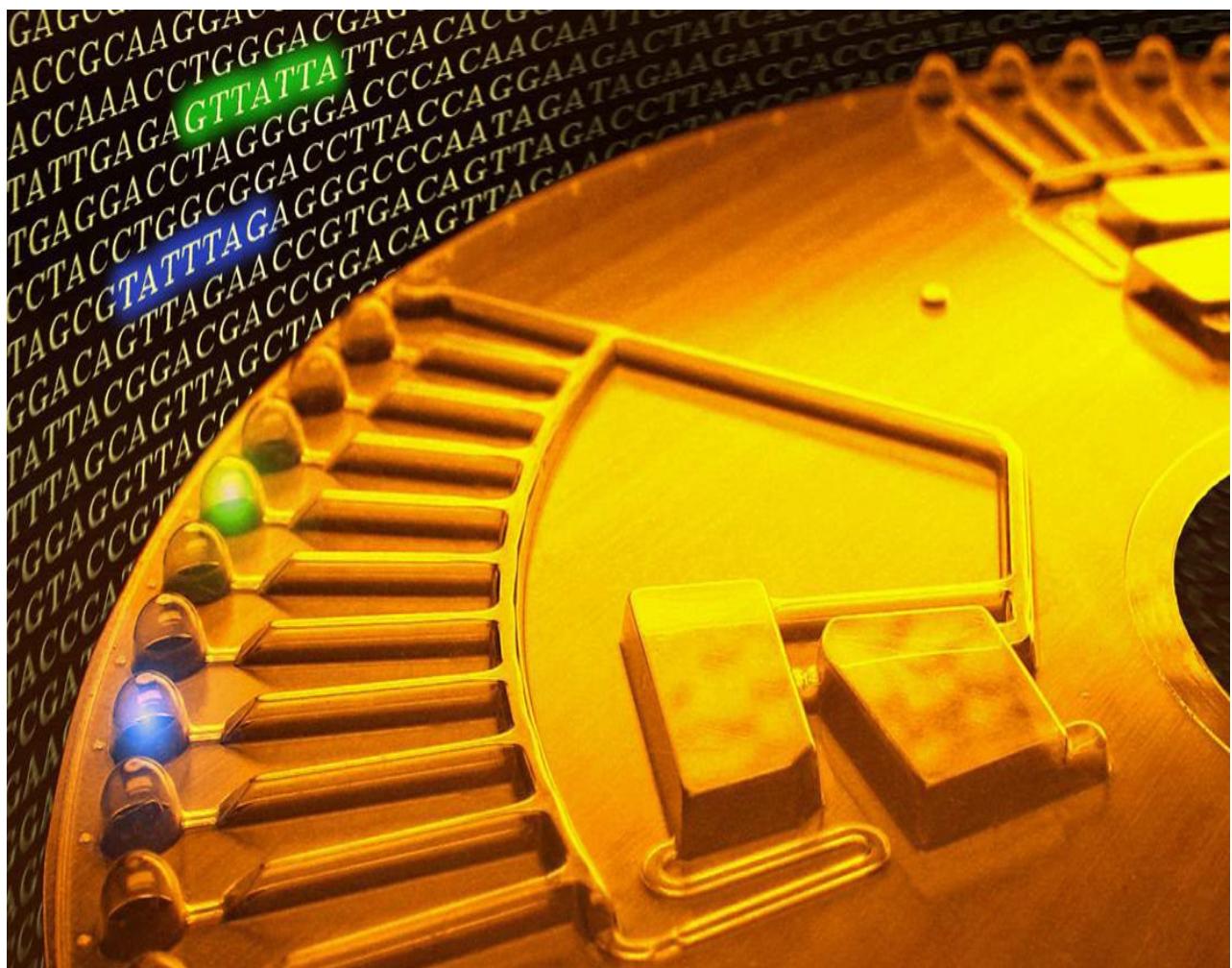


# Master of Science (M. Sc.) *Microsystems*

## *Engineering*

Gemäß der Prüfungsordnung von 2021



**Institut für Mikrosystemtechnik (IMTEK)**  
**Technische Fakultät**  
**Albert-Ludwigs-Universität Freiburg**

# Content

THE MASTER'S PROGRAM .....	3
Overview.....	3
Department / IMTEK .....	5
Chairs at IMTEK.....	5
Profile and Qualification Goals .....	6
Technical qualification goals .....	7
General qualification goals.....	7
Peculiarities (international cooperation, studying abroad, internships) .....	7
Examination Regulations and Module Handbook .....	9
Teaching and Learning Methods .....	10
Assessment Types.....	10
Summary of assessments .....	11
Framework.....	12
Program Structure, Specialisation and Concentration Areas .....	12
Master's Section.....	12
Framework shown in a table .....	13
Illustration of the Framework.....	14
STUDY ORGANIZATION.....	15
Course Information and Registration .....	15
Examination Registration .....	15
Repetition of Examinations .....	16
MODULES DESCRIPTIONS in HISinOne .....	17
GLOSSARY.....	
EDITION NOTICE .....	

# THE MASTER'S PROGRAM

## Overview

<b>University</b>	University of Freiburg (Albert-Ludwigs-Universität Freiburg)
<b>Faculty</b>	Faculty of Engineering
<b>Institute</b>	Department of Microsystems Engineering Institut für Mikrosystemtechnik, IMTEK
<b>Subject</b>	Microsystems Engineering (MSE)
<b>Degree</b>	Master of Science (M.Sc.)
<b>Duration</b>	4 semesters / 2 years, standard duration of studies
<b>Type/Format</b>	Consecutive, full-time studies on campus
<b>ECTS</b>	120 ECTS credits
<b>Language(s)</b>	English (no German skills necessary; however some elective modules are offered in German)
<b>Profile</b>	The Master of Science program MSE, 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 engineering skills on circuits and systems as well as on materials and fabrication technologies. Application related fields of qualification are biomedical technology and photonics. Depending on the individual focus, students can acquire and deepen specific knowledge in these technical concentration areas.
<b>Educational Goals/Professional Prospects</b>	M.Sc. MSE students will have the opportunity to <ul style="list-style-type: none"> <li>• be involved in state-of-the-art research with internationally renowned professors,</li> <li>• benefit from state-of-the-art equipment on a modern campus and pioneering laboratories at partner institutes,</li> <li>• benefit from a European campus (<a href="http://www.eucor-uni.org">www.eucor-uni.org</a>),</li> <li>• live in one of Germany's most appealing and green cities.</li> </ul>

	<p>Successful students will be enabled to explore, design and apply microsystem-based technical solutions during their subsequent employment as engineers. The accomplishment of the Master's degree qualifies for an academic career in research and development as well as for an engineering occupation in industry, in scientific or research organizations or in a state authority.</p>
<b>Admission Requirements</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A bachelor's degree in engineering or in science with a total of 180 ECTS and a duration of at least 3 years</li> <li>• An average grade of 2.9 or better on the German grading scale</li> <li>• Advanced English language skills at the level of CEFR C1 on the Common European Framework of Reference for Languages</li> </ul>
<b>Intake</b>	Winter semester
<b>Further information</b>	<a href="http://www.imtek.uni-freiburg.de">www.imtek.uni-freiburg.de</a>

## 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	Optische Systeme
Dehé, Alfons	Georg H. Endress Professur für Smart Systems Integration
Diehl, Moritz	Systemtheorie, Regelungstechnik und Optimierung
Eberl, Christoph	Mikro- und Werkstoffmechanik
Egert, Ulrich	Biomikrotechnik
Kuhl, Matthias	Mikroelektronik
Pastewka, Lars	Simulation
Paul, Oliver	Materialien der Mikrosystemtechnik
Rapp, Bastian	Prozesstechnologie
Rohrbach, Alexander	Bio- und Nanophotonik
Rupitsch, Stefan	Elektrische Messtechnik und Eingebettete Systeme
Rühe, Jürgen	Chemie und Physik von Grenzflächen
Stieglitz, Thomas	Biomedizinische Mikrotechnik
N.N.	Sensoren

Wallrabe, Ulrike	Mikroaktorik
Wilde, Jürgen	Aufbau- und Verbindungstechnik
Wöllenstein, Jürgen	Gassensoren
Woias, Peter	Konstruktion von Mikrosystemen
Zacharias, Margit	Nanotechnologie
Zappe, Hans	Gisela-und-Erwin-Sick-Professur für Mikrooptik
Zengerle, Roland	Anwendungsentwicklung
apl. Prof. Dr. Hanemann, Thomas	Werkstoffprozesstechnik
apl. Prof. Dr. von Stetten, Felix	Hahn-Schickard-Institut für Mikroanalysesysteme
Junior Research Groups	
Asplund, Maria	Brain-Links-Brain-Tools-Junior research Group
Ataman, Caglar	Microsystems for Biomedical Imaging Lab Junior Reasearch Group Leader
Dincer, Can	Disposable Microsystems Junior Research Group Leader
Osorio, Anayancy	Bioinspirierte Materialien für die biomedizinische Technik :Emmy-Noether Junior Reasearch Group Leader
Vierrath, Severin	Elektrochemische Engergiesysteme Junior Reaserch Group Leader

## Profile and Qualification Goals

In the Microsystems Engineering Master program it is the overall educational goal to graduate students to a post-graduate level where they can perform engineering tasks on a high scientific level. To that purpose they will gain expertise in concentration 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. The development of micro-devices and systems will require methods of design, construction and simulation in mechanical, electrical, materials and physical domains. For the fabrication the advanced chemical, physical and mechanical processes must be understood, utilized and controlled. Also characterization and testing are important in order to optimize on all levels of systems' architecture. In these fields the versed use of computers, algorithms and software is an indispensable capability.

On this basis, microsystems masters will be capable of engineering techniques and use them effectively 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 Microsystems 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 microsystems 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 microsystems
- acquire an overview of the most important methods, models, processes and technologies for realizing microsystems. They are able to select, apply and combine the processes and methods that are suitable for a given problem
- learn strategies for identifying and evaluating new applications of microsystems
- 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
- acquire in-depth knowledge in a special field of microsystems 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

- are able to draw up a laboratory diary, write scientific reports, give a scientific lecture and create a scientific poster
- 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 concentration modules, to promote social and intercultural competences

## 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.

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 our [website](#). The German version is the official version. The unofficial 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 *Microsystems Engineering*. These regulations define all formal and legal aspects of this specific study program. In case of the M.Sc. MSE Examination Regulations of 2021, the framework of the program is based on a compulsory area with five modules and an elective area that is primarily based on two sub-areas. One of these, the mandatory elective area **Advanced Microsystems** offers eight modules from which five (30 ECTS) have to be selected. Further 30 ECTS can be acquired in an **area of choice**. The four **Concentration Areas** *Circuits and Systems*, *Materials and Fabrication*, *Biomedical Engineering and Photonics* contain a range of elective modules. Furthermore, in a **Customized Course Selection Area** nine ECTS can be gained. The final module is the **Master's Module**. The four areas of concentration are also marked in this Module Handbook. The subsequent pages will provide detailed information about all areas and how to achieve the M.Sc. MSE degree. Students will be able to focus on their preferred concentration area from the very beginning. Several interdisciplinary modules can be selected to enhance their holistic societal and scientific understanding of a student.

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 courses (Praktikum, Praktische Übung) and seminars. This Module Handbook describes the modules that constitute the curriculum of the MSE 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 MSE 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 9 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 MSE program by IMTEK are also open for other degree programs. All of the associated study programs are shown 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 MSE.

Almost all Mandatory Modules as well as the *Mandatory Elective Modules* offered within the four Concentration Areas *Circuits and Systems, Materials and Fabrication, Biomedical Engineering and Photonics* consist of a lecture and an exercise. These modules are open to all M.Sc. MSE students, and mostly to other study programs, thus reaching a participant number of up to 100 students or even more.

Within the *Elective Modules* offered within the Microsystems Concentration Area as well as in the *Customized Course Selection*, the knowledge transfer is carried out additionally in seminars, practical exercises, laboratory courses or even lecture series as well as partially in integrated project work. These modules are typically more interactive due to the smaller group sizes of approximately 25 – 30 students. For laboratory courses, the numbers of places for students are typically between 10 and 25.

