroscience for Engineers	11LE50MO-5319 PO 2021
Veranstaltung	
Neurowissenschaften für Ingenieure / Neuroscience for Engineers - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5319
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Biomikrotechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	39 hours
Selbststudium	51 hours
Workload	90 hours

Inhalt
<p>The lecture series conveys the foundations of various neuroscientific processes, structures and measuring techniques.</p> <p>We emphasize processes that</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ influence the generation and properties of signals measurable with neuronal systems, ■ influence the usability of MST components, such as sensors and implants, ■ are relevant for typical fields of application of MST components, e.g. implantable sensors, prostheses, neurotechnology, etc.. <p>In the course of the lectures we will present and overview of central neuroscientific concepts, tools and applications</p> <p>Main topics are:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Structure of the nervous systems ■ Biophysics of electrical potentials ■ Neuronal networks and their signals ■ Sensory systems ■ Foundations of learning and memory ■ Interaction with neuronal networks

Zu erbringende Prüfungsleistung
Written exam (90 min.)
Zu erbringende Studienleistung
none
Literatur
Literature will be presented during the lecture
Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
None

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Neurowissenschaften für Ingenieure / Neuroscience for Engineers	11LE50MO-5319 PO 2021
Veranstaltung	
Neurowissenschaften für Ingenieure / Neuroscience for Engineers - Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5319
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Biomikrotechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	1.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalt	
Zu erbringende Prüfungsleistung	
see lecture	
Zu erbringende Studienleistung	
None	
Teilnahmevoraussetzung	
None	
Empfohlene Voraussetzung	
None	

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Signalverarbeitung und Analyse von Gehirnsignalen / Signal processing and analysis in brain signals	11LE50MO-5312 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr.-Ing. Thomas Stieglitz	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Biomedizinische Mikrotechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 hours
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
None

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Signalverarbeitung und Analyse von Gehirnsignalen / Signal processing and analysis in brain signals - Vorlesung	Vorlesung	Pflicht	3,0	2.00	90 hours

Qualifikationsziel
<p>The objective of the module is to show, how signal processing and analysis methods can add additional information to the classical ways of interpreting brain signals measured by electroencephalography (EEG) or magnetoencephalography (MEG).</p> <p>This goes beyond the basic signal processing methods to separate the signal from background noise. General techniques for pattern recognition will be presented and how they are tailored for the daily use in clinical practice or neuroscience research. As a result students will have knowledge of general tools in pattern recognition in recordings of brain signals and how to adapt them to the requirements of the specifics needs in clinical use or for research projects.</p> <p>The second part of the module will add modelling to the signal analysis to perform the localization of generators of brain activity. Different approaches of modelling of the head and the generators of the brain activity will be introduced. The objective is to provide the students with knowledge about different modelling levels and strategies about the selection of generator models, which are appropriate for a given source localization task.</p>

Verwendbarkeit der Veranstaltung

Students of the M.Sc. programmes Microsystems Engg. and Mikrosystemtechnik (PO 2021) can select this module in the concentration area Biomedical Engineering (Biomedizinische Technik).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Signalverarbeitung und Analyse von Gehirnsignalen / Signal processing and analysis in brain signals	11LE50MO-5312 PO 2021
Veranstaltung	
Signalverarbeitung und Analyse von Gehirnsignalen / Signal processing and analysis in brain signals - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5312
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Biomedizinische Mikrotechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	26 hours
Selbststudium	64 hours
Workload	90 hours

Inhalt
<p>The course starts with an introduction to the basic principles of the measurement of neurophysiological signals mainly EEG and MEG. Despite a basic technical introduction of the measurement systems an overview about physiological and pathological patterns and rhythms in brain signal is given. Pattern recognition in the diagnostics of patients suffering from epilepsy is one core topic of the module. Long term recordings of EEG in epilepsy diagnostic create a high demand for automatic EEG analysis procedures. Three different types of events are at the moment in the focus for automatic detection strategies.</p> <p>a) Epileptic seizures, which are the core syndrome of the disease. Automatic detection may facilitate the review of long term recordings tremendously.</p> <p>b) Short high amplitude peaks in EEG and MEG called spikes contribute to the diagnoses of epilepsy and give information related to the localization of the seizure onset region in focal epilepsy.</p> <p>c) Oscillatory activity in the frequency range between 80 Hz and 600 Hz gives according to recent result probably more specific information about the seizure origin area than spikes.</p> <p>Signal processing and pattern recognition strategies are presented and how they can be applied to the patterns of interest in epilepsy diagnostic.</p> <p>In detail following strategies will be presented:</p> <p>a) Heuristics</p> <p>b) Template matching</p> <p>c) Wavelet transformation</p> <p>d) Hilbert transformation</p> <p>e) Background and target modelling</p> <p>f) Artificial neural networks</p>

A second focus of the module is related to the localization of generators of neuronal activity based on EEG and MEG measurements.

The introduction starts with the presentation of the Maxwell equations and the common simplifications as they are applied in EEG and MEG source localization. Localization includes two basic components, the forward simulation and an inverse parameter estimation procedure. Concepts of the following forward models representing the physical properties of the head are presented:

- a) Spherical model
- b) Boundary element model
- c) Finite element model

Main types of focal and distributed inverse models will form the contents of the inverse part of the source localization procedure.

Exemplary application examples will show the complete processing chain from measurements and image acquisition to localization results.

Zu erbringende Prüfungsleistung

Oral exam (30 minutes)

Zu erbringende Studienleistung

None

Teilnahmevoraussetzung

None

Empfohlene Voraussetzung

None

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Siliziumbasierte Neurosonden / Silicon-based Neural Technology	11LE50MO-5116 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Oliver Paul	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Materialien der Mikrosystemtechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 hours
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung
none
Empfohlene Voraussetzung
Advanced Silicon Technologies for MEMS and IC

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Siliziumbasierte Neurosonden / Silicon-based Neural Technology	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 hours

Qualifikationsziel
Students will gain a detailed overview of silicon-based probes used in basic neuroscience research and their combination with alternative materials to provide the desired functionalities. Students will learn the basic requirements regarding system design and function, as well as the system-specific manufacturing technologies.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Siliziumbasierte Neurosonden / Silicon-based Neural Technology	11LE50MO-5116 PO 2021
Veranstaltung	
Siliziumbasierte Neurosonden / Silicon-based Neural Technology	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5116
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Materialien der Mikrosystemtechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	30
Selbststudium	60
Workload	90 hours

Inhalt
<ul style="list-style-type: none"> ■ Introduction - Basic requirements in neuroscience ■ Electrical probes ■ Fluidic probes ■ Optical probes ■ Chemotrodes ■ IC Technologies for Signal Amplification and Processing ■ Packaging and interconnection technologies
Zu erbringende Prüfungsleistung
Oral examination if there are 20 or fewer than 20 registered participants; written examination if there are more than 20 registered participants (minimum 60 and maximum 240 minutes). Details will be announced by the examiner in due time.
Zu erbringende Studienleistung
Regular attendance (2/3 of the sessions)
Literatur
current conference and journal articles
Teilnahmevoraussetzung
none

Empfohlene Voraussetzung

Advanced Silicon Technologies for MEMS and IC

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Technologien der Implantatfertigung / Implant Manufacturing Technologies	11LE50MO-5313 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr.-Ing. Thomas Stieglitz	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Biomedizinische Mikrotechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	3.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 hours
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
None

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Technologien der Implantatfertigung / Implant Manufacturing Technologies - Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 hours
Technologien der Implantatfertigung / Implant Manufacturing Technologies - Übung	Übung	Wahlpflicht		1.00	

Qualifikationsziel
<p>The aim of the module is to teach the physical and technological fundamentals for manufacturing electrically active implants, to become familiar with basic structures and elements as well as methods and processes for their manufacture. The theoretical engineering basis for understanding the function and failure modes of this type of implants is provided.</p> <p>The module teaches students of microsystems engineering the various, basic processes on the basis of which complex implants can be realized. The exercise supplements the theoretical knowledge with practical aspects and guides the independent application of the knowledge gained.</p>
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students of the M.Sc. programmes Microsystems Engg. and Mikrosystemtechnik (PO 2021) can select this module in the concentration area Biomedical Engineering (Biomedizinische Technik).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Technologien der Implantatfertigung / Implant Manufacturing Technologies	11LE50MO-5313 PO 2021
Veranstaltung	
Technologien der Implantatfertigung / Implant Manufacturing Technologies - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5313
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Biomedizinische Mikrotechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	45 hours
Selbststudium	45 hours
Workload	90 hours

Inhalt
<p>In the lecture Implant Manufacturing Technologies, knowledge and methods for the development of electrically active implants such as pacemakers or hearing prostheses (cochlear implants) are taught. Materials, components, systems and legal frameworks are presented. Clinically established (neuro-) implants as well as novel developments, which are still in the research phase, will be presented and critically discussed. The following topics will be covered during the lecture:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Overview of active implants & neuroprostheses in clinical and research settings. ■ Definitions and classification of electrically active implants ■ Biocompatibility testing and biostability (corrosion and degradation) ■ Electrodes ■ Design of electrically active implants (components, interfaces) ■ Silicone as material for encapsulation ■ Materials for hermetically sealed housings ■ Connections and joining techniques ■ Requirements for implant development and production (risk management, FMEA, production rooms, documentation) ■ Thin-film technology in implant development ■ Manufacturing of microimplants using the example of a BION <p>Finally, the learning content will be repeated together with the students in order to facilitate the preparation for the examination.</p>

Zu erbringende Prüfungsleistung
Written examination (90 minutes)
Zu erbringende Studienleistung
None
Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
None

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Technologien der Implantatfertigung / Implant Manufacturing Technologies	11LE50MO-5313 PO 2021
Veranstaltung	
Technologien der Implantatfertigung / Implant Manufacturing Technologies - Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5313
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Biomedizinische Mikrotechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	1.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalt
Zu erbringende Prüfungsleistung
See lecture
Zu erbringende Studienleistung
None
Teilnahmevoraussetzung
none

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Technologien der Implantatfertigung - Praktikum / Implant Manufacturing Technologies - Laboratory	11LE50MO-5314 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr.-Ing. Thomas Stieglitz	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Biomedizinische Mikrotechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 hours
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
Successful completion of the module "Technologien der Implantfertigung / Implant manufacturing technologies".
Empfohlene Voraussetzung
Basic knowledge in mathematics and sciences.

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Technologien der Implantatfertigung - Praktikum / Implant Manufacturing Laboratory	Praktikum	Wahlpflicht	3,0	4.00	90 hours

Qualifikationsziel
The aim of the module is to train the skills for manufacturing electrically active implants, to become familiar with basic structures and elements as well as methods and processes for their manufacture. The theoretical engineering basis for understanding the function and failure modes of this type of implants is complemented by practical skills and experience during own manufacturing of a demonstrator of an active implant.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students of the M.Sc. programmes Microsystems Engg. and Mikrosystemtechnik (PO 2021) can select this module in the concentration area Biomedical Engineering (Biomedizinische Technik).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Technologien der Implantatfertigung - Praktikum / Implant Manufacturing Technologies - Laboratory	11LE50MO-5314 PO 2021
Veranstaltung	
Technologien der Implantatfertigung - Praktikum / Implant Manufacturing Laboratory	
Veranstaltungsart	Nummer
Praktikum	11LE50P-5314
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Biomedizinische Mikrotechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	52 hours
Selbststudium	38 hours
Workload	90 hours

Inhalt
<p>In the course of the practical exercises, the students re-build the first generation of a neuroprosthetic device, a cochlear implant. Groups with a maximum of three persons manufacture the implant in structured learning units on their own under supervision at different manufacturing setups. The learning units include:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Laser marking and cutting ■ Screen printing ■ Hybrid implant assembly ■ Design of printed circuit boards ■ Development and etching of printed circuit boards ■ Cleansing and cleaning of substrates ■ Silicone encapsulation or electronic circuits ■ Packaging and sterilization ■ Technical implant function test
Zu erbringende Prüfungsleistung
Written test prior to each of the seven experiments. The module grade is the average of the marks obtained in the seven tests.
Zu erbringende Studienleistung
Mandatory attendance in the 12 sessions is required. In case of illness, an additional session is offered.

Teilnahmevoraussetzung

Successful completion of the module "Technologien der Implantfertigung / Implant manufacturing technologies".

Empfohlene Voraussetzung

Basic knowledge in mathematics and sciences.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Biointerfaces I - Basics for Bioanalytical Systems	11LE50MO-5406_1 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Jürgen Rühle	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Chemie und Physik von Grenzflächen	
Fachbereich / Fakultät	
Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 hours
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
None

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Biointerfaces I - Basics for Bioanalytical Systems	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 hours
Biointerfaces I - Basics for Bioanalytical Systems	Prüfung	Wahlpflicht	3,0		

Qualifikationsziel
The learning objective is the understanding of the basic methods for the analysis of biomolecules and their technical requirements. The participant will acquire an understanding of methods of DNA analysis (e.g. PCR) and protein analysis (e.g. ELISA) and will be able to plan such analyses (equipment / execution).
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students of the M.Sc. programmes Microsystems Engg. and Mikrosystemtechnik (PO 2021) can select this module in the concentration area Biomedical Engineering (Biomedizinische Technik).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Biointerfaces I - Basics for Bioanalytical Systems	11LE50MO-5406_1 PO 2021
Veranstaltung	
Biointerfaces I - Basics for Bioanalytical Systems	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5406_1
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Chemie und Physik von Grenzflächen	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Präsenzstudium	30 hours
Selbststudium	60 hours
Workload	90 hours

Inhalt
<ul style="list-style-type: none"> ■ DNA analytics (enzymes / methods / devices) ■ Various PCR methods ■ DNA Fingerprinting ■ Protein analysis (enzymes / methods / devices) ■ Antibody based detection systems (ELISA)
Zu erbringende Prüfungsleistung
Written exam (90 minutes)
Zu erbringende Studienleistung
None
Literatur
Materials are provided via the ILIAS system. An ILIAS page will be created and made available to students before the start of lectures.
Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
None

Name des Kontos	Nummer des Kontos
Photonics	11LE50KO-WP-MSc-986-2021 WP2 P
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
Benotung	A- Berechnung 1 NachK

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Gassensorik / Gas sensors_PO 2009_2	11LE50MO-5704 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Jürgen Wöllenstein	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Dünnschicht-Gassensorik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 Stunden
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung
Keine
Empfohlene Voraussetzung
keine

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Gassensorik / Gas sensors	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 Stunden

Qualifikationsziel
Das Ziel dieses Moduls ist die Vermittlung der physikalischen, chemischen, elektrischen Funktionsweise von Gassensoren. Dabei werden aufbauend auf den vermittelten Grundlagen typische Sensoranordnungen, Herstellungs-verfahren mit Fokus auf die Mikrosystemtechnik sowie Anwendungen der Sensoren in der Praxis vorgestellt. Die Studierenden sollen den Zusammen-hang zwischen den Messprinzip, Design, Fertigungsprozessen und dem Einsatz der Sensoren erlernen.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Studierende der Masterstudiengänge Microsystems Engineering und Mikrosystemtechnik (PO 2021) können dieses Modul im Vertiefungsbereich Photonik wählen.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Gassensorik / Gas sensors_PO 2009_2	11LE50MO-5704 PO 2021
Veranstaltung	
Gassensorik / Gas sensors	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5704
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Dünnschicht-Gassensorik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	deutsch
Präsenzstudium	30 Stunden
Selbststudium	60 Stunden
Workload	90 Stunden