Within the scope of the *Master's Thesis*, students can select an individual research topic defined by themselves or a professor. After the goal of an assigned topic has been agreed upon, the student will work independently in the IMTEK laboratory. 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 MSE program. The role of the 2<sup>nd</sup> 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 IMTEK 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 ALU, 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) is a pass/fail assessment 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 regular 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.

In the elective Microsystems Engineering Concentration Areas every module is finalized with a

graded exam. In accordance with the concept of the respective course, the modules may also require non-graded exams. In several modules multiple partial exam completions are required. These must typically be produced during the lecture term. This helps to offer a higher number of exam types and it also decreases the workload during the examination period. Here, exam types are exercise sheets or reports, especially in laboratory classes. In laboratory courses, presence of the students can be obligatory, but alternative dates will be provided. In this way it is prevented that neither partial exams nor the compulsory attendance will increase the duration of study.

**Studienleistungen** (SL) and **Prüfungsleistungen** (PL) can be completed as online examinations, in accordance with the current examination regulations and framework regulations of the University of Freiburg.

### 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.

# Framework

## Program Structure, Specialisation and Concentration Areas

The master's program Microsystems Engineering is structured into a compulsory area and the two mandatory elective areas Advanced Microsystems and Microsystems Engineering Concentrations. The modules that can be selected in these areas as well as their corresponding courses are listed and described in the valid module handbook. When certain conditions are met, a specialization can be selected, that will be certified in the diploma.

In the compulsory area 60 ECTS credits have to be achieved. The area Advanced Microsystems requires additional 30 ECTS credits. Further 30 out of 60 ECTS credits of the mandatory elective area will be dedicated to Microsystems Engineering Concentration Areas. The student selects one of the four Concentration Areas *Circuits and Systems*, *Materials and Fabrication*, *Biomedical Engineering* and *Photonics* and finishes modules of his own choice from the course portfolio provided in the module handbook. So many can be chosen as one needs to accomplish a total of 30 ECTS credits. Of these a maximum of 9 credits can be acquired in the Customized Course Selection area. For that, suitable modules or courses from the curricula of other programs of the University of Freiburg can be attended. These comprise language courses and other courses from the curricula of the respective seminars and institutes.

This area can include Modules related to the Subject Area of MSE and Modules outside of the Subject Area. This is intended to enhance the students' holistic societal and scientific understanding. Within the Customized Course Selection area, students can complete up to 9 ECTS credits. Courses can be selected from the catalogue on the subsequent pages. All 9 ECTS credits can be assigned to Modules outside the Subject Area. Modules from the university wide course catalogue outside the Subject Area will be finalized just with a Studienleistung (SL, pass/fail assessment).

If one of the four areas Circuits and Systems, Materials and Fabrication, Biomedical Engineering or Photonics 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. Also, the master thesis must have been assigned to the respective field. The degree awarded will be "Master of Science in Microsystems Engineering with Specialization in *Circuits and Systems* or *Materials and Fabrication* or *Biomedical Engineering* or *Photonics*".

While in the compulsory and in compulsory elective areas all modules exhibit a size of 6 ECTS credits, 60 % of the modules in the elective concentration areas are smaller, with a standard size of 3 ECTS credits. Although this complies not strictly with the respective order (Studienakkreditierungsverordnung), we see significant advantages: the offered course portfolio is much larger and very versatile. In this way, students have a higher flexibility in the module election and they can design their personal program very specific. Also, the respective students' feedback is generally positive.

All module grades are weighted with the same single factor in the computation of the final grade according to the Prüfungsordnung. Therefore, this fact is not mentioned in every module description.

## Master's Section

The **Master's Section** with a total of 30 ECTS credits includes one mandatory module:

**The Master's Module** must be completed with a Prüfungsleistung (PL, graded assessment), and it consists of the master's thesis itself and the defence (27 + 3 ECTS credits). The defence is typically organized as a 20 minutes presentation plus 40 minutes of disputation.

Framework shown in a table

**Table 1: Compulsory Area: All modules must be completed**

Module	Type	SWS	ECTS-credit s	Semester	Studienleistung/ Prüfungsleistung
Micro-electronics	V + Ü	4	6	1	PL: Written exam
Micro-mechanics	V + Ü	4	6	1	PL: Written exam
MST Design Laboratory I for Microsystems Engineering	V + Ü	4	6	1	SL
MST Technologies and Processes	V + Ü	4	6	1	SL PL: Written exam
Signal Processing	V + Ü	4	6	2	PL: Written exam
Master's Module			30	4	PL: Master thesis PL: oral presentation

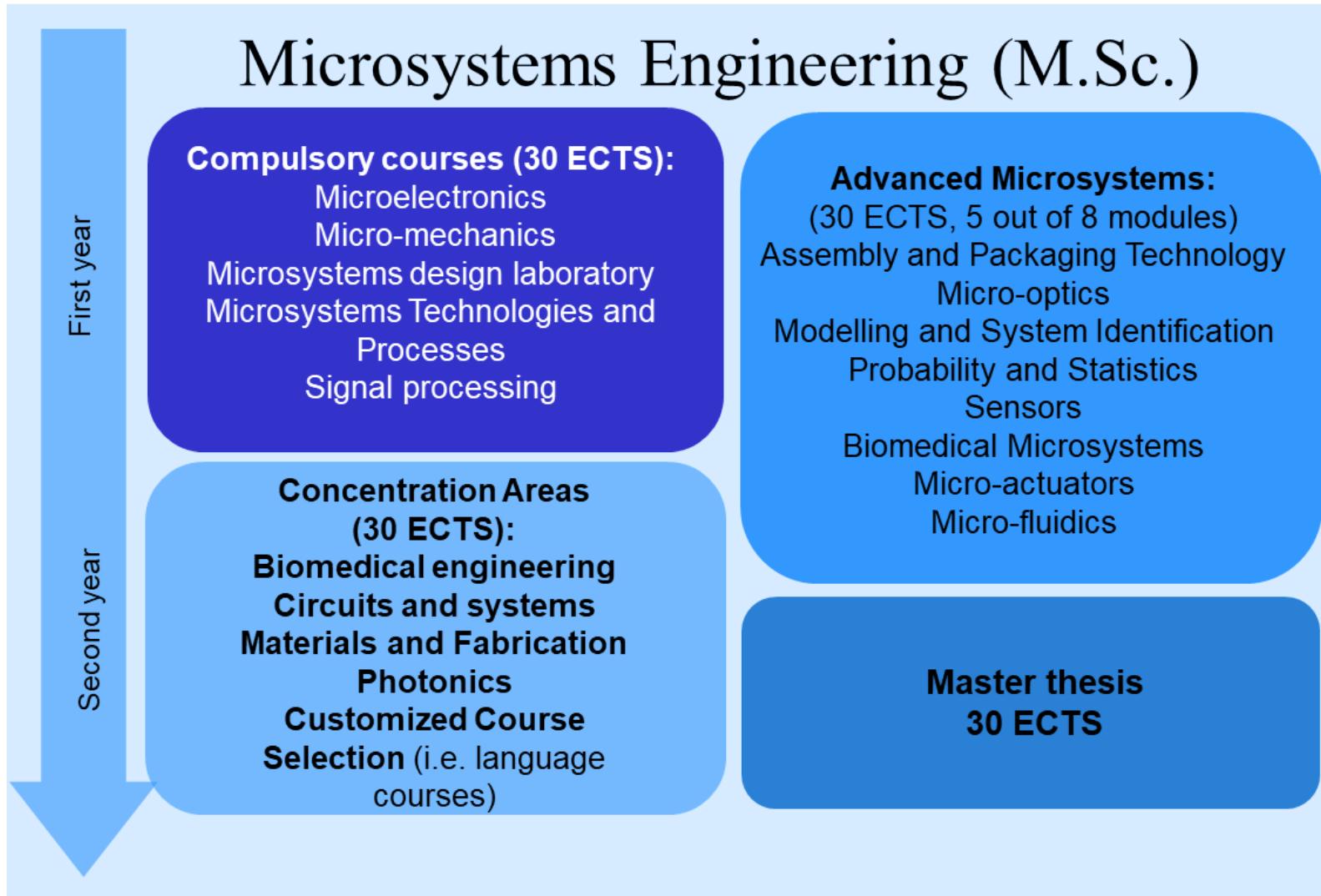
**Tabelle 2: Elective mandatory area Advanced Microsystems (30 ECTS-Punkte)**

Module	Type	SWS	ECTS-credit s	Semester	Studienleistung/ Prüfungsleistung
Assembly and Packaging Technology	V + Ü	4	6	1, 2 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
Probability and statistics	V + Ü	4	6	1 or 3	SL PL: Written exam
Sensors	V + Pr	4	6	1 or 3	SL PL: Written exam
Biomedical Microsystems	V + Ü	4	6	2	SL PL: Written exam
Micro-actuators	V + Ü	4	6	2	SL PL: Written exam
Micro-fluidics	V + Ü	4	6	2	PL: Written exam

**Abbreviations:**

PL=Prüfungsleistung/graded assessment; SL= Studienleistung/pass/fail assessment; V=Vorlesung/lecture; Ü=Übung/exercise;  
S=Seminar/seminar; Pr=Praktikum/practical exercise; SWS=Semesterwochenstunden/hours per week per semester; x=undefined, depends on  
the subject/module

## Illustration of the Framework



Info: ECTS is a standard for comparing the study attainment and performance of students of higher education across the European Union and other collaborating European countries. For successfully completed studies in the master program *Microsystems Engineering* 120 ECTS credits are awarded. One ECTS credit equals on average 30 hours of workload.  
For more information, see the Subject-Specific and General Examination Regulations. Both set the legal framework for the studies. The available modules/courses are listed and described in detail in the Module Handbook.

# STUDY ORGANIZATION

## Course Information and Registration

The **Course Catalogue** (*Vorlesungsverzeichnis*) in **HISinOne**, the university's **Campus Management System** shows the offered courses and the corresponding modules for every semester. In addition, the course catalogue provides information on course registration/sign up procedures, important dates during the semester and the content of the respective courses. For an overview of all MSE-relevant courses we strongly recommend the use of the tool **Planner of Studies** (*Studienplaner*) in HISinOne. For further information see the [step-by-step guide](#) for the registration/sign up process.

All courses offered by IMTEK, INATECH or IIF, which are all institutes at the Faculty of Engineering, are available for registration in HISinOne. Usually there is no limitation of seats in compulsory and elective mandatory modules or courses. In some lectures 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 are found in the module description in HISinOne. The limited seats are in most cases allocated based first-come-first-serve-principle. 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 IMTEK, it is the students' responsibility to look for further information about the course. Normally, all information about courses are given in HISinOne or on the respective websites of the faculties & 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.

For Modules outside the Subject Area within the Customized Course Selection area every student is welcome to select further courses from the extensive course catalogue offered by the University of Freiburg. However, before students register for new courses (new means not listed below), each course has to be checked regarding its suitability for the M.Sc. MSE master's program. This is done by the dean of academic affairs. Students must send an e-mail with all necessary information about their course of choice to the program coordinator [studiengangkoordination.mst@imtek.uni-freiburg.de](mailto:studiengangkoordination.mst@imtek.uni-freiburg.de) ) at the latest by the semester start (April 1/October 1). The necessary information includes at least: course number, name, content outline of the course, ECTS credits, required Prüfungsleistung, required Studienleistung, link to further information, and if available, name of offering institution and/or contact person.

## 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 Mandatory/Elective 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.