Inhalt
<p>In der Vorlesung werden Gassensoren, die auf unterschiedlichsten, chemischen und physikalischen Prinzipien basieren, vorgestellt und deren Funktionsweise, Herstellung und Anwendung vermittelt. Gassensoren decken Massenmärkte mit sehr großen Stückzahlen ebenso ab, wie applikationsspezifische Sonderlösungen. Folgende wichtige Grundlagen für die Gassensorik werden diskutiert:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Wechselwirkung Gas-Halbleiter, Adsorption, Elektrische Auswirkungen von adsorbierten Gasen ■ Wärmeleitung u. -kapazität, Paramagnetismus von Gasen ■ Schwingungs- und Rotationsspektren im IR, Druck- und Dopplerverbreiterung, Linienformen ■ Interferometer, Schwarzkörperstrahlung, Elektrochemie <p>Folgende Bauelemente und Messsysteme werden vorgestellt:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Metalloxidgassensoren, Lambdasonde, Gassensitive Feldeffekttransistoren ■ Wärmeleitfähigkeitssensoren, Pelistoren ■ Paramagnetischer Sauerstoffsensor ■ Optische Systeme (Laserspektrometer, Filterphotometer, Photoakustik, Wellenleiter), Fourier Transformations Infrarot Spektrometer ■ Elektrochemische Sensoren, Elektronische Nasen
Zu erbringende Prüfungsleistung
mündliche Abschlussprüfung (30 Minuten)

Zu erbringende Studienleistung
keine
Literatur
Begleitend zur Vorlesung wird ein Folien-Skriptum zur Verfügung gestellt.
Teilnahmevoraussetzung
Keine
Empfohlene Voraussetzung
Keine

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Lasers	11LE50MO-5266 PO 2021
Verantwortliche/r	
PD Dr. Ingo Breunig	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Optische Systeme	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 hours
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
It is recommended to have attended the "Micro-optics" lecture before attending this course.

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Lasers	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 hours

Qualifikationsziel
Lasers are versatile tools with a high relevance for microsystems engineering. In this course, the students gain knowledge about different types of lasers and their respective applications. They achieve a deeper understanding on the fundamentals of laser operation. Consequently, the participants will be able to
<ul style="list-style-type: none"> - Select an appropriate laser for a given task - Better design microsystems including lasers - Easier understand already existing systems
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students of the M.Sc. programmes Microsystems Engg. and Mikrosystemtechnik (PO 2021) can select this module in the concentration area Photonics (Photonik).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Lasers	11LE50MO-5266 PO 2021
Veranstaltung	
Lasers	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5266
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Optische Systeme	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	26 hours
Selbststudium	64 hours
Workload	90 hours

Inhalt
<ul style="list-style-type: none"> - Fundamentals of laser operation and basic setup - Resonator concepts and miniaturization concepts - Properties of different laser types (gas lasers, solid state lasers, semiconductor lasers) - Important operation modes (single frequency, short laser pulses) - Changing the color of laser light - Applications (analytics, 3d shape determination,...)
Zu erbringende Prüfungsleistung
Written examination (90 minutes)
Zu erbringende Studienleistung
None
Literatur
A. E. Siegman, "Lasers" D. Meschede, "Optics, Light and Lasers" A. Yariv, "Photonics: Optical Electronics in Modern Communications"
Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
It is recommended to have attended the "Micro-optics" lecture before attending this course.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Microscopy and Optical Image Formation	11LE50MO-5901 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Alexander Rohrbach	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Bio- und Nano-Photonik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	5.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	180 hours
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung
none
Empfohlene Voraussetzung
none

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Microscopy and Optical Image Formation	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	3.00	180 hours
Microscopy and Optical Image Formation	Übung	Wahlpflicht		2.00	

Qualifikationsziel
<p>The students shall understand how light can be guided through optical systems, how optical information can be described effectively by three-dimensional transfer functions in Fourier space, how the phase information of a wave can be transferred into amplitude information to produce image contrast. Furthermore, the students will learn to distinguish coherent and incoherent imaging techniques and learn about state-of-the-art techniques with self-reconstructing beams, two photon excitation, fluorophore depletion by stimulated emission (STED) or multi-wavelength mixing as in coherent anti-Stokes Raman scattering (CARS).</p> <p>This module is a application-oriented mixture of fundamental physics, conceivable mathematical theories and numerous examples and images and tries to convey the latest state of this particular scientific discipline, which will massively influence the areas of nanotechnology, biology and medicine in the next years.</p>
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students of the M.Sc. programmes Microsystems Engg. and Mikrosystemtechnik (PO 2021) can select this module in the concentration area Photonics (Photonik).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Microscopy and Optical Image Formation	11LE50MO-5901 PO 2021
Veranstaltung	
Microscopy and Optical Image Formation	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5901 ab 2020
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Bio- und Nano-Photonik	
Fachbereich / Fakultät	
Physikalisches Institut-VB Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	3.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	75 hours
Selbststudium	105 hours
Workload	180 hours

Inhalt
<p>1. Microscopy: History, Presence and Future</p> <p>1.1 History</p> <p>1.2 Present and Future Tasks</p> <p>1.3 Literature</p> <p>2. Wave- and Fourier-Optics</p> <p>2.1 What is Light?</p> <p>2.2 The change of Light in Matter</p> <p>2.3 Helmholtz equation and plane waves</p> <p>2.4 Wave functions in space and frequency domain</p> <p>2.5 Superposition of waves: Interference and Coherence</p> <p>2.6 Fourier-Optics</p> <p>2.7 Wave propagation and diffraction</p> <p>3. Three-dimensional optical imaging and information transfer</p> <p>3.1 Imaging through lenses</p> <p>3.2 Optical image formation – a spatial low-pass filtering</p> <p>3.3 Optical resolution and optical transfer function</p> <p>3.4 Coherent and incoherent imaging</p> <p>3.5 Vectorial light focusing</p> <p>3.6 Aberrations of the Point-Spread Function</p> <p>4. Contrast enhancement by Fourier-filtering</p>

- 4.1 Image formation with phase objects
- 4.2 Phase contrast according to Zernike
- 4.3 Dark field microscopy and amplitude spatial filters
- 4.4 Generating contrast by polarization
- 4.5 Holographic microscopy

- 5. Fluorescence – Basics and Techniques
 - 5.1 Definitions and principles of light scattering
 - 5.2 Fluorescence excitation und emission
 - 5.3 Decay rates and fluorescence lifetime
 - 5.4 Fluorescence Polarisation and Anisotropy

- 6. Point scanning and confocal microscopy
 - 6.1 Image formation with point- and area-detectors
 - 6.2 Confocal microscopy
 - 6.3 4pi Microscopy

- 7. Microscopy in thick media
 - 7.1 Photon diffusion in strongly scattering media
 - 7.2 Light Sheet Microscopy
 - 7.3 Microscopy with holographic scan beams
 - 7.4 Lattice light-sheet microscopy

- 8. Nearfield and Evanescent Field Microscopy
 - 8.1 The spectrum of near fields and farfields
 - 8.2 Nearfield Scanning Optical Microscopy (NSOM)
 - 8.3 Evanescent illumination and TIR- Microscopy

- 9. Super-resolution by structured illumination
 - 9.1 Modulated illumination to increase resolution
 - 9.2 Structured illumination for axial sectioning

- 10. Multi-Photon-Microscopy
 - 10.1 Basics of nonlinear optics
 - 10.2 Two-photon fluorescence microscopy
 - 10.3 Second Harmonic Generation-Microscopy
 - 10.4 CARS microscopy

- 11. Super-resolution imaging by switching single molecules
 - 11.1 Position tracking
 - 11.2 STED-Microscopy
 - 11.3 PALM and STORM
 - 11.4 Super-resolution optical fluctuation imaging (SOFI)

- 12. Appendix
 - 12.1 Signal and Noise
 - 12.2 Survey about super resolution microscopy

Zu erbringende Prüfungsleistung

Up to 6 students: oral exam (40 minutes)
7 or more students: written exam (120 minutes)

Zu erbringende Studienleistung

see tutorials

Literatur

An additional scriptum with defined blank areas (white boxes), accompanying the lecture contents, will be provided.

Teilnahmevoraussetzung
none
Empfohlene Voraussetzung
none

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Microscopy and Optical Image Formation	11LE50MO-5901 PO 2021
Veranstaltung	
Microscopy and Optical Image Formation	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5901 ab 2020
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Bio- und Nano-Photonik	
Fachbereich / Fakultät	
Physikalisches Institut-VB Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalt
The tutorials help the student to get a more in depth and thorough understanding of the lecture. Here, a special focus is put on the transfer of knowledge obtained in the lecture. To achieve this the students should prepare weekly exercises and present them during the tutorial. Only difficult exercises may be presented by the tutors.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Written or oral exam, depending on the number of participants.
Zu erbringende Studienleistung
In order to meet the requirements of the "Studienleistung", the students have to treat a minimum of 60% of the tutorial exercises, and additionally present minimum two exercises in the tutorials.
Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
None

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Nano-Photonik – Optische Manipulation und Partikeldynamik	11LE50MO-5281 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Alexander Rohrbach	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Bio- und Nano-Photonik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	5.0
Empfohlenes Fachsemester	4
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	180 h
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
Basic courses in mathematics and physics, foundations of optics

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Nano-Photonik – Optische Manipulation und Partikeldynamik	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	3.00	180 h
Nano-Photonik – Optische Manipulation und Partikeldynamik	Übung	Wahlpflicht		2.00	

Qualifikationsziel
<p>You think basic research and applied research cannot be well combined? You think that directing a laser pointer beam into a droplet of coffee results in infinitely complex physics, but explaining the physics therein is not good for anything? You want to learn complex physics of technologies that is of social benefit? If yes, this lecture can be interesting to you!</p> <p>In this lecture you will learn</p> <ul style="list-style-type: none"> - the direct relation from the Maxwell equations and the electromagnetic force density to optical forces and optical tweezers, which allowed to control molecular processes mainly in cellular biology and medicine - how photons transfer momentum to microscopic objects and how scattered photons transfer information about the state of the objects. In particular coherent light can encode extremely much information about the state of small objects, which, driven by thermal forces, continuously change their position and orientation relative to their environment. All this can be directly measured through $\mu\text{s-nm}$ particle tracking.

- how smallest probes can interact on a molecular scale with their environment, which can be analyzed by correlations of changes in the probe's states. In this way, the interaction of probes with living cells gives new insights into cellular diseases. This includes not only bacterial and viral infections, but also exposure of particulate matter to lung cells.

Verwendbarkeit der Veranstaltung

Students of the M.Sc. programmes Microsystems Engg. and Mikrosystemtechnik (PO 2021) can select this module in the concentration area Photonics (Photonik).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Nano-Photonik – Optische Manipulation und Partikeldynamik	11LE50MO-5281 PO 2021
Veranstaltung	
Nano-Photonik – Optische Manipulation und Partikeldynamik	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5281
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Bio- und Nano-Photonik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	3.0
Empfohlenes Fachsemester	4
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	65 h
Selbststudium	115 h
Workload	180 h

Inhalt
1 Introduction 2 Light – Carrier of Information and Actor 3 Microscopy und Light Focussing 4 Light Scattering 5 Manipulation by Optical Forces 6 Particle Tracking beyond the UncertaintyRegime 7 Thermal Motion and Calibration 8 Photonic Force Microscopy 9 Applications in Biophysics and Medicine 10 Time-Multiplexing and holographic opticaltraps 11 Applications in Micro- and Nano-Technology 12 Appendix
Zu erbringende Prüfungsleistung
Written exam (120 minutes)
Zu erbringende Studienleistung
see exercise
Literatur
Accompanying to the lecture printed lecture notes with defined gaps (white boxes) are distributed.

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
Basic courses in mathematics and physics, foundations of optics

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Nano-Photonik – Optische Manipulation und Partikeldynamik	11LE50MO-5281 PO 2021
Veranstaltung	
Nano-Photonik – Optische Manipulation und Partikeldynamik	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5281
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Bio- und Nano-Photonik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	4
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalt
The tutorials help the students to get a more in depth and thorough understanding of the lecture. Here, a special focus is put on the transfer of knowledge obtained in the lecture. To achieve this the students should prepare weekly exercise and present them during the tutorial. Only difficult exercises are presented by the tutors.
Zu erbringende Prüfungsleistung
See lecture
Zu erbringende Studienleistung
The course work is considered succesfully passed when the student has submitted 60% of the exercises and demonstrated the solution of two assignments during the exercise sessions.
Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
Basic courses in mathematics and physics, foundations of optics

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Optik-Praktikum Grundlagen / Basic Optics Laboratory	11LE50MO-5213 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Hans Zappe	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Mikrooptik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 hours
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
BSc. level in physics and mathematics; MSc. course Micro-optics.

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Optik-Praktikum Grundlagen / Basic Optics Laboratory	Praktikum	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 hours

Qualifikationsziel
<p>The Basic Optics Laboratory provides an opportunity for hands-on experimentation on the topics introduced in the Micro-optics course. As a result, the students will develop expertise in the design, assembly and characterization of optical systems and become experienced in making optical measurements.</p> <p>At the completion of the course, the successful student should possess:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ the ability to analyze measurement data and estimate errors; ■ the ability to apply error propagation methods; ■ the ability to assemble and align optical systems; ■ a basic understanding of optical design methods; ■ the ability to apply optical measurement techniques; ■ the ability to apply analytical and graphical techniques for analyzing optical images.

Verwendbarkeit der Veranstaltung

Students of the M.Sc. programmes Microsystems Engg. and Mikrosystemtechnik (PO 2021) can select this module in the concentration area Photonics (Photonik).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Optik-Praktikum Grundlagen / Basic Optics Laboratory	11LE50MO-5213 PO 2021
Veranstaltung	
Optik-Praktikum Grundlagen / Basic Optics Laboratory	
Veranstaltungsart	Nummer
Praktikum	11LE50P-5213-2
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Mikrooptik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	4
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	26 hours
Selbststudium	64 hours
Workload	90 hours

Inhalt
<p>One laboratory experiment has been conceived for each of the important topics addressed in the Micro-optics course; a different experiment is performed each week of the laboratory course. The topics addressed include geometric, reflective, diffractive and fiber optics as well as Fourier optics, interference, diffraction and polarization. To allow adequate representation and analysis of the measured experimental data, the course begins with a compact mini-lecture on data analysis.</p> <p>Table of contents:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Statistics and data analysis 2. Error propagation 3. Focal length of lenses 4. Focal length of lens systems 5. Construction of a microscope 6. Diffraction from gratings 7. Newton's rings 8. Fiber optics 9. Construction of an interferometer 10. Polarization
Zu erbringende Prüfungsleistung
<p>A laboratory report is required for each of the 8 experiments. The overall grade will be the average of the grades of the individual laboratory reports. All experiments must be performed and a lab report written. In case of illness an amended date for the missed experiment will be offered.</p>

Zu erbringende Studienleistung
None
Literatur
<p>In German:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ E. Hecht: Optik ■ Walcher: Praktikum der Physik ■ Westphal: Physikalisches Praktikum ■ Geschke: Physikalisches Praktikum <p>In English:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ H. Zappe: Fundamentals of Micro-optics ■ E. Hecht: Optics ■ B. Saleh & M. Teich: Fundamentals of Photonics ■ S. Sinziger & J. Jahns: Microoptics ■ W. Smith: Modern Optical Engineering ■ P. Hariharan: Basics of interferometry ■ R.R. Shannon: The art and science of optical design ■ D. Malacara: Optical shop testing ■ W.J. Smith: Practical optical system layout
Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
BSc. level in physics and mathematics; MSc. course Micro-optics.
Bemerkung / Empfehlung
Participants in this laboratory course will work in groups on the ten experimental modules. Individual guidance will be in English and German according to preference. Instruction manuals in English and German will be made available.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Optik-Praktikum Fortgeschritten / Advanced Optics Laboratory	11LE50MO-5280 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Hans Zappe	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Mikrooptik-VB	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	30 hours
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung
Successful participation in the 'Basic Optics Laboratory' is a prerequisite.
Empfohlene Voraussetzung
None

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Optik-Praktikum Fortgeschritten / Advanced Optics Laboratory	Praktikum	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 hours

Qualifikationsziel
The students will develop advanced expertise in the design, assembly and characterization of optical systems and become experienced in understanding physics in optical systems.
At the completion of the course, the students will possess:
<ul style="list-style-type: none"> ■ the ability to design optical systems ■ the ability to assemble and align complex optical systems ■ the ability to analyze the properties of optical systems ■ an insight into modern optical experiments ■ advanced knowledge in analyzing experimental results ■ an understanding of physics in optical setups
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students of the M.Sc. programmes Microsystems Engg. and Mikrosystemtechnik (PO 2021) can select this module in the concentration area Photonics (Photonik).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Optik-Praktikum Fortgeschritten / Advanced Optics Laboratory	11LE50MO-5280 PO 2021
Veranstaltung	
Optik-Praktikum Fortgeschritten / Advanced Optics Laboratory	
Veranstaltungsart	Nummer
Praktikum	11LE50P-5217-2
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Mikrooptik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	30 hours
Selbststudium	60 hours
Workload	90 hours