## MODULES DESCRIPTIONS in HISinOne

## GLOSSARY

English	Deutsch
<b>CONTENT OF THE LECTURE/EXERCISE</b>	Inhalt der Veranstaltung/Übung
<b>DURATION</b>	Moduldauer
<b>ECTS CREDITS</b>	ECTS-Punkte
<b>FORMAT</b>	Zugehörige Lehrveranstaltung
<b>INSTITUTION</b>	Einrichtung
<b>LANGUAGE</b>	Sprache
<b>QUALIFICATION GOALS</b>	Lernziele
<b>LECTURER</b>	Lehrperson
<b>LITERATURE</b>	Literatur
<b>MANDATORY REQUIREMENTS</b>	Zwingende Voraussetzungen
<b>MODULE</b>	Modul
<b>MODULE RESPONSIBLE</b>	Modulverantwortlicher
<b>NUMBER</b>	Nummer
<b>PRÜFUNGSLEISTUNG (GRADED ASSESSMENT)</b>	Prüfungsleistung (zählt in die Endnote)
<b>RECOMMENDED REQUIREMENTS</b>	Empfohlene Voraussetzungen
<b>RECOMMENDED TERM</b>	Empfohlenes Fachsemester
<b>SEMESTER WEEK HOURS</b>	Semesterwochenstunden
<b>STUDIENLEISTUNG (PASS/FAIL ASSESSMENT)</b>	Studienleistung (zählt nicht in die Endnote)
<b>TERM CYCLE</b>	Angebotsfrequenz
<b>TYPE</b>	Modultyp
<b>WORKLOAD</b>	Arbeitsaufwand

## EDITION NOTICE

2<sup>nd</sup> Edition, as of 31<sup>st</sup>, March 2023

**Editor:**

Program Coordination *Microsystem Engineering*  
Svenja Andresen

Please send bug reports to [studiengangkoordination.mst@imtek.uni-freiburg.de](mailto:studiengangkoordination.mst@imtek.uni-freiburg.de)

**Publisher:**

The Dean of Academic Affairs *Microsystem Engineering*  
Faculty of Engineering  
IMTEK – Department of Microsystems Engineering  
Georges-Koehler-Allee 103  
79110 Freiburg  
Germany  
[www.imtek.uni-freiburg.de](http://www.imtek.uni-freiburg.de)

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg  
Fahnenbergplatz  
79085 Freiburg  
[www.uni-freiburg.de](http://www.uni-freiburg.de)



**Technische Fakultät**

# Modulhandbuch

Master of Science im Fach Microsystems Engineering - HF  
(Prüfungsordnungsversion 2021)

# Inhaltsverzeichnis

Prolog.....	6
<b>AP Master of Science in Microsystems Engineering, 2021.....</b>	<b>7</b>
Master's Modul.....	8
<b>Pflichtbereich / Mandatory Modules M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021).....</b>	<b>9</b>
Micro-electronics.....	10
Micromechanics.....	15
MST Design Lab I for Microsystems Engineering.....	20
MST technologies and processes.....	24
Signal processing.....	29
<b>Wahlpflichtbereich / Elective Modules Microsystems Engineering PO 2021.....</b>	<b>34</b>
<b>Advanced Microsystems.....</b>	<b>35</b>
Assembly and packaging technology.....	36
Micro-optics.....	41
Modelling and System Identification.....	46
Probability and statistics.....	50
Sensors.....	55
Biomedical Microsystems.....	60
Micro-actuators.....	65
Micro-fluidics.....	70
<b>Concentration Areas.....</b>	<b>75</b>
<b>Circuits and Systems.....</b>	<b>76</b>
Angewandte Sensorschaltungstechnik.....	77
CMOS-Integrierte Mikrosysteme / CMOS MEMS.....	80
Data Converters.....	84
Debugging and Fuzzing.....	88
Embedded Systems Entrepreneurship (2ES).....	95
Energiegewinnung / Energy harvesting.....	100
Energy Efficient Power Electronics.....	105
Entwurf Analoger CMOS Schaltungen / Analog CMOS Circuit Design.....	110
Entwurf von CMOS Mixed-Signal Schaltungen / Mixed-Signal CMOS Circuit Design.....	116
Flugregelung Praktikum / Flight Control Laboratory.....	119
Fortgeschrittenes Mikrocontroller-Praktikum / Advanced Microcontroller Lab.....	123
Leistungselektronik für die Elektromobilität/Power Electronics for E-Mobility.....	127
Leistungselektronik für Photovoltaik und Windenergie / Power Electronics for Photovoltaics and Wind Energy.....	131
Mikroakustische Wandler / Micro Acoustical Transducers.....	135
Mikrocomputertechnik/ Microcontroller Techniques - Praktikum.....	139
Model Predictive Control and Reinforcement Learning.....	143
Modellprädiktive Regelung für erneuerbare Energiesysteme.....	148
MST Design Lab II for Microsystems Engineering.....	152
Numerical Optimal Control in Science and Engineering.....	155
Numerische Optimale Steuerung - Projekt / Numerical Optimal Control in Engineering - Project.....	160
Numerische Optimierung / Numerical Optimization.....	163
Numerische Optimierung Projekt / Numerical Optimization Project.....	168
Rennautoregelung Praktikum / Race Car Control Laboratory.....	171
RF- und Mikrowellen Bauelemente und Schaltungen / RF- and Microwave Devices and Circuits.....	174

RF- und Mikrowellen Schaltungen und Systeme / RF- and Microwave Circuits and Systems.....	178
RF- und Mikrowellen Systeme - Design Kurs / RF- and Microwave Systems - Design Course.....	182
Sensors and actuators circuit technology.....	186
Sensor-Aktor-Schaltungstechnik.....	190
State Space Control Systems.....	195
Wearable and Implantable Computing (WIC).....	200
Windenergiesysteme / Wind Energy Systems.....	204
Zuverlässigkeitstechnik / Reliability Engineering.....	207
<b>Materials and Fabrication.....</b>	<b>212</b>
Bioinspirierte Funktionsmaterialien / Bioinspired functional materials.....	213
Computational physics: material science.....	217
Disposable sensors.....	220
Electrochemical energy applications: fuel cells and electrolysis.....	224
Elektrochemische Methoden für Ingenieure / Electrochemical Methods for Engineers.....	227
Energiespeicherung und Wandlung mittels Brennstoffzellen / Energy storage and conversion using fuel cells.....	231
Fortgeschrittene Siliziumtechnologie / Advanced Silicon Technology.....	235
Functional Safety, Security and Sustainability: Active Resilience.....	238
Hardware-Entwicklung mit der Finite-Elemente-Methode / Hardware Design with the Finite-Element-Method.....	243
High-Performance Computing: Fluid Mechanics with Python.....	246
High-Performance Computing: Molecular Dynamics with C++.....	251
Keramische Werkstoffe der Mikrotechnik / Ceramic Materials for microsystems.....	256
Kontinuumsmechanik I mit Übungen / Continuum mechanics I with exercises.....	260
Kontinuumsmechanik II mit Übungen / Continuum mechanics II with exercises.....	265
Konstitutive Gleichungen und Diskretisierungsverfahren zur Versagensmodellierung / Physics of Failure.....	270
Lithographie / Lithography.....	274
Machine Learning Approaches in Structural Mechanics.....	277
Materials for Electronic Systems.....	281
Mechanische Eigenschaften und Degradationsmechanismen / Mechanical Properties and Degradation Mechanisms.....	286
Methoden der Materialanalyse / Methods of Material Analysis.....	290
Mikrostrukturierte Kunststoffkomponenten / Microstructured Polymer Components.....	293
Nanomaterialien / Nanomaterials.....	296
Nanotechnologie / Nanotechnology.....	299
Nano - Praktikum / Nano - Laboratory.....	303
Oberflächenanalyse / Surface Analysis.....	306
Oberflächenanalyse – Praktikum / Surface Analysis Laboratory.....	309
Optimierung.....	313
Optimierung von Fertigungsverfahren / Advanced engineering.....	318
Polymere in der Membrantechnik / Polymers in Membrane Technology.....	322
Photovoltaische Energiekonversion für Ingenieure / Photovoltaic Energy Conversion for engineers.....	324
Photovoltaische Energiekonversion für Ingenieure II / Photovoltaic Energy Conversion for engineers II.....	326
Polymer Processing and Microsystems Engineering.....	329
Quantenmechanik für Ingenieur*innen / Quantum Mechanics for Engineers.....	332
Quantification of Resilience.....	337
Reinraumlaborkurs für Ingenieure / Clean Room Laboratory for Engineers.....	342
Solar Energy.....	345
Techniken zur Oberflächenmodifizierung / Surface coating Techniques.....	350

Verbindungshalbleiter / Compound semiconductor devices.....	353
Von Mikrosystemen zur Nanowelt / From Microsystems to the Nanoworld.....	357
Dynamics of Materials: Material Characterization.....	361
<b>Biomedical Engineering.....</b>	<b>366</b>
Ausgewählte Problemstellungen in Biosignalverarbeitung / Selected Problems in Biosignal Processing.....	367
Biologie für Ingenieure.....	372
Biointerfaces I - Basics for Bioanalytical Systems.....	376
Biointerfaces II - Interfaces for Bioanalytical Systems.....	379
Biomedizinische Messtechnik I / Biomedical Instrumentation I.....	382
Biomedizinische Messtechnik II / Biomedical Instrumentation II.....	387
Biomedizinische Messtechnik - Praktikum / Biomedical Instrumentation - Laboratory.....	392
BioMEMS.....	395
Biophysics of cardiac function and signals.....	399
Biotechnologie für Ingenieurinnen und Ingenieure I: Einführung, Molekular- und Mikrobiologie.....	403
Biotechnologie für Ingenieurinnen und Ingenieure I - Praktikum: Mikro- und Molekularbiologie.....	407
Biotechnologie für Ingenieurinnen und Ingenieure II - Vorlesung UND Exkursion: Bioprozess-technik, Lebensmittelanalytik und in-vitro Diagnostik.....	410
Biotechnologie für Ingenieurinnen und Ingenieure II - Vorlesung (ohne Exkursion): Bioprozess-technik, Lebensmittelanalytik und in-vitro Diagnostik.....	415
Embedded Systems Entrepreneurship (2ES).....	419
Ethische Aspekte der Neurotechnologie / Ethical Aspects of Neurotechnology.....	424
Grundlagen der Elektrostimulation / Fundamentals of electrical stimulation.....	427
Introduction to data driven life sciences.....	431
Introduction to physiological control systems.....	436
Machine Learning.....	441
Maschinelles Lernen in den Lebenswissenschaften / Machine Learning in Life Science.....	446
Messung und Auswertung elektrophysiologischer Signale.....	451
Mikrofluidik II: Miniaturisieren, Automatisieren, und Parallelisieren biochemischer Analysever-fahren: Von der Idee zum Produkt / Microfluidics II: Miniaturize, automate and parallelize biochemical analysis: From idea to product launch.....	455
Mikrosystemtechnik in der Medizin / Microsystems technology in Medicine.....	460
Nanobiotechnologie / Nanobiotechnology.....	463
Neurophysiologie - Praktikum / Neurophysiology - Laboratory.....	467
Neuroprothetik / Neuroprosthetics.....	471
Neurowissenschaften für Ingenieure / Neuroscience for Engineers.....	475
Signalverarbeitung und Analyse von Gehirnignalen / Signal processing and analysis in brain signals.....	480
Siliziumbasierte Neurosonden / Silicon-based Neural Technology.....	484
Technologien der Implantatfertigung / Implant Manufacturing Technologies.....	487
Technologien der Implantatfertigung - Praktikum / Implant Manufacturing Technologies - Labo-ratory.....	492
Wearable and Implantable Computing (WIC).....	496
<b>Photonics.....</b>	<b>500</b>
Gassensorik / Gas sensors _ PO 2009 _ 2.....	501
Laser.....	505
Physics of Microscopy and Optical Image Formation.....	509
Nano-Photonics - Optical manipulation and particle dynamics.....	515
Optik-Praktikum Grundlagen / Basic Optics Laboratory.....	520
Optik-Praktikum Fortgeschritten / Advanced Optics Laboratory.....	524
Optische Materialien / Optical Materials.....	528
Optische MEMS / Optical MEMS.....	533

Optische Messverfahren: Grundlagen und Anwendungen in der Praxis / Optical measurement techniques.....	537
Optical metrology for quality assurance in sustainable production.....	541
Optoelektronik / Optoelectronics.....	545
Optische Mikrosensoren / Optical Micro-Sensors.....	549
Spektroskopische Methoden.....	551
Wave Optics.....	554
Seminar Integrated Photonics.....	564
<b>Customized Course Selection.....</b>	<b>567</b>
<b>Courses offered by IMTEK.....</b>	<b>568</b>
Ergebnisse wissenschaftlich präsentieren / Scientific writing and presentation.....	569
Projektmanagement für Ingenieure / Project management for engineers.....	572
<b>Courses offered by other departments of the University of Freiburg.....</b>	<b>576</b>
<b>Language courses.....</b>	<b>577</b>

## 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 Microsystems Engineering. These provisions define the course content structured in the modules and the curriculum structured in terms of semesters and areas.

Modules consist of different elements: Courses (e.g. lectures, exercises, seminars, etc.) and coursework (pass/fail assessments) or examinations (graded assessments). The module descriptions explain in more detail both the course elements and the required coursework and examinations to demonstrate the acquisition of competencies. In each case, the regular course and examination assessments are described; should it become necessary to deviate from the described assessments at short notice due to unforeseen circumstances, the substitute assessments will be announced in the first week of the lecture period at the latest.

For successfully completed modules, credit points are awarded, the so-called ECTS credit points according to the "European Credit Transfer and Accumulation System". These credits indicate the weighting of a course in a module as well as the workload associated with the course. One credit point corresponds to an effort of approx. 30 working hours per semester for an average student. A student should collect approx. 30 ECTS credits per semester.

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

**Regulations regarding attendance:** Attendance is not mandatory in lectures. Seminars and lab courses require regular attendance as part of the Studienleistung (pass/fail assessment) because it is essential for reaching the learning targets of these courses. Exercises may require regular attendance as well, in which case this fact will be stated in the description of the specific module.

While there are generally no admission requirements for examinations within a module, in the case of elective modules, it happens in very rare cases that two modules build directly on each other in terms of content and the corresponding advanced module can therefore only be completed if the introductory module has been successfully completed beforehand. This is indicated accordingly in the module descriptions.

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/microsystem-engineering/m-sc-microsystems-engineering>

Name des Kontos	Nummer des Kontos
AP Master of Science in Microsystems Engineering, 2021	11LE50K- T-9000-MSc-986-2021
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Master's Modul	11LE50MO-9991- MSc-986-2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Jürgen Wilde	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	30,0
Arbeitsaufwand	900 hours
Mögliche Fachsemester	4
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
Angebotsfrequenz	in jedem Semester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Successful completion of modules with a scope of at least 72 ECTS credits.

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeits-aufwand

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
Mit erfolgreichem Bestehen des Mastermoduls hat der Studierende gezeigt, dass er/sie in der Lage ist, innerhalb einer vorgegebenen Frist eine gegebene Problemstellung aus Microsystems Engineering zu bearbeiten.
In der Abschlussarbeit sind im Studium erworbene Kenntnisse und Fertigkeiten des/der Studierenden nach dem neusten Forschungsstand erkennbar angewendet worden. Der/Die Studierende hat in angemessener Weise seine/ihre Fach-, Methoden-, Forschungs- und Entwicklungskompetenzen eingesetzt und die Befähigung zur wissenschaftlichen Arbeit und Dokumentation nachgewiesen.

↑

Name des Kontos	Nummer des Kontos
Pflichtbereich / Mandatory Modules M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021)	11LE50KO-P-MSc-986-2021
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
----------------------------	---------

Kommentar
In the mandatory area, students have to complete the following five modules and the Master's module (all together 60 ECTS points).

↑

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

ECTS-Punkte	6,0
Arbeitsaufwand	180 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	4,0
Mögliche Fachsemester	1
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
keine
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Basic knowledge in electrical engineering and good knowledge in electronics, particularly with regard to the following topics: <ul style="list-style-type: none"> <li>■ semiconductor diode</li> <li>■ bipolar transistor</li> <li>■ MOS transistor</li> <li>■ operational amplifier</li> <li>■ digital circuit design</li> <li>■ logic gates &amp; logic families</li> <li>■ sequential circuits</li> </ul>
Zugehörige Veranstaltungen

Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeits-aufwand
Micro-electronics	Vorlesung	Pflicht	6,0	2,0	workload: 180 hours
Micro-electronics	Übung	Pflicht		2,0	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
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.

Zu erbringende Prüfungsleistung
written examination with a duration of 120 minutes
Zu erbringende Studienleistung
none
Verwendbarkeit des Moduls
Mandatory module for students of the study program ■ M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021)

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Micro-electronics	11LE50MO-7050/986 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Micro-electronics	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-7050/986
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Mikroelektronik	

ECTS-Punkte	6,0
Arbeitsaufwand	workload: 180 hours
Präsenzstudium	60
Selbststudium	120
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
Lehrsprache	englisch

<b>Inhalte</b>
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.
At last, applications of the presented circuits are shown, with a special focus on MEMS sensor readout.
List of contents:
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Introduction and review of CMOS technology and available components</li> <li>2. Small signal equivalent circuit</li> <li>3. Current sources</li> <li>4. Single stage amplifier and its frequency behavior</li> <li>5. Differential amplifiers</li> <li>6. Noise in electronic circuits</li> <li>7. Analog layout</li> <li>8. MEMS Applications</li> </ol>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
none
<b>Literatur</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Allen, Holberg: CMOS Analog Circuit Design, Oxford University Press</li> <li>2. Sedra, Smith: Microelectronic Circuits, Oxford University Press</li> <li>3. Razavi: Design of Analog CMOS Integrated Circuits, McGraw-Hill Higher Education</li> </ol>

<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
none
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
Basic knowledge in electrical engineering and good knowledge in electronics, particularly with regard to the following topics: <ul style="list-style-type: none"><li>■ semiconductor diode</li><li>■ bipolar transistor</li><li>■ MOS transistor</li><li>■ operational amplifier</li><li>■ digital circuit design</li><li>■ logic gates &amp; logic families</li><li>■ sequential circuits</li></ul>

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Micro-electronics	11LE50MO-7050/986 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Micro-electronics	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-7050/986
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Mikroelektronik	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
Lehrsprache	englisch

<b>Inhalte</b>
The exercise helps to reinforce the teaching contents of the lecture.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
see module details
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
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
Arbeitsaufwand	180 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	4,0
Mögliche Fachsemester	1
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
none
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
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	Arbeits-aufwand
Micromechanics	Vorlesung	Pflicht	6,0	2,0	workload 180 hours
Micromechanics	Übung	Wahlpflicht		2,0	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
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.
Zu erbringende Prüfungsleistung
The final examination will be written and of 150 minutes duration.

Zu erbringende Studienleistung

none

Verwendbarkeit des Moduls

Mandatory module for students of the study program

■ M.Sc.Microsystems Engineering (PO 2021)

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Micromechanics	11LE50MO-7100/986 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Micromechanics	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-7100/986
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Simulation	

ECTS-Punkte	6,0
Arbeitsaufwand	workload 180 hours
Präsenzstudium	60
Selbststudium	120
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
Lehrsprache	englisch

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

none

Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung

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
<b>Veranstaltung</b>	
Micromechanics	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-7100/986
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Simulation Institut für Mikrosystemtechnik Konstruktion von Mikrosystemen	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

<b>Inhalte</b>
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.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
see module details
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
none

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
MST Design Lab I for Microsystems Engineering	11LE50MO-7003 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Peter Woias	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Konstruktion von Mikrosystemen	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Arbeitsaufwand	180 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	4,0
Mögliche Fachsemester	1
Moduldauer	1 term
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
none
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
none

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeits-aufwand
MST Design Lab I for Microsystems Engineering	Vorlesung	Pflicht	6,0	2,0	180 hours
MST Design Lab I for Microsystems Engineering - Praktische Übung	Praktikum	Pflicht		2,0	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
The MST Design Lab I is composed from a lecture and an associated lab course. This module is considered as an introduction into the essentials of product design, with a focus towards microsystems. The students shall learn the following topics: "What is product design, what are the suitable strategies for this endeavour?" and "What methodical or technical tools are available for product design, how are they used in the most efficient way?" Tools and strategies are content of the lecture. In the lab course the students will work in groups as virtual start-up companies, to find a product idea, design the product, make a specification sheet for the same and design a working technical solution. All work is done virtually, using methodical tools, mathematical models and calculations.
Zu erbringende Prüfungsleistung
none

Zu erbringende Studienleistung

The following deliveries have to be handed in or done at the end of the semester, and will be the basis for grading:

A written report, comprising of tasks 1 to 3:

Task 1: Specification sheet and market study for your product idea

Task 2: Analysis of the specification sheet, solution concept, functional analysis

Task 3: mathematical prove of feasibility, budget calculations

An oral presentation of the project results (Task 4), together with a hand-in of the presentation material

Verwendbarkeit des Moduls

Mandatory module for students of the study program

- M.Sc.Microsystems Engineering (PO 2021)

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
MST Design Lab I for Microsystems Engineering	11LE50MO-7003 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
MST Design Lab I for Microsystems Engineering	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-7003_PO 20091
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Konstruktion von Mikrosystemen	

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

<b>Inhalte</b>
In the lecture the 4-phase model of product design is treated. Together with the four phases, appropriate design tools are presented and trained in conjunction with the associated lab course. Contents of the lecture are as follows:
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduction: What is product design?</li> <li>• Product planning and situation analysis</li> <li>• Product search strategies</li> <li>• Specification sheets</li> <li>• Abstraction of specification sheets and functional principles</li> <li>• Creativity techniques</li> <li>• Rapid prototyping</li> <li>• Intellectual property protection by patents</li> <li>• Technical knowledge related to the proposed product application area</li> </ul>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
none
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
see module details
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
none
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
none

Name des Moduls	Nummer des Moduls
MST Design Lab I for Microsystems Engineering	11LE50MO-7003 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
MST Design Lab I for Microsystems Engineering - Praktische Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Praktikum	11LE50prÜ-7003_PO 20091
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Konstruktion von Mikrosystemen	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
Lehrsprache	englisch

<b>Inhalte</b>
In the lab course product design is exercised by the students themselves, working in groups as virtual start-up companies. Their task is to find an innovative product idea, evaluate the potential market for their product, put together a specification sheet, evaluate the same and find a viable technical solution for their product idea. At the end of the semester all groups present their project in an oral presentation.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
none
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
see module details
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
keine

↑

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
Arbeitsaufwand	180 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	4,0
Mögliche Fachsemester	1
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
keine

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
MST technologies and processes	Vorlesung	Pflicht	6,0	2,0	180 hours
MST technologies and processes	Übung	Pflicht		1,0	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
It is the learning target that students will have a sound understanding of the fundamentals of MEMS technologies. They will know
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ the physical and technological background of microsystems processing</li> <li>■ process flows for the fabrication of MEMS elements</li> <li>■ principals of material sciences (silicon and other semiconductors)</li> <li>■ principals of clean-room and vacuum technologies</li> </ul>
Also the students will be able to apply this knowledge practically to own designs, and especially in the MST design laboratories.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Written examination with a duration of 120 minutes

### 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 report which will be graded and corrected. The result will then be presented in a 10-15 minute presentation.

### 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

### Verwendbarkeit des Moduls

Mandatory module for students of the study program

- M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021)

Compulsory elective module for students of the study program

- M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Schaltungen und Systeme
- M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentration Area Circuits and Systems



Name des Moduls	Nummer des Moduls
MST technologies and processes	11LE50MO-7250 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
MST technologies and processes	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-7250
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Prozesstechnologie	

ECTS-Punkte	6,0
Arbeitsaufwand	180 hours
Präsenzstudium	60
Selbststudium	120
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	1
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
Lehrsprache	englisch

<b>Inhalte</b>
The content of the course:
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ overview of MEMS processing (silicon, polymers)</li> <li>■ mechanical, chemical and physical properties of silicon</li> <li>■ cleanrooms – layout, function and operational procedures</li> <li>■ lithographic methods: physical background, optical lithography, ebeam lithography, x-Ray lithography</li> <li>■ 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)</li> <li>■ surface and bulk micromachining (process chains)</li> <li>■ back end processing: wafer bonding, dicing</li> <li>■ assembly and packaging</li> </ul>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
see module details
<b>Literatur</b>
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
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
none

Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung

none

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
MST technologies and processes	11LE50MO-7250 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
MST technologies and processes	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-7250
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Prozesstechnologie	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	1,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
Zu erbringende Prüfungsleistung
see module details
Zu erbringende Studienleistung
see module details
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
keine

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Signal processing	11LE50MO-7400 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Stefan Rupitsch	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Elektr. Messt. u. Eingebettete Sys.	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	6,0
Arbeitsaufwand	180 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	4,0
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Good knowledge in mathematics (complex numbers, trigonometry, calculus, linear algebra, circuit analysis, differential equations).