Inhalt
<p>This advanced Optics Lab Course provides an opportunity for hands-on experimentation on topics introduced in the different optics courses at IMTEK. The course is based on the knowledge acquired in the 'Basic Optics Laboratory' which is a prerequisite.</p> <p>Table of contents:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Anamorphic imaging ■ Dynamically addressable gratings ■ Whispering gallery resonators ■ Michelson interferometer and coherence ■ Three dimensional light distribution in a 6f system ■ Diode pumped solid state laser
Zu erbringende Prüfungsleistung
A laboratory report is required for each of the 6 experiments. The overall grade will be the average of the grades of the individual laboratory reports. All experiments must be performed and a lab report written. In case of illness an amended date for the missed experiment will be offered.
Zu erbringende Studienleistung
None
Literatur
In German:

- Naumann/Schröder: Bauelemente der Optik
- E. Hecht: Optik
- Walcher: Praktikum der Physik
- Westphal: Physikalisches Praktikum
- Geschke: Physikalisches Praktikum

In English:

- H. Zappe: Fundamentals of Micro-optics
- Goodman: Introduction to Fourier Optics
- E. Hecht: Optics
- B. Saleh & M. Teich: Fundamentals of Photonics
- W. Smith: Modern Optical Engineering
- P. Hariharan: Basics of interferometry
- R.R. Shannon: The art and science of optical design
- W.J. Smith: Practical optical system layout

Teilnahmevoraussetzung

Successful participation in the 'Basic Optics Laboratory' is a prerequisite

Empfohlene Voraussetzung

None

Bemerkung / Empfehlung

Participants in this laboratory course will work in groups on the ten experimental modules. Individual guidance will be in English and German according to preference. Instruction manuals in English and German will be made available.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Optische Materialien / Optical Materials	11LE50MO-5113-2 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Karsten Buse	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Optische Systeme	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Albert-Ludwigs-Universität Freiburg	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	180 hours
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
It is strongly recommended to attend the Micro-optics lecture before attending this course.

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Optische Materialien / Optical Materials - Vorlesung	Vorlesung	Pflicht		2.00	180 hours
Optische Materialien / Optical Materials - Übung	Übung	Wahlpflicht		2.00	

Qualifikationsziel
Optical devices rely on optical materials that control the propagation (lenses, fibers), the polarization (half-wave plates, Faraday rotators), or the frequency (nonlinear-optical materials) of light. In this course, we will classify optical materials and cover the fundamentals of light-matter interaction as well as effects that are widely used in many applications. Our goal is to enable the participants to understand important optical devices from the material point-of-view and to qualify the attendees to select the right material for a particular application.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students of the M.Sc. programmes Microsystems Engg. and Mikrosystemtechnik (PO 2021) can select this module in the concentration area Photonics (Photonik).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Optische Materialien / Optical Materials	11LE50MO-5113-2 PO 2021
Veranstaltung	
Optische Materialien / Optical Materials - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5113
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Optische Systeme	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	60 hours
Selbststudium	120 hours
Workload	180 hours

Inhalt
<ol style="list-style-type: none"> 1. Classification of optical materials 2. Fabrication 3. Interaction of light and matter 4. Pulse propagation in dispersive materials 5. Birefringence 6. Faraday effect 7. Nonlinear-optical effects 8. Pockels effect 9. Kerr effect 10. Photorefractivity 11. Frequency conversion 12. Optical parametric oscillators 13. Optical whispering galleries
Zu erbringende Prüfungsleistung
Written exam (150 minutes)
Zu erbringende Studienleistung
None

Literatur
<ul style="list-style-type: none">■ B. E. A. Saleh, M. C. Teich, „Grundlagen der Photonik“■ A. Yariv, "Photonics: Optical Electronics in Modern Communications"
Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
It is strongly recommended to attend the Micro-optics lecture before attending this course.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Optische Materialien / Optical Materials	11LE50MO-5113-2 PO 2021
Veranstaltung	
Optische Materialien / Optical Materials - Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5113
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Optische Systeme	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalt	
Zu erbringende Prüfungsleistung	
See lecture	
Zu erbringende Studienleistung	
None	
Teilnahmevoraussetzung	
none	

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Optische MEMS / Optical MEMS	11LE50MO-5240 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Hans Zappe	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik, Mikrooptik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	4
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 hours
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
It is strongly recommended to successfully complete the Micro-optics module before taking this course.

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Optische MEMS / Optical MEMS - Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 hours

Qualifikationsziel
<ul style="list-style-type: none"> ■ Theoretical understanding of fundamental optical phenomena exploited by the MOEMS technology ■ Acquisition of the essential skills necessary for the design, microfabrication, modeling, and characterization of MEMS/MOEMS components ■ A comprehensive knowledge of MOEMS based commercial systems and a basic understanding of the particular applications enabled by MOEMS
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students of the M.Sc. programmes Microsystems Engg. and Mikrosystemtechnik (PO 2021) can select this module in the concentration area Photonics (Photonik).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Optische MEMS / Optical MEMS	11LE50MO-5240 PO 2021
Veranstaltung	
Optische MEMS / Optical MEMS - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5240
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik, Mikrooptik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	4
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	26 hours
Selbststudium	64 hours
Workload	90 hours

Inhalt
<p>Module1: MOEMS Fundamentals</p> <ul style="list-style-type: none"> • Optics Review • MEMS Manufacturing Techniques • Actuators and Position Sensing • Design and Modeling • Test and Characterization <p>Module 2: MOEMS Devices</p> <ul style="list-style-type: none"> • Micromirrors • Tunable Gratings • Active Microlenses • Tunable Optical Resonators <p>Module 3: MOEMS Systems</p> <ul style="list-style-type: none"> • Display and Imaging Systems • MOEMS in Telecommunication Networks • Scientific Instrumentation
Zu erbringende Prüfungsleistung
Written exam (100 minutes)
Zu erbringende Studienleistung
none
Literatur
MEMS and MOEMS Related Books

- An Introduction to Microelectromechanical Systems Engineering by N. Maluf
- Microsystem Design by Stephen Senturia
- Micromachined Transducers Sourcebook by G. Kovacs
- Fundamentals of Microfabrication by Marc Madou
- Micro Electro Mechanical System Design by J. Allen
- Analysis and Design Principles of MEMS Devices by Minhang Bao
- The MEMS Handbook by Mohamed Gad-el-Hak
- MOEMS: Micro-Opto-Electro-Mechanical Systems by Manouchehr E. Motamedi
- Foundations of MEMS by Chang Liu
- MEMS & Microsystems by Tai-Ran Hsu

Scientific Journals

- Journal of Microelectromechanical Systems / IEEE
- Journal of Micromechanics and Microengineering / IOP
- Journal of Micro/Nanolithography, MEMS, and MOEMS / SPIE
- Microsystem Technologies / SPRINGER
- Sensors and Actuators A-Physical / ELSEVIER
- Applied Optics / OSA
- Optics Letters / OSA
- Optics Express / OSA
- Applied Physics Letters / AIP
- Journal of Biomedical Optics / SPIE

Teilnahmevoraussetzung

None

Empfohlene Voraussetzung

It is strongly recommended to successfully complete the Micro-optics module before taking this course.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Optische Messverfahren: Grundlagen und Anwendungen in der Praxis / Optical measurement techniques	11LE50MO-5710 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Karsten Buse	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Optische Systeme	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 hours
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
None

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Optische Messverfahren: Grundlagen und Anwendungen in der Praxis / Optical measurement techniques - Seminar	Seminar	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 hours