Zugehörige Veranstaltungen						
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeits-aufwand	
Signal processing - Vorlesung	Vorlesung	Pflicht	6,0	2,0	180 hours	
Signal processing - Übung	Übung	Pflicht		1,0		

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
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.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Written exam (Klausur), 120 minutes
Zu erbringende Studienleistung
none

Verwendbarkeit des Moduls

Mandatory Module for students of the study program

- Master of Science in Microsystems Engineering (PO 2021)

Compulsory elective module for students of the study program

- Bachelor of Science in Mikrosystemtechnik (PO 2018), Wahlpflichtbereich, Bereich Mikrosystemtechnik
- Master of Science in Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Schaltungen und Systeme



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Signal processing	11LE50MO-7400 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Signal processing - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-7400
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Elektr. Messt. u. Eingebettete Sys.	

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

<b>Inhalte</b>
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.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
see module details
<b>Literatur</b>
<p>In English:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Denbigh, Philip: System Analysis and Signal Processing</li> <li>■ Mertins: Signal Analysis</li> <li>■ Mitra: Digital Signal Processing</li> <li>■ Kay: Fundamentals of statistical signal processing &amp; Modern spectral estimation</li> <li>■ Ingle, Proakis: Digital Signal Processing using MATLAB</li> </ul> <p>In German:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Butz, Tilman: Fouriertransformation für Fußgänger</li> <li>■ Daniel Ch. von Grüningen: Digitale Signalverarbeitung, Fachbuchverlag Leipzig</li> <li>■ E. Schröfer: Signalverarbeitung, Hanser Verlag</li> <li>■ R. Scheithauer: Signale und Systeme, Teubner Stuttgart</li> </ul>

- Kammeyer, Kroschel: Digitale Signalverarbeitung
- Einführung in MATLAB, Skript zu den Übungen Signalverarbeitung SS2005
- Vorlesungsskript Signalverarbeitung SS2005
- Oppenheim, Schafer: Zeitdiskrete Signalverarbeitung

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung

None

Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung

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
<b>Veranstaltung</b>	
Signal processing - Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-7400
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Elektr. Messt. u. Eingebettete Sys.	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	1,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
Zu erbringende Prüfungsleistung
see lecture
Zu erbringende Studienleistung
none
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Good knowledge in mathematics (complex numbers, trigonometry, calculus, linear algebra, circuit analysis, differential equations).

↑

Name des Kontos	Nummer des Kontos
Wahlpflichtbereich / Elective Modules Microsystems Engineering PO 2021	11LE50KO-WP-MSc-986-2021
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
----------------------------	---------

Kommentar
In the elective area students have to complete 60 ECTS points. The elective area is divided into two sub-areas: Advanced Microsystems (30 ECTS) and Microsystems Engineering Concentration Areas (30 ECTS).

↑

Name des Kontos	Nummer des Kontos
Advanced Microsystems	11LE50KO-WP-MSc-986-2021 WP1
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
----------------------------	---------

Kommentar
In the area Advanced Microsystems, students have to complete 30 ECTS points by choosing 5 of the following modules.

↑

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
Arbeitsaufwand	180 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	4,0
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
keine

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeits-aufwand
Assembly and packaging technology	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	2,0	180 hours
Assembly and packaging technology	Übung	Wahlpflicht		1,0	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
<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>

Zu erbringende Prüfungsleistung
written examination (150 minutes)
Zu erbringende Studienleistung
none
Verwendbarkeit des Moduls
Compulsory elective module for students of the study program ■ M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Advanced Microsystems

↑

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

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

Inhalte
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. 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. 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. The course comprises the following
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
see module details
Zu erbringende Studienleistung
none

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 laut Prüfungsordnung
none
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
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

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	1,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
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.
Zu erbringende Prüfungsleistung
see module details
Zu erbringende Studienleistung
see module details
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
keine

↑

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
Arbeitsaufwand	180 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	4,0
Mögliche Fachsemester	1
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
none

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeits-aufwand
Micro-optics	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	2,0	180 hours
Micro-optics	Übung	Wahlpflicht		2,0	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
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.
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.
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.
At the completion of the course, the successful student should possess:
<ul style="list-style-type: none"> <li>• a basic understanding of electromagnetic radiation and its interaction with matter;</li> <li>• the ability to analyze and understand the most important optical components and their functionality;</li> <li>• expertise in the analysis of fundamental lens combinations;</li> <li>• the ability to design and calculate the behavior of simple optical systems;</li> <li>• an awareness of the most important fabrication and assembly processes used in optics;</li> </ul>

• the ability to understand and apply micro-optical components and concepts in microsystems.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Written examination with a duration of 120 minutes
Zu erbringende Studienleistung
There are exercises at regular intervals that have to be worked on and handed in. These are corrected and assessed with points. The course work has 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.
Verwendbarkeit des Moduls
Compulsory elective module for students of the study program ■ M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Advanced Microsystems

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Micro-optics	11LE50MO-7600/986 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Micro-optics	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-7600/986
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Mikrooptik	

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

Inhalte
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.
Table of contents:
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Electromagnetic waves</li> <li>2. Light waves &amp; beams</li> <li>3. Optical materials</li> <li>4. Optical interfaces</li> <li>5. Reflective optics</li> <li>6. Refractive optics</li> <li>7. Refractive components</li> <li>8. Refractive systems</li> <li>9. Diffractive optics</li> <li>10. Diffractive components</li> <li>11. Waveguide optics</li> <li>12. Fiber optics</li> <li>13. Fabrication</li> </ol>
Zu erbringende Prüfungsleistung
see module details

Zu erbringende Studienleistung
see module details
Literatur
<p>English:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• H. Zappe: Fundamentals of Micro-optics</li><li>• E. Hecht: Optics</li><li>• R. Hunsperger: Integrated Optics</li><li>• B. Saleh &amp; M. Teich: Fundamentals of Photonics</li><li>• S. Sinzinger &amp; J. Jahns: Microoptics</li><li>• W. Smith: Modern Optical Engineering</li><li>• H. Zappe: Introduction to Semiconductor Integrated Optics</li></ul> <p>In German:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• E. Hecht: Optik</li><li>• G. Litfin: Technische Optik in der Praxis</li></ul>
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
none
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
none

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Micro-optics	11LE50MO-7600/986 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Micro-optics	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-7600/986
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Mikrooptik	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

<b>Inhalte</b>
The exercises serve to deepen the learning material in micro-optics.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
see module details
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
none
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
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	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Arbeitsaufwand	180 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	4,0
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
keine   none
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
fundamental knowledge in higher mathematics

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Modellbildung und Systemidentifikation / Modelling and System Identification	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	2,0	180 hours
Modellbildung und Systemidentifikation / Modelling and System Identification	Übung	Wahlpflicht		2,0	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
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.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Written exam (180 minutes)

### 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.

### Verwendbarkeit des Moduls

As compulsory elective in

- M.Sc. Informatik / Computer Science in Spezialvorlesung | Specialization Courses
- M.Sc. Embedded Systems Engineering (ESE) in Advanced Microsystems Engineering
- M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021) in Advanced Microsystems
- M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Schaltungen und Systeme

Part of the specialization Cyber-Physical Systems (CPS) in Master of Science Informatik/Computer Science resp. MSc Embedded Systems Engineering

Wahlpflichtmodul für Studierende des Studiengangs

- M.Ed. Informatik (PO 2018)
- Master of Education Erweiterungsfach Informatik (PO 2021)



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Modelling and System Identification	11LE50MO-2080 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Modellbildung und Systemidentifikation / Modelling and System Identification	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-2080
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Systemtheorie	

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

<b>Inhalte</b>
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.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
see module details
<b>Literatur</b>
1. Lecture manuscript 2. Ljung, L. (1999). System Identification: Theory for the User. Prentice Hall 3. Lecture manuscript "System Identification" by J
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
None
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
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
<b>Veranstaltung</b>	
Modellbildung und Systemidentifikation / Modelling and System Identification	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-2080
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Systemtheorie	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
The exercises accompany the lecture content and are mostly computer exercises and case studies.
Zu erbringende Prüfungsleistung
see module details
Zu erbringende Studienleistung
see module details
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
none
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
none

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Probability and statistics	11LE50MO-6100 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr.-Ing. Thomas Stieglitz	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Biomedizinische Mikrotechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	6,0
Arbeitsaufwand	180 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	4,0
Mögliche Fachsemester	1
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
none
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Basic knowledge in mathematics

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Probability and statistics	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	2,0	180 hours
Probability and statistics	Übung	Wahlpflicht		2,0	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
The overall aim of the module is that students will have insights into the field of probability and statistics. Complemented by many examples, the students learn to apply probability theory and statistics in order to analyze data. After the course The students will be able to assess and evaluate the results they obtained.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Written exam with a duration of 90 minutes
Zu erbringende Studienleistung
There are exercises at regular intervals that have to be worked on and handed in. These are corrected and assessed with points. The exercises are considered passed if 50% of maximum points will be achieved from the tests that are written in the exercises with prior notice.

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

- M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021) in Advanced Microsystems

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Probability and statistics	11LE50MO-6100 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Probability and statistics	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-6100
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Biomedizinische Mikrotechnik	

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

<b>Inhalte</b>
The topics of this course cover:
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Probability theory:</li> <li>■ Discrete random variables</li> <li>■ Continuous random variables</li> <li>■ Statistics:</li> <li>■ Parameter estimation</li> <li>■ Linear and nonlinear regression</li> <li>■ Statistical tests</li> <li>■ Random numbers and Monte-Carlo simulation</li> <li>■ Experimental design</li> <li>■ Statistical process control</li> </ul>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
see module details
<b>Literatur</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. M.R. Spiegel, L.J. Stephens, Theory and Problems of Statistics, Schaum's Outline Series, New York</li> <li>2. J. Honerkamp, Stochastic Dynamical Systems, VCH, Weinheim</li> <li>3. J. Pitman, Probability, Springer, Corr. 7th printing, 1993</li> <li>4. D. Stoyan, Stochastik für Ingenieure und Naturwissenschaftler, Akademie Verlag, 1993</li> <li>5. U. Krengel, Einführung in die Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik: Für Studium, Berufspraxis und Lehramt, Vieweg und Teubner 2005</li> </ol>

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
none
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Basic knowledge in mathematics
Bemerkung / Empfehlung
<p><b>Important information for MSc ESE:</b> According to the exam regulations, this module does <b>NOT</b> count towards the 18 compulsory ECTS in Advanced MSE!</p> <p><b>Wichtiger Hinweis für MSc ESE:</b> Diese Modul zählt laut Prüfungsordnung <b>NICHT</b> in die 18 Pflicht-ECTS im Berich Advanced MSE!</p>

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Probability and statistics	11LE50MO-6100 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Probability and statistics	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-6100
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Biomedizinische Mikrotechnik	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
Zu erbringende Prüfungsleistung
see module details
Zu erbringende Studienleistung
see module details
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
none
Bemerkung / Empfehlung
<p><b>Important information for MSc ESE:</b>            According to the exam regulations, this module does <b>NOT</b> count towards the 18 compulsory ECTS in Advanced MSE!</p> <p><b>Wichtiger Hinweis für MSc ESE:</b>            Diese Modul zählt laut Prüfungsordnung <b>NICHT</b> in die 18 Pflicht-ECTS im Berich Advanced MSE!</p>

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Sensors	11LE50MO-7500/986 MSE 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
Arbeitsaufwand	180 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	4,0
Mögliche Fachsemester	1
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
none
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Basic knowledge in physics, mathematics and materials

Zugehörige Veranstaltungen						
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeits-aufwand	
Sensors	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	2,0	180 hours	
Sensors Lab Course	Praktikum	Wahlpflicht				

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
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.
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.
Zu erbringende Prüfungsleistung
written examination (usually 90-180 minutes)

Zu erbringende Studienleistung

To pass the Studienleistung, students need all three reports to get accepted. In case a report is insufficient, students have the option to rework it and resubmit within one week. In total, students have three options to rework. The criteria for approvement of the report are based on the description "Writing a Scientific Lab Report" provided in the lab course manual and the tasks defined for each of the three experiments.

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

- M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), in Advanced Microsystems

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Sensors	11LE50MO-7500/986 MSE PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Sensors	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-7500/986
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Bio- und Nano-Photonik	

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

Inhalte
The lecture Sensors gives an overview about methods and technologies creating sensors and actuators focussing on micro-technology. 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. 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. 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.
Zu erbringende Prüfungsleistung
see module details
Zu erbringende Studienleistung
see module details
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
none
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Basic knowledge in physics, mathematics and materials

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Sensors	11LE50MO-7500/986 MSE PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Sensors Lab Course	
Veranstaltungsart	Nummer
Praktikum	11LE50P-7500 PO 2021
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Elektr. Messt. u. Eingebettete Sys.	

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

Inhalte
<p>Through the three modules of the lab course, we provide you with hands-on experience to deepen the knowledge from the lectures. We like you to spark your interest in sensor applications playfully, but simultaneously expect a university level performance during the experimentation and while writing your reports.</p> <p>All experiments use the Arduino Nicla Sense ME platform, which comprises four state-of-art integrated sensors, an Arm Cortex M4 processor and Bluetooth connectivity. The different sensors are an inertial measurement unit (IMU) measuring acceleration and rotation, a pressure sensor, a magnetometer, and a gas sensor providing deduced parameters like equivalent CO<sub>2</sub> and volatile organic compounds (VOC) concentrations together with temperature and humidity.</p> <p>The lab course consists of self-learning modules for which each student borrows one Nicla Sense ME board. Nothing else is needed besides a computer with a USB port, preferably a notebook. Within the given schedule (i.e., deadlines for report submission), you can work on the experiments at your own pace.</p>

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
You have practical experience with different state-of-art sensors (accelerometer, gyroscope, pressure sensor, magnetometer, gas sensor, humidity sensor, temperature sensor) and an embedded sensor platform.
2. You can program an embedded system to interface with different sensors and provide the data to a connected computer.
3. You know how to perform sensor measurements according to scientific standards.
4. You can analyze sensor data (filtering, integration, differentiation).
5. You can document and appropriately discuss your measurements in a report.
6. You understand the working principles of the different sensors and relate your measurements to the limitations of the sensor principle.

Lehrinhalt/

Zu erbringende Prüfungsleistung
see module details

Zu erbringende Studienleistung
see module details
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Microcontroller programming (Arduino C++), Matlab

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Biomedical Microsystems	11LE50MO-7900 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr.-Ing. Thomas Stieglitz	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Biomedizinische Mikrotechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	6,0
Arbeitsaufwand	180 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	4,0
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
none

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeits-aufwand
Biomedical Microsystems	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	2,0	180 hours
Biomedical Microsystems	Übung	Wahlpflicht		2,0	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
Objective of the module is to teach the technological requirements of microsystems in biomedical applications. Aspects of material science, standards and directives as well as technological opportunities will be evaluated. Examples from a variety of applications of approved medical devices and research prototypes in clinical trials will be presented and assessed. The module teaches the students which particular requirements have to be taken into account if microsystems should be used as a medical device. It will give a broad overview of the possible extent of microsystems applications in medical devices. The accompanying exercises supplement the lecture with respect to further applications. They guide the students towards independent learning whereas literature research, application and transfer of already acquired technological knowledge strengthen the engineering skills for research and development tasks in new application fields.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Written examination with a duration of 90 minutes

Zu erbringende Studienleistung

There are exercises at regular intervals which are corrected and assessed with points. The exercises are considered passed if 50% of maximum points will be achieved from the tests that are written in the exercises with prior notice.

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

- M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), in Advanced Microsystems
- M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Biomedizinische Technik
- M.Sc. Embedded Systems Engineering (ESE) (PO 2021) in Microsystems Engineering Concentrations Area: Biomedical Engineering



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Biomedical Microsystems	11LE50MO-7900 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Biomedical Microsystems	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-7900
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Biomedizinische Mikrotechnik	

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

<b>Inhalte</b>
The course presents exemplary applications of microsystems in biomedical engineering, discusses challenges and illustrates solutions to meet the requirements of biocompatibility, biostability and reliability in clinical applications. In detail, the following topic will be covered:
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Introduction to Biomedical Microdevices</li> <li>■ Medical Devices: Legal Framework and Classification</li> <li>■ Glaucoma Monitoring Implant</li> <li>■ Neural Implants to Restore Vision</li> <li>■ Neural Implants to Record from the Brain</li> <li>■ Sensors in Cardiac Pacemakers</li> <li>■ Imaging Pills</li> <li>■ Spectroscopic Billirubin Measurement</li> <li>■ Trends for Intelligent Endoprostheses</li> <li>■ Stability and Functionality Implantable MEMS</li> <li>■ Packaging and Housing Concepts</li> <li>■ Data and Energy Transmission in (Micro-)Implants</li> </ul>
Finally, the content of the course and the learning targets will be summarized together with the students to facilitate the preparation of the examination.

<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
see module details

Literatur

Actual copies of the slides will be delivered accompanying to the lectures.

Literature:

- G. A. Urban (ed.) BioMEMS. Dordrecht: Springer 2006.

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung

none

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Biomedical Microsystems	11LE50MO-7900 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Biomedical Microsystems	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-7900
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Biomedizinische Mikrotechnik	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
Zu erbringende Prüfungsleistung
see module details
Zu erbringende Studienleistung
see module details
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
none
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
none

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Micro-actuators	11LE50MO-7300 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr.-Ing. Ulrike Wallrabe	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Mikroaktorik	
Fachbereich / Fakultät	
Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	6,0
Arbeitsaufwand	180 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	4,0
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
none
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Basic knowledge in Physics, Electrical Engineering, Engineering Mechanics and Microsystems Technologies and Processes

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Micro-actuators - Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	2,0	180 hours
Micro-actuators	Übung	Wahlpflicht		2,0	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
The students should get acquainted with the most common actuation principles. This includes the basic knowledge of the physical principles and equations, the integration into micro technology and the specific fabrication processes and applications.
Furthermore the critical examination of the different actuation principles is also encouraged. After the course, the students should be familiar with the advantages and disadvantages of the different actuation principles and be able to choose the right mechanism for a novel application with respect to the typical parameters like force and displacement, but also complexity of the fabrication process, ease of integration and reliability.

Zu erbringende Prüfungsleistung

written examination with a duration of 120 minutes

If the number of participants is small (< 20), an oral examination of 45 minutes may be held instead. The students will be informed in good time.

Zu erbringende Studienleistung

Each student has to present one exercise solution on the black board. This is not marked, but counted as "Studienleistung".

Bemerkung / Empfehlung

It is strongly recommended to pass the Studienleistung before taking the exam.

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

- M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), in Advanced Microsystems
- M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), Concentration Circuits and Systems



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Micro-actuators	11LE50MO-7300 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Micro-actuators - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-7300
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Mikroaktorik	

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

Inhalte
<p>The lecture starts off with a short recapitulation of the principles of mechanical engineering that are especially relevant for actuators: Newtonian mechanics, force, impulse, energy, torque, friction, forced oscillation with and without damping, resonance, waves and the wave equation.</p> <p>Then the actuation principles mentioned below are worked through. For each principle the specific basic physical equations are presented. Afterwards the integration of that principle into micro technology and typical examples of scientific literature or commercial products are shown. The actuation principles are:</p>
<p><b>Electrostatics</b></p> <p>First the plate capacitor with one direction of motion perpendicular to the plate is introduced. The special pull-in characteristic is derived.</p> <p>Then the direction of motion parallel to the plate is covered, which resembles a comb actuator leading to a linear or tilting motion, depending on the design of the actuator.</p> <p>Lastly rotating motors are covered.</p>
<p><b>Electromagnetics</b></p> <p>The easiest actuator uses the Lorentz force. Here the possibility of using bi-stable and snap-action mechanisms arises.</p> <p>After the Lorentz-force actuators, magnetic reluctance actuators with the challenge of coil winding, the use of eddy currents and the assembly of small electromagnetic motors are discussed.</p>
<p><b>Piezoelectricity</b></p> <p>Piezoelectric behavior is first introduced using the example of SiO<sub>2</sub>, followed by PZT. Since piezo actuators are commonly obtained as modular parts, typical commercially available designs are presented and standard applications are discussed.</p> <p>As a special case, surface waves excited within a piezoelectric substrate are shown. The applications of these devices include RFID-tags and friction-controlled rotary motors.</p>

### **Shape Memory Metals**

The special behavior of NiTi is introduced concerning the aspect of shape memory and super elasticity. The method of shape settings is illustrated, followed by numerous examples, especially super elasticity used in medical engineering.

### **Polymer actuators**

Less known for hydroactive polymers, polymer actuators are a common synonym for dielectric elastomer actuators. The importance of the choice of the actuator material and the influence of the material on percolation and the dielectric constant is exemplified. Typical challenges and applications for polymer actuators are identified.

### **Hydrodynamic**

After a theoretical introduction to fluid dynamics, two types of turbines are presented: Firstly actual micro turbines, where the challenge of friction can be exemplified and secondly turbines in the millimeter range for surgical applications.

This is followed by active multi-pathway valves and a short overview over micro pumps.

Zu erbringende Prüfungsleistung

see module details

Zu erbringende Studienleistung

see module details

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung

none

Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung

Basic knowledge in Physics, Electrical Engineering, Engineering Mechanics and Microsystems Technologies and Processes

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Micro-actuators	11LE50MO-7300 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Micro-actuators	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-7300
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Mikroaktorik	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
Zu erbringende Prüfungsleistung
see module details
Zu erbringende Studienleistung
see module details
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
none
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
none

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Micro-fluidics	11LE50MO-7152 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Roland Zengerle	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Anwendungsentwicklung	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	6,0
Arbeitsaufwand	180 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	4,0
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
keine
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Basic knowledge in physics

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeits-aufwand
Micro-fluidics	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	2,0	180 hours
Micro-fluidics	Übung	Wahlpflicht		2,0	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
Technically correct handling of very small amounts of liquid and gas is of central importance in all key areas of microsystems engineering such as Lab-on-a-Chip applications, InkJet technology, fuel cells, medical drug delivery systems and many more. This lecture gives an overview on physical phenomena and presents some of the most important application examples of microfluidic systems.
The educational objective of the Microfluidics I lecture is to gain a general understanding regarding all basic microfluidic effects including fluid mechanics, fluid properties and both physical as well as chemical interactions at boundary layers.
Participating students will learn to apply micro- and macrofluidic effects and phenomena to design new systems. This is achieved by introducing basic microfluidic elements that can be utilized as elementary units to create complex microfluidic devices.