Qualifikationsziel
The students gain knowledge about different optical measurement techniques for shape determination of objects or for material characterization. They achieve a deeper understanding of the physical background. Consequently, the participants are able to estimate the fundamental and technological limitations of the methods presented. This enables the students to select an appropriate optical measurement technique for a given task. Furthermore, the participants get trained in preparing and presenting excellent talks.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students of the M.Sc. programmes Microsystems Engg. and Mikrosystemtechnik (PO 2021) can select this module in the concentration area Photonics (Photonik).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Optische Messverfahren: Grundlagen und Anwendungen in der Praxis / Optical measurement techniques	11LE50MO-5710 PO 2021
Veranstaltung	
Optische Messverfahren: Grundlagen und Anwendungen in der Praxis / Optical measurement techniques - Seminar	
Veranstaltungsart	Nummer
Seminar	11LE50V-5710
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Optische Systeme	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	26 hours
Selbststudium	64 hours
Workload	90 hours

Inhalt
<p>During the first meeting the organizers will present a list of topics from which each active participant of the seminar can select one. For each topic literature will be provided. Starting with this material the active participants of the seminar will familiarize themselves with the content. This will be done by discussions as well as by further literature search. Based on the accumulated knowledge, an outline for talks will be made and finally the viewgraphs will be prepared. Then the talk will be presented in the seminar. Typical duration of the talk is 30 minutes. After the talk there will be a discussion about the content. And as a second part of the discussion technical issues of the talk will be analyzed. Finally, a short written summary of the talk will be prepared. Talks can be given in German or English.</p> <p>This semester, the following topics are available:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 3d-shape determination ■ Optical microresonators for sensing ■ Terahertz waves for material characterization ■ Photoacoustic spectroscopy ■ Laser spectroscopy ■ Fluorescence spectroscopy ■ and more

Zu erbringende Prüfungsleistung
Written composition and oral presentation
Zu erbringende Studienleistung
None
Literatur
The advisor will provide literature as a starting package.
Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
None

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Optical metrology for quality assurance in sustainable production	11LE68MO-4305 PO 2021
Verantwortliche/r	
Dr. Daniel Carl	
Veranstalter	
Institut für Nachhaltige Technische Systeme-VB	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 Stunden
Angebotsfrequenz	unregelmäßig

Teilnahmevoraussetzung
Keine
Empfohlene Voraussetzung
Fundamental knowledge about photonics

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Optical metrology for quality assurance in sustainable production	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2.00	90h

Qualifikationsziel
<p>Metrology plays for the majority of manufacturers one of the most important roles in quality control, being essential to avoid production of “non-good” parts and hence to stop wasting of energy, materials, and productivity. Here optics helps to make efficient use of resources and to produce high-quality parts and goods that finally really work for a long period of use. This are immediate benefits for a more sustainable world. Since here economic and environmental aspects are in line, penetration of this technology is happening. The key is to identify the chances and to develop the tailored, reliable optical metrology to do this job.</p> <p>Within this context, the lecture gives insights into the fundamental principles and methods of optical metrology for production control.</p> <p>In detail, the students will learn</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Basic principles of geometrical optical measurements, ■ Fundamentals of wave optics, ■ Operation of optical sensors, ■ Principles of digital data/image processing,

<ul style="list-style-type: none"> ■ Different optical measurement methods and their applications. ■ Schematics to identify opportunities to improve the efficiency of production processes by optical metrology
Lernziele / Lernergebnisse
Zu erbringende Prüfungsleistung
Schriftliche Abschlussprüfung / written supervised exam.
Zu erbringende Studienleistung
Keine / none.
Benotung
Die Modulnote errechnet sich zu 100% aus der schriftlichen Abschlussprüfung.
Zusammensetzung der Modulnote
<ul style="list-style-type: none"> ■ Master of Science im Fach Sustainable Systems Engineering, Prüfungsordnungsversion 2016: Die Modulnote wird nach ECTS-Punkten einfach gewichtet in die Gesamtnote eingerechnet.
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> - LEACH, Richard (Hg.). Optical measurement of surface topography. Berlin: Springer, 2011. - Saleh, Bahaa EA, and Malvin Carl Teich. Fundamentals of photonics. John Wiley & Sons, 2019.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
<p>Wahlmodul für Studierende des Studiengangs / Elective module for students in the programme</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Master of Science in Sustainable Systems Engineering <ul style="list-style-type: none"> -Resilienz / Resilience Engineering ■ Students of the M.Sc. programmes Microsystems Engg. and Mikrosystemtechnik (PO 2021) can select this module in the concentration area Photonics (Photonik).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Optical metrology for quality assurance in sustainable production	11LE68MO-4305 PO 2021
Veranstaltung	
Optical metrology for quality assurance in sustainable production	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE68V-4305
Veranstalter	
Institut für Nachhaltige Technische Systeme-VB	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	unregelmäßig
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	26 Stunden
Selbststudium	64 Stunden
Workload	90h

Inhalt
<ul style="list-style-type: none"> - Basic principles of geometrical optical measurements - Fundamentals of wave optics - Optical Sensors - Overview of optical measurement principles and their applications - Incoherent methods (Triangulation, Fringe projection, ...) - Coherent methods (Interferometry, Speckle, Holography, ...) - Confocal methods - Examples for successful implementation of optical metrology in industry, with economical and sustainability win-win situations <p>The lecture includes an excursion to production control laboratories at Fraunhofer IPM.</p>
Qualifikationsziel
<p>Metrology plays for the majority of manufacturers one of the most important roles in quality control, being essential to avoid production of “non-good” parts and hence to stop wasting of energy, materials, and productivity. Here optics helps to make efficient use of resources and to produce high-quality parts and goods that finally really work for a long period of use. This are immediate benefits for a more sustainable world. Since here economic and environmental aspects are in line, penetration of this technology is happening. The key is to identify the chances and to develop the tailored, reliable optical metrology to do this job. Within this context, the lecture gives insights into the fundamental principles and methods of optical metrology for production control.</p> <p>In detail, the students will learn</p> <ul style="list-style-type: none"> - Basic principles of geometrical optical measurements,

<ul style="list-style-type: none"> - Fundamentals of wave optics, - Operation of optical sensors, - Principles of digital data/image processing, - Different optical measurement methods and their applications. - Schematics to identify opportunities to improve the efficiency of production processes by optical metrology
Lernziele / Lernergebnisse
<p>Metrology plays for the majority of manufacturers one of the most important roles in quality control, being essential to avoid production of “non-good” parts and hence to stop wasting of energy, materials, and productivity. Here optics helps to make efficient use of resources and to produce high-quality parts and goods that finally really work for a long period of use. This are immediate benefits for a more sustainable world. Since here economic and environmental aspects are in line, penetration of this technology is happening. The key is to identify the chances and to develop the tailored, reliable optical metrology to do this job. Within this context, the lecture gives insights into the fundamental principles and methods of optical metrology for production control.</p> <p>In detail, the students will learn</p> <ul style="list-style-type: none"> - Basic principles of geometrical optical measurements, - Fundamentals of wave optics, - Operation of optical sensors, - Principles of digital data/image processing, - Different optical measurement methods and their applications. - Schematics to identify opportunities to improve the efficiency of production processes by optical metrology
Zu erbringende Prüfungsleistung
Written supervised exam.
Zu erbringende Studienleistung
Keine / None.
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> - LEACH, Richard (Hg.). Optical measurement of surface topography. Berlin: Springer, 2011. - Saleh, Bahaa EA, and Malvin Carl Teich. Fundamentals of photonics. John Wiley & Sons, 2019.
Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
Fundamental knowledge about photonics
Zielgruppe
M.Sc. SSE Students

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Optoelektronik / Optoelectronics	11LE50MO-5229 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Hans Zappe	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Mikrooptik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	4
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 hours
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
Successful completion of the module "Micro-optics"/"Mikrooptik".
Empfohlene Voraussetzung
BSc. level physics and mathematics; MSc course Micro-optics

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Optoelektronik / Optoelectronic	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 hours

Qualifikationsziel
<p>Optoelectronics is situated at the overlap between optics and electronics and forms the core of the field of photonics. Lasers and LEDs are essential optical semiconductor devices which form the basis for technologies ranging from world-wide high-speed optical data networks to advanced medical instrumentation to high-efficiency indoor lighting.</p> <p>This course covers the optoelectronics field and introduces the student to the physical principles underlying lasers and quantum light emission; the III-V materials on which almost all optoelectronic components are based; the structure and functionality of laser diodes, LEDs, photodetectors and modulators; and a wide variety of applications for optoelectronic components.</p> <p>At the completion of the course, the successful student should possess:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ the ability to understand and analyze the essential properties of lasers; ■ the ability to understand and analyze the essential properties of photodetectors and modulators; ■ an understanding of the basics of III-V materials and their fabrication;

- an awareness of the important physical phenomena on which optoelectronics relies;
- a basic understanding of the physical processes underlying quantum electronics;
- the ability to understand and apply optoelectronic components to microsystems applications;
- the ability to research, plan, and write a technical paper of a standard required for a scientific publication.