Zu erbringende Prüfungsleistung
Written exam with a duration of max. 180 minutes
It is highly recommended to take the examination in the same term when attending the lecture and the tutorials.
Zu erbringende Studienleistung
none
Verwendbarkeit des Moduls
Compulsory elective module for students of the study program ■ M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), in Advanced Microsystems

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Micro-fluidics	11LE50MO-7152 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Micro-fluidics	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-7152
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Anwendungsentwicklung	

ECTS-Punkte	6,0
Arbeitsaufwand	180 hours
Präsenzstudium	52
Selbststudium	128
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

<b>Inhalte</b>
The topics of this course are:
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Basic fluid properties</li> <li>■ Fluid dynamics including the Navier-Stokes-Equation</li> <li>■ Diffusion</li> <li>■ Surface tension</li> <li>■ Electrokinetics</li> <li>■ The design of microfluidic chips</li> <li>■ Basic fluidic elements</li> </ul>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
none
<b>Literatur</b>
<p>Literatur:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Nguyen, Wereley; Microfluidics, Artech House</li> <li>■ Geschke, Klank, Telleman; Microsystem Eng. of Lab-on-a-Chip Devices, Wiley-VCh, 2nd edition</li> <li>■ Bruus; Theoretical Microfluidics, Oxford Univ. Press</li> </ul>
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
none

Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung

Basic knowledge in physics



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Micro-fluidics	11LE50MO-7152 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Micro-fluidics	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-7152
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Anwendungsentwicklung	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
Zu erbringende Prüfungsleistung
see module details
Zu erbringende Studienleistung
none
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
none
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
none

↑

Name des Kontos	Nummer des Kontos
Concentration Areas	11LE50KO-WP-MSc-986-2021 WP2
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
----------------------------	---------

Kommentar
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.

↑

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

↑

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
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	2,5
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	in jedem Semester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Keine

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeits-aufwand
Angewandte Sensorschaltungstechnik - Praktische Übung	Praktikum	Wahlpflicht	3,0	2,5	180 Stunden

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
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.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Praktische Prüfungsleistung (Erstellung von Demonstratoren oder Software).
Zu erbringende Studienleistung
Durchführung und Teilnahme an Versuchen im zweiwöchentlichen Rhythmus.

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

- M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Schaltungen und Systeme
- M.Sc. Microsystems Engineering, (PO 2021) Concentration Circuits and Systems
- M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area Circuits and Systems

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Angewandte Sensorschaltungstechnik	11LE50MO-5268 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Angewandte Sensorschaltungstechnik - Praktische Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Praktikum	11LE50prÜ-5268
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Konstruktion von Mikrosystemen	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	180 Stunden
Präsenzstudium	52 Stunden
Selbststudium	128 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	2,5
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	deutsch

<b>Inhalte</b>
Inhalte sind:
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entwurf des Schaltungskonzeptes für ein elektronisches Sensorinterface</li> <li>• PSPICE-Simulation des gefundenen Konzeptes, Optimierung der Schaltung</li> <li>• Platinenlayout</li> <li>• Platinenfertigung und -bestückung</li> <li>• Schaltungstest</li> <li>• Abschlußpräsentation</li> </ul>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
siehe Modulebene
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
siehe Modulebene
<b>Literatur</b>
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.
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>

↑

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
Arbeitsaufwand	180 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	4,0
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Knowledge of sensors, MEMS technologies, semiconductor physics

Zugehörige Veranstaltungen						
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeits-aufwand	
CMOS-Integrierte Mikrosysteme / CMOS MEMS	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	2,0	180 hours	
CMOS-Integrierte Mikrosysteme / CMOS MEMS	Übung	Wahlpflicht		2,0		

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
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.

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

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.

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

- M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Circuits and Systems
- M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Schaltungen und Systeme
- M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area Circuits and Systems



Name des Moduls	Nummer des Moduls
CMOS-Integrierte Mikrosysteme / CMOS MEMS	11LE50MO-5271 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
CMOS-Integrierte Mikrosysteme / CMOS MEMS	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5271
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Materialien der Mikrosystemtechnik	

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

<b>Inhalte</b>
1. Introduction 2. Basic technologies 3. Magnetic sensors 4. Stress sensors 5. Inertial sensors 6. Thermal sensors 7. Radiation sensors 8. Calibration
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
see module details
<b>Literatur</b>
A script will be handed out during the course.
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
none
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
Knowledge of sensors, MEMS technologies, semiconductor physics

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
CMOS-Integrierte Mikrosysteme / CMOS MEMS	11LE50MO-5271 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
CMOS-Integrierte Mikrosysteme / CMOS MEMS	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5271
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Materialien der Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

<b>Inhalte</b>
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.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
see module details
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
none

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Data Converters	11LE50MO-5227 PO 2021
Verantwortliche/r	
Dr.-Ing. Matthias Keller	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Mikroelektronik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 hours
Präsenzstudium	28 Stunden
Selbststudium	62 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Successful completion of the module 5070 - <i>Micro-electronics</i> . The limited number of 20 seats will be distributed among applying students based on the ranking of the module grade.
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
A good understanding of the knowledge imparted in the Micro-electronics module (5070) is crucial for a successful completion of this module.

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeits-aufwand
Data Converters	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2,0	90 Stunden

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
Upon completion of the course, students will
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ have a thorough understanding of the fundamentals and mathematical depiction of A/D and D/A conversion</li> <li>■ be in the position to select, for a given application, the right A/D or D/A converter among the state-of-the-art architectures</li> <li>■ know about performance limiting non-idealities of A/D and D/A converters and how to minimize or compensate their effect.</li> </ul>

Zu erbringende Prüfungsleistung
Written exam at the end of the term with a duration of 2h on the content of the lecture.
Zu erbringende Studienleistung
none
Verwendbarkeit des Moduls
Compulsory elective module for students of the study program ■ M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Circuits and Systems ■ M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Schaltungen und Systeme ■ M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentration Area Circuits and Systems

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Data Converters	11LE50MO-5227 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Data Converters	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5227 PO 2021
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Mikroelektronik	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Präsenzstudium	28 Stunden
Selbststudium	62 Stinden
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

<b>Inhalte</b>
The focus of the course is put on two of the most demanding building blocks for mixed-signal circuit design: the analog-to-digital (A/D) and the digital-to-analog (D/A) converter. With steadily advancing digitization, these components have to satisfy the demands for ever increasing bandwidth, resolution, and optimum power efficiency.
The course covers
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ the fundamentals of data conversion, i.e., filtering, sampling, and quantization for A/D conversion and digital-to-analog conversion, analog hold, and reconstruction for D/A conversion</li> <li>■ the static and spectral metrics and nonidealities of A/D and D/A converters, e.g., gain/offset error, integral/differential nonlinearity, dynamic range, signal-to-noise(-and-distortion) ratio, etc.</li> <li>■ an overview and discussion of state-of-the-art Nyquist D/A converters</li> <li>■ an overview and discussion of state-of-the-art Nyquist and oversampled A/D converters.</li> </ul>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see Module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
see Module details
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
Successful completion of the module 5070 - <i>Micro-electronics</i> . The limited number of 20 seats will be distributed among applying students based on the ranking of the module grade.

Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung

A good understanding of the knowledge imparted in the Micro-electronics module (5070) is crucial for a successful completion of this module.

Bemerkung / Empfehlung

- **In case of comments and/or questions, please contact Dr.-Ing. M. Keller ([mkeller@imtek.de](mailto:mkeller@imtek.de)).**
- Application for participation is to be performed as soon as possible in HISinOne, even if the result of the exam *Mikroelektronik / Microelectronics* is not yet available. Students will get informed on their status, i.e., "accepted / waiting list / rejected", once the results of the exam are available.
- No participation in the first lecture results in the cancellation of an accepted application. The seat will be given to the first student on the waiting list.



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Debugging and Fuzzing	11LE13MO-1158_PO 2020
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Armin Biere	
Veranstalter	
Institut für Informatik Rechnerarchitektur	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Arbeitsaufwand	180 Stunden   hours
Semesterwochenstunden (SWS)	4,0
Mögliche Fachsemester	1
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
keine   none
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Good programming experience necessary Highly recommended: Advanced Programming Skills (in C, C++, Java, or Python) Basic knowledge in Software Engineering, Algorithms and Data-Structures

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeits-aufwand
Debugging and Fuzzing	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	2,0	180 Stunden   hours
Debugging and Fuzzing	Übung	Wahlpflicht		2,0	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
The main goal is to understand debugging from a scientific perspective and learn how to apply advanced debugging techniques to real world system design mostly in the context of software engineering and in combination with modern fuzzing and testing techniques.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Written exam (usually 90 to 180 minutes)

Zu erbringende Studienleistung

You have to complete and hand in your solutions for exercise sheets and perform experiments on a regular basis. These will be scored and awarded with points. To successfully complete the course work (Studienleistung), you need to have reached at least 50% of the overall number of achievable points for the semester.

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

- M.Sc. Informatik / Computer Science (2020) in Spezialvorlesung | Specialization Courses
- M.Sc. Embedded Systems Engineering (ESE) (2021) in Elective Courses in Computer Science

Part of the specialization Cyber-Physical Systems (CPS) in Master of Science Informatik/Computer Science resp. MSc Embedded Systems Engineering



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Debugging and Fuzzing	11LE13MO-1158_PO 2020
<b>Veranstaltung</b>	
Debugging and Fuzzing	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE13V-1158_PO 2020
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Informatik Rechnerarchitektur	

ECTS-Punkte	6,0
Arbeitsaufwand	180 Stunden   hours
Präsenzstudium	30
Selbststudium	120
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

<b>Inhalte</b>
We will discuss failures, tracking, contracts/assertions,delta-debugging, quick-check, symbolic debugging, coverage, automatic/unit/regression/combinatorial/model-based testing, data-races, deadlocks, sanitizers and also spend some time on fuzzing, including white/gray/black-box fuzzing, coverage, grammar-aware fuzzing, and symbolic execution.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
See module level
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
See module level
<b>Literatur</b>
"Why Programs Fail", A. Zeller. "The Fuzzing Book", A. Zeller et.al.
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
none
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
Good programming experience necessary Highly recommende: Advanced Programming Skills (in C, C++, Java, or Python) Software Engineering, Algorithms and Data-Structures



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Debugging and Fuzzing	11LE13MO-1158_PO 2020
<b>Veranstaltung</b>	
Debugging and Fuzzing	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE13Ü-1158_PO 2020
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Informatik Rechnerarchitektur	

ECTS-Punkte	
Präsenzstudium	30
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
Using the acquired debugging techniques in exercises on paper and applying debugging and fuzzing tools to real complex code from automated reasoning, electronic design automation or compilers.
Zu erbringende Prüfungsleistung
See module level
Zu erbringende Studienleistung
See module level
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
none

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Embedded Systems Entrepreneurship (2ES)	11LE13MO-1403_PO 2020
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Oliver Amft	
Veranstalter	
Institut für Informatik Intelligente Eingebettete Systeme	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Arbeitsaufwand	180 Stunden / Hours
Semesterwochenstunden (SWS)	4,0
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	unregelmäßig

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
keine   none
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
keine   none

Zugehörige Veranstaltungen						
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeits-aufwand	
Embedded Systems Entrepreneurship (2ES)	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	1,0	180 Stunden / Hours	
Embedded Systems Entrepreneurship (2ES)	Seminar	Wahlpflicht		1,0		
Embedded Systems Entrepreneurship (2ES)	Übung	Wahlpflicht		2,0		

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
* Conceptualise and design embedded sensor systems along a specific application.
* Develop and demonstrate key components of embedded sensor systems, including signal and pattern analysis and recognition algorithms.
* Develop a basic market analysis and business plan.
* Implement an agile development process.

Zu erbringende Prüfungsleistung
Presentation followed by an oral examination (10 minutes per person, total duration depends on group size)
Zu erbringende Studienleistung
Regular attendance of the course (seminar and exercise) according to §13 (2) of the General Examination Regulations for the Bachelor of Science/Master of Science, as otherwise the required group work and scientific discussion is not possible. Further elements of the course work are the creation of demonstrators or software as well as a written elaboration/protocol.
Verwendbarkeit des Moduls
Compulsory elective module for students of the study program <ul style="list-style-type: none"><li>■ M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Circuits and Systems</li><li>■ M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Schaltungen und Systeme</li><li>■ M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), Concentration Circuits and Systems <b>OR</b> Elective Courses in Computer Science</li><li>■ M.Sc. Informatik / Computer Science (2020) in Spezialvorlesung   Specialization Courses</li></ul> <p>Part of the specialization Artificial Intelligence (AI) in Master of Science Informatik/Computer Science resp. MSc Embedded Systems Engineering <b>and</b> Part of the specialization Cyber-Physical Systems (CPS) in Master of Science Informatik/Computer Science resp. MSc Embedded Systems Engineering</p>



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Embedded Systems Entrepreneurship (2ES)	11LE13MO-1403_PO 2020
<b>Veranstaltung</b>	
Embedded Systems Entrepreneurship (2ES)	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE13V-1403_PO 2020
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Informatik Intelligente Eingebettete Systeme	

ECTS-Punkte	6,0
Arbeitsaufwand	180 Stunden / Hours
Präsenzstudium	16 Stunden / Hours
Selbststudium	116 Stunden / Hours
Semesterwochenstunden (SWS)	1,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	unregelmäßig
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

<b>Inhalte</b>
The course combines technical and business-related lectures on embedded sensor systems with a practical system development project using agile development methods. Students will organise in groups and define together with their advisor(s) goals for the technical development, market analysis, etc. Student groups can enter their projects for an award of the VDE.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
see module details
<b>Literatur</b>
Relevant literature will be provided during the lectures and consultations.
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
None
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
Basic pattern recognition methods; basic programming skills

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Embedded Systems Entrepreneurship (2ES)	11LE13MO-1403_PO 2020
<b>Veranstaltung</b>	
Embedded Systems Entrepreneurship (2ES)	
Veranstaltungsart	Nummer
Seminar	11LE13S-1403_PO 2020
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Informatik Intelligente Eingebettete Systeme	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	1,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	unregelmäßig
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprachen	deutsch, englisch

Inhalte
Zu erbringende Prüfungsleistung
see module details
Zu erbringende Studienleistung
see module details
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
none

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Embedded Systems Entrepreneurship (2ES)	11LE13MO-1403_PO 2020
<b>Veranstaltung</b>	
Embedded Systems Entrepreneurship (2ES)	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE13Ü-1403_PO 2020
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Informatik Intelligente Eingebettete Systeme	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	unregelmäßig
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
Zu erbringende Prüfungsleistung
see module details
Zu erbringende Studienleistung
see module details
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
none

↑

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
Arbeitsaufwand	180 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	4,0
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
None

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Energiegewinnung / Energy harvesting	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	2,0	180 hours
Energiegewinnung / Energy harvesting	Übung	Wahlpflicht		2,0	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
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.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Klausur (i.d.R. 90 bis 180 Minuten)   Written exam (usually 90 to 180 minutes)  Wenn die Teilnehmerzahl gering ist (< 20), kann stattdessen eine mündliche Prüfung durchgeführt werden. Die Studierenden werden rechtzeitig informiert.   If the number of participants is small (< 20), an oral examination may be held instead. The students will be informed in good time.

Zu erbringende Studienleistung

none

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

- M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Circuits and Systems
- M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Schaltungen und Systeme
- M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentration Area Circuits and Systems

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Energiegewinnung / Energy harvesting	11LE50MO-5703 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Energiegewinnung / Energy harvesting	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5703
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Konstruktion von Mikrosystemen	

ECTS-Punkte	6,0
Arbeitsaufwand	180 hours
Präsenzstudium	52 hours
Selbststudium	128 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

<b>Inhalte</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Harmonical Oscillator (with bending beams)</li> <li>■ Piezoelectric Energy Harvesters</li> <li>■ Electrodynanic Energy Harvesters</li> <li>■ Electrostatic Energy Harvesters</li> <li>■ Non-Resonant Generators</li> <li>■ Thermoelectric Generators &amp; Processes</li> <li>■ Thermomechanic Generators</li> <li>■ Capacitive Storages and Accumulators</li> <li>■ Step-up Converters and Advanced Step-up Converter Design</li> <li>■ Energy Harvesting Applications</li> </ul>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
See module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
See module details
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ S. Roundy et al, "Energy Scavenging for Wireless Sensor Networks: with Special Focus on Vibrations", 2004, Kluver Academic Publishers Group, The Netherlands</li> <li>■ D. Priya, S. Shank, "Energy Harvesting Technologies", 2009, Springer Science+Business Media LLC, New York</li> </ul>
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
None

Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung

None

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Energiegewinnung / Energy harvesting	11LE50MO-5703 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Energiegewinnung / Energy harvesting	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5703
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Konstruktion von Mikrosystemen	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
Zu erbringende Prüfungsleistung
See module details
Zu erbringende Studienleistung
See module details
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
none

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Energy Efficient Power Electronics	11LE50MO-9010 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Oliver Ambacher Prof. Dr. Bruno Burger Prof. Dr. Rüdiger Quay	
Veranstalter	
Inst. f. Nachh. Technische Systeme Prof. f. Leistungselektronik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Nachhaltige Technische Systeme	

ECTS-Punkte	6,0
Arbeitsaufwand	180 h
Semesterwochenstunden (SWS)	4,0
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Basic knowledge of electric and electronic circuits.

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Energy Efficient Power Electronics	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	2,0	
Energy Efficient Power Electronics	Übung	Wahlpflicht		2,0	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
Students will be enabled to understand materials, functioning and design of up to date power devices and circuits suitable for energy efficient power electronic systems. The lecture comprises three aspects: fundamental material and device concepts, power conversion-circuitry and power conversion systems. This includes high voltage AC-DC converter, solar energy photovoltaic converters and converters for engines or wind-craft systems. The basic concepts of power conversion, of passive and active semiconductor devices, high-voltage operation, converter- and control concepts, device protection and aspects of system and power network theory are provided. The students will be competent to analyze, understand the fabrication, design of passive and active power devices such as MOSFETs, Insulated Gate Bipolar IGBTs, Junction FETs (JFET), diodes, and thyristors. Students will be able to design and analyze feedback control systems based on state space control technologies and apply them to power devices.

Zu erbringende Prüfungsleistung
Written supervised exam, duration: 120 min. The final written exam covers the content of the lecture (70%) and exercise (30%).
Important info for exchange students: the exam must be taken at the official examination date.
Zu erbringende Studienleistung
None
Verwendbarkeit des Moduls
Mandatory elective module for students of the study program ■ M.Sc. in Sustainable Systems Engineering (PO 2021) in the technical concentration area <i>Energy Systems Engineering</i>  Compulsory elective module for students of the study program ■ M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Circuits and Systems ■ M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Schaltungen und Systeme ■ M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentration Area Circuits and Systems

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Energy Efficient Power Electronics	11LE50MO-9010 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Energy Efficient Power Electronics	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE68V-9010 PO 2021
<b>Veranstalter</b>	
Inst. f. Nachh. Technische Systeme Prof. f. Leistungselektronik	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

<b>Inhalte</b>
The lecture deals with the materials, topologies and concepts of power devices and circuits. It comprises three parts: fundamental material and device concepts, power conversion-concepts and actual power conversion systems. At the interface of modern electronics, circuit design, and control theory, advanced analysis, fabrication, and characterization techniques are introduced in order to bridge the gap from modern power conversion to the understanding of systems and network systems with all aspects of power conversion. The methodologies of power-analysis, design of circuits, complex power flow, processing of devices, their modelling, their characterization, and control are introduced along with the demonstration of their relevance to real power-components and -systems. Circuits and system concepts for power conversion, such as half and full bridges, current controls, aspects high voltage operation, and design for robustness are presented, and several examples are discussed in detail. Typical applications include DC-DC conversion for server systems, photovoltaic power conversion, application to microscopic power converters, and high-voltage windcraft systems.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
See module
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
See module
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Joachim Specovices: „Grundkurs Leistungselektronik“ Vieweg + Teubner (2009) ISBN 9783834805577</li> <li>■ Manfred Michel: „Leistungselektronik“ Springer (2011) ISBN 9783642159831</li> <li>■ C. Kamalakannan et al.: „Power Electronics and Renewable Energy Systems“ Springer (2014) ISBN 8132221184</li> </ul>
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
None
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
Basic knowledge of electric and electronic circuits.

Lehrmethoden

Lecture + exercise



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Energy Efficient Power Electronics	11LE50MO-9010 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Energy Efficient Power Electronics	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE68Ü-9010 PO 2021
<b>Veranstalter</b>	
Inst. f. Nachh. Technische Systeme Prof. f. Leistungselektronik	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
In the exercises, the contents of the lecture will be illustrated and deepened by means of examples. The students learn in their home studies on the basis of exercise sheets, e.g. to calculate the electrical properties of power electronic devices and circuits, as well as to estimate the lifetime, ruggedness, and energy efficiency of power electronic systems. During the exercises the solutions of the tasks and problems are presented by tutors and explained in detail.
Zu erbringende Prüfungsleistung
See module
Zu erbringende Studienleistung
See module
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
none

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Entwurf Analoger CMOS Schaltungen / Analog CMOS Circuit Design	11LE50MO-5202 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr.-Ing. Matthias Kuhl	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Mikroelektronik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	6,0
Arbeitsaufwand	180 hours
Präsenzstudium	52 Stunden
Selbststudium	128 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	4,0
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
none
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
<ul style="list-style-type: none"> <li>• system theory (basics)</li> <li>• electronic devices and circuits (MOS transistor)</li> </ul>

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeits-aufwand
Entwurf Analoger CMOS Schaltungen / Analog CMOS Circuit Design	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	2,0	180 hours
Entwurf Analoger CMOS Schaltungen - Praktikum / Analog CMOS Circuit Design - Laboratory	Praktikum	Wahlpflicht		2,0	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
<ul style="list-style-type: none"> <li>• After completing the module, students are familiar with complex analog CMOS circuit design concepts and are thus in the position to analyze and design arbitrary analog circuits.</li> <li>• The students master the state-of-the-art design approach gm/Id and are thus able to design and implement analog circuits in an arbitrary technology node.</li> <li>• The students improve their skills in the frequency analysis of feedback systems and are thus able to define the phase margin of feedback systems by relocating poles and zeros.</li> </ul>

- |  |
|--|
| • The students know how to analyze the noise performance of analog integrated circuits and how to meet noise specifications. |
|--|

Zu erbringende Prüfungsleistung
---------------------------------

Written exam at the end of the term with a duration of 2h on the content of the module. The lecture and the project represent a module; the mark of the written exam will thus be weighted by 6 ECTS.
---

Zu erbringende Studienleistung
--------------------------------

- |  |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"><li>■ five graded reports, presentation (at the end of the term)</li><li>■ The practical exercise <i>Analog CMOS Circuit Design - Laboratory</i> is successfully passed if the final presentation is passed and an average grade of 70% is achieved in the five written reports.</li><li>■ The lecture and the project represent a module; the mark of the written exam will thus be weighted by 6 ECTS.</li></ul> |
|--|

Verwendbarkeit des Moduls
---------------------------

Compulsory elective module for students of the study program
--

- |   |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>■ M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Circuits and Systems</li><li>■ M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Schaltungen und Systeme</li><li>■ M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentration Area Circuits and Systems</li></ul> |
|---|



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Entwurf Analoger CMOS Schaltungen / Analog CMOS Circuit Design	11LE50MO-5202 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Entwurf Analoger CMOS Schaltungen / Analog CMOS Circuit Design	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5202
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Mikroelektronik	

ECTS-Punkte	6,0
Arbeitsaufwand	180 hours
Präsenzstudium	52 hours
Selbststudium	128 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

<b>Inhalte</b>
The fundamentals of microelectronics were presented in the course Microelectronics, in particular the square-law / lambda model depicting the current-voltage characteristic of MOS transistors in different working regions. The square-law model allows gaining a quick and intuitive understanding of the large- and small-signal behavior of the MOS transistor. However, for performing integrated analog circuit design, a more accurate model is required that provides excellent matching between hand calculations and simulations, in particular for modern nanometer CMOS technologies. At first, the gm/Id design methodology will thus be presented. It will be illustrated by and applied to the design and transistor-level implementation of a typical analog circuit, i.e., a two-stage amplifier, in the practical exercise.
Another focus of the course is put on the fundamentals of electrical noise, i.e., understanding, predicting, and minimizing noise in CMOS circuits. In addition to the minimization of thermal and 1/f-noise by proper sizing of transistors, the sampled or chopped operation of analog amplifiers will be introduced as a measure to efficiently suppress the CMOS transistor's inherent 1/f-noise. Moreover, it