Verwendbarkeit der Veranstaltung

Students of the M.Sc. programmes Microsystems Engg. and Mikrosystemtechnik (PO 2021) can select this module in the concentration area Photonics (Photonik).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Optoelektronik / Optoelectronics	11LE50MO-5229 PO 2021
Veranstaltung	
Optoelektronik / Optoelectronic	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5229
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Mikrooptik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	4
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	26 hours
Selbststudium	64 Stunden
Workload	90 hours

Inhalt
<p>The course considers optoelectronics from the basic photonic and electronic processes, through the materials required, to the individual structures and functionality of the most essential optoelectronic components.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Light – wave properties 2. Light – quantum properties 3. Laser resonators 4. Materials and fabrication 5. Macroscopic lasers 6. Light-emitting diodes 7. Semiconductor lasers 8. Laser diode characterization 9. Photodetectors and solar cells 10. Optical modulators 11. Photonic integrated circuits 12. Magneto-, acousto- and non-linear optics 13. Applications in data communications, medicine, lighting and data storage
Zu erbringende Prüfungsleistung
To receive credit for the course, the student will be required to research, write and submit a three-page written paper, using the style of international scientific journals, on a topic related to optoelectronics.

Zu erbringende Studienleistung
To receive credit for the course, the student must earn at least 25 points on the lecture quizzes (10 quizzes, maximum 3 points each)
Literatur
<ul style="list-style-type: none">■ A. Yariv: Optical Electronics■ A. Siegmann: Lasers■ H. Zappe: Laser Diode Microsystems■ M. Fukuda: Optical Semiconductor Devices W.T. Silfvast: Laser Fundamentals
Teilnahmevoraussetzung
Successful completion of the module "Micro-optics"/"Mikrooptik".
Empfohlene Voraussetzung
BSc. level physics and mathematics; MSc course Micro-optics

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Spektroskopische Methoden	11LE50MO-5717 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Jürgen Wöllenstein	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Dünnschicht-Gassensorik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 Stunden
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
keine
Empfohlene Voraussetzung
keine

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Spektroskopische Methoden	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 Stunden

Qualifikationsziel
Das Ziel des Moduls ist die Vermittlung der physikalischen Grundlagen und Bauteile moderner spektroskopischer Systeme. Dabei werden aufbauend auf den vermittelten Grundlagen typische Systeme, Modultechnologien und Anwendungen vorgestellt. Die Studierenden sollen die Funktionsweise und den Aufbau spektroskopischer Geräte verstehen und deren Anwendungsgebiete und Anforderungen erlernen.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Studierende der Masterstudiengänge Microsystems Engineering und Mikrosystemtechnik (PO 2021) können dieses Modul im Vertiefungsbereich Photonik wählen.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Spektroskopische Methoden	11LE50MO-5717 PO 2021
Veranstaltung	
Spektroskopische Methoden	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5717
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Dünnschicht-Gassensorik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	deutsch
Präsenzstudium	26 Stunden
Selbststudium	64 Stunden
Workload	90 Stunden

Inhalt
Spektroskopische Anwendungen finden sich einer Vielzahl von Industrien, der Anwendungsorientierten- und Grundlagenforschung. In der Vorlesung wird ein Verständnis der physikalischen Grundlagen der verschiedenen Spektroskopietechniken und häufig verwendeten Komponenten vermittelt. Der Stand der Technik der verschiedenen Systeme wird vorgestellt.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Schriftliche oder mündliche Abschlussprüfung
Zu erbringende Studienleistung
keine
Literatur
Begleitend zur Vorlesung werden die verwendeten Folien zur Verfügung gestellt.
Teilnahmevoraussetzung
keine
Empfohlene Voraussetzung
keine

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Wellenoptik / Wave Optics	11LE50MO-5221 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Alexander Rohrbach	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Bio- und Nano-Photonik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	5.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	180 hours
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
None

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Wellenoptik / Wave Optics	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	3.00	180 hours
Wellenoptik / Wave Optics	Übung	Wahlpflicht		2.00	

Qualifikationsziel
The students understand how light interacts with small structures and how optical systems guide light. They know Maxwell's equations and the description of light as photon or wave, depending on the given problem. Furthermore, they understand the close connection between spatial and temporal coherence, interference and holography. The students also know the concepts of linear and non-linear light scattering, as well as the most important plasmonic effects. In total, the students know how to shape light in three dimensions and how optical problems that arise in research and development are solved.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Dieses Modul ist u.a. für Studierende des Bachelor of Science Mikrosystemtechnik (PO 2018), im Wahlpflichtbereich, Bereich MST verwendbar. Students of the M.Sc. programmes Microsystems Engg. and Mikrosystemtechnik (PO 2021) can select this module in the concentration area Photonics (Photonik).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Wellenoptik / Wave Optics	11LE50MO-5221 PO 2021
Veranstaltung	
Wellenoptik / Wave Optics	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5221
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Bio- und Nano-Photonik	
Fachbereich / Fakultät	
Physikalisches Institut-VB Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	3.0
Empfohlenes Fachsemester	4
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	65 hours
Selbststudium	115 hours
Workload	180 hours

Inhalt
<p>--- in English ---</p> <p>We do not really know what light is, although the concepts to describe light as waves or as particles usually work well. It is a nontrivial task to explain the colorful intensity distributions we see every day, i.e. the interactions of light with matter. Controlling light on the macroscale and the nanoscale is the key for generating impact in research, development and industry. However, this requires a thorough understanding of wave optics and its powerful theoretical instrument, the description by Fourier transforms.</p> <p>This english lecture is accompanied by many live experiments and by weekly tutorials, where exercises are discussed that students have to calculate from one week to the next.</p> <p>The new lecture is a fusion of the two former lectures “Moderne Optik I & II“ and is now organized in 6 chapters.</p> <p>1. Introduction Some motivation, literature and a bit of history</p> <p>2. From Electromagnetic Theory to Optics What is light ? Which illustrative pictures do the Maxwell equations provide? If matter, dielectric and metallic, consists of coupled, damped springs (harmonic oscillators), how does matter depend on the frequency of light ? What do the wave equation and the Helmholtz equation express and how can one handle waves in position space and frequency space.</p> <p>3. Fourier-Optics</p>

How does a wave transform position information into directional information? Why can this be well described by Fourier transformations in 1D, 2D and 3D? What has this to do with linear optical system theory including spatial frequency filters and the sampling theorem?

4. Wave-optical Light Propagation and Diffraction

Different methods are introduced of how to describe the propagation of waves in position space and frequency space. We do the direct transfer from propagation to diffraction of light and momentum space. We treat evanescent waves, thin diffracted objects, the propagation of light in inhomogeneous media and the diffraction at gratings. This allows to discuss important active elements such as acousto-optic and spatial light modulators. We end with adaptive optics and phase conjugation.

5. Interference, Coherence and Holography

We learn how a composition of k-vectors define the phases of interfering waves and the resulting stripe patterns. The relative phases of each partial wave in space and time change the interference significantly and define the coherence of light - these concepts will be discussed in detail. We learn how to write and read phase information in holography.

6. Light Scattering and Plasmonics

The interaction of light with matter is based on particle scattering; we discuss the theoretical concepts of light scattering on the background of Fourier theory. We extend these approaches to photon diffusion, nonlinear optics, fluorescence and Raman scattering or scattering at semiconductor quantum dots - which are all hot topics in modern Photonics. A big emphasis is put on the description of surface plasmons and particle plasmons, where light can be extremely confined.

1. Introduction

1.1. Motivation

1.2. Literatur

1.3. A bit of history

2. From Electromagnetic Theory to Optics

2.1. What is Light?

2.2. The Maxwell-equations

2.3. The change of Light in Matter

2.4. Wave equation and Helmholtz equation

2.5. Waves in position space and frequency space

3. Fourier-Optics

3.1. Introduction

3.2. The Fourier-Transformation

3.3. Linear Optical Systems

3.4. Spatial frequency filters

3.5. The Sampling Theorem

4. Wave-optical Light Propagation and Diffraction

4.1. Paraxial light propagation by Gaussian beams

4.2. Wave Propagation and Diffraction

4.3. Evanescent waves

4.4. Diffraction at thin Phase and Amplitude Objects

4.5. Light Propagation in inhomogeneous Media

4.6. Diffraction at gratings

4.7. Acousto Optics

4.8. Spatial Light Modulators

4.9. Adaptive Optics and Phase Conjugation

5. Interference, coherence and holography

5.1. Some Basics

5.2. Interferometry

5.3. Foundations of Coherence Theory

5.4. Principles of Holography

6. Light Scattering and Plasmonics

5.5. Scattering of light at particles

5.6. Photon Diffusion

5.7. Basics of Nonlinear Optics

5.8. Fluorescence und Raman-scattering

--- in Deutsch ---

Wir wissen nicht wirklich was Licht ist, obwohl die physikalischen Konzepte um Licht als Welle oder als Partikel zu beschreiben, sehr effizient funktionieren. Oft sind jedoch die quantitativen Beschreibungen von farbevollen Intensitätsverteilungen, die wir alltäglich sehen können, recht kompliziert zu erfassen. Hierbei ist die Kontrolle von Licht, auf makroskopischer und nanoskaliger Ebene der Schlüssel zu eindrucksvollen Ergebnissen und Entdeckungen, die sowohl in der Wissenschaft als auch in der Industrie erzielt werden. In der Vorlesung „Wellenoptik“ werden wir theoretische Werkzeuge, wie beispielsweise die Fourier-Transformation, detailliert besprechen und auf diese Weise Schritt für Schritt ein tiefgründiges Verständnis der Wellenoptik erarbeiten. Die Vorlesung wird begleitet von vielen Experimenten und Übungen welche den Vorlesungsstoff vertiefen und in wöchentlichen Tutoraten besprochen werden.

1. Einleitung

Motivation, weiterführende Literatur und eine kleine Historie.

2. Von der elektromagnetischen Theorie zur Optik

Was ist Licht? Welches illustrative Bild zeichnen die Maxwell Gleichungen? Wenn dielektrische und metallische Materie als gedämpfte Federn beschrieben werden kann, wie ist der Zusammenhang zwischen Material und der Wellenlänge des einfallenden Lichts? Was sagen die Wellengleichung und die Helmholtz Gleichung aus? Wie können Wellen im Orts- und im Frequenzraum beschrieben werden?

3. Fourier-Optik

Wie verändert eine Welle eine Positionsinformation in eine Richtungsinformation? Was ist die Beziehung zur Fourier-Transformationen in 1D, 2D und 3D? Wie steht dies im Zusammenhang mit linearer optischer Systemtheorie, Raumfiltern und dem Abtasttheorem?

4. Wellenoptik, Lichtausbreitung und Beugung

Verschiedene Methoden werden vorgestellt wie die Lichtausbreitung im Orts- und im Frequenzraum beschrieben werden können. Wir stellen den direkten Transfer zwischen Lichtausbreitung und Beugung von Licht her. Wir behandeln evaneszente Wellen, dünne beugende Objekte, die Lichtausbreitung in inhomogenen Medien als auch die Impulserhaltung an optischen Gittern. Dies ermöglicht uns wichtige aktive optische Elemente wie zum Beispiel akusto-optische Modulatoren und SLMs zu diskutieren. Dieses Kapitel endet mit den Themen, adaptive Optik und Phasenkonjugation.

5. Interferenz, Kohärent und Holographie

Wir lernen wie die Komposition von k -Vektoren die Phase interferierender Wellen und die daraus resultierenden Streifenmuster definieren. Die relative Phase einer jeden Teilwelle in Raum und Zeit verändern hierbei die Interferenz signifikant und definieren die Kohärenz des Lichts; Diese Konzepte werden detailliert diskutiert. Wir lernen wie Phaseninformation mittels Holographie gelesen und geschrieben werden kann.

6. Lichtstreuung und Plasmonik

Die Interaktion von Licht mit Materie basiert auf der Partikel-Streuung: Wie diskutieren die theoretischen Konzepte der Lichtstreuung im Bezug auf die Fourier-Theorie. Wir erweitern diese Herangehensweise zur Photonendiffusion, nichtlinearer Optik, Fluoreszenz und Raman Streuung als auch Streuung an Halbleitern – alles brandaktuelle Themen in der modernen Photonik. Ein großer Schwerpunkt wird hierbei auf die Beschreibung von Oberflächenplasmonen und Partikelplasmonen gelegt. Hier kann Licht räumlich, extrem beschränkt werden.

1. Einleitung

1.1. Motivation

1.2. Literatur

1.3. Etwas Historie

2. Von der elektromagnetischen Theorie zur Optik

2.1. Was ist Licht?

2.2. Die Maxwell-Gleichungen

2.3. Die Veränderung von Licht in Materie

2.4. Wellengleichung & Helmholtzgleichung

2.5. Wellen im Orts- und Frequenzraum

- 3. Fourier-Optik
 - 3.1. Einleitung
 - 3.2. Die Fourier-Transformation
 - 3.3. Linear-optische Systeme
 - 3.4. Raumfilter
 - 3.5. Das Sampling Theorem
- 4. Wellenoptische Lichtausbreitung und Beugung
 - 4.1. Paraxiale Lichtausbreitung und Gauss-Strahlen
 - 4.2. Wellenausbreitung und Beugung
 - 4.3. Evaneszente Wellen
 - 4.4. Beugung an dünnen Phasen- und Amplitudenobjekten
 - 4.5. Lichtausbreitung in inhomogenen Medien
 - 4.6. Beugung an gittern
 - 4.7. Acousto-Optik
 - 4.8. Spatale Lichtmodulatoren
 - 4.9. Adaptive Optik und Phasenkonjugation
- 5. Interferenz, Kohärenz und Holographie
 - 5.1. Grundlagen
 - 5.2. Interferometrie
 - 5.3. Grundlagen der Kohärenz-Theorie
 - 5.4. Prinzipien der Holographie
- 6. Lichtstreuung und Plasmonik
 - 5.5. Streuung von Licht an Partikeln
 - 5.6. Photonen Diffusion
 - 5.7. Grundlagen nichtlinearer Optik
 - 5.8. Fluoreszenz und Raman-Streuung
 - 5.9. Fluoreszierende Quantum-Dots
 - 5.10. Oberflächenplasmone and Partikelplasmone

Zu erbringende Prüfungsleistung

For 6 or less students oral exam (40 min.), for 7 or more students written exam (120 min.)

Zu erbringende Studienleistung

see exercise

Literatur

Lecture notes with defined voids (white boxes) will be provided.

Teilnahmevoraussetzung

None

Empfohlene Voraussetzung

None

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Wellenoptik / Wave Optics	11LE50MO-5221 PO 2021
Veranstaltung	
Wellenoptik / Wave Optics	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5221
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Bio- und Nano-Photonik	
Fachbereich / Fakultät	
Physikalisches Institut-VB Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	4
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalt
During the exercise sessions the content of the lecture will be discussed in-depth and consolidated. In particular, students will be taught to transfer the acquired knowledge. The weekly exercise sheets have to be solved within a week and during the exercise sessions students will take turns in demonstrating their solutions on the blackboard, or - in the case of difficult assignments - the solution will be demonstrated by the tutor.
Zu erbringende Prüfungsleistung
see lecture
Zu erbringende Studienleistung
The course work is considered successfully passed when the student has submitted 60% of the exercises and demonstrated the solution of two assignments during the exercise sessions.
Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
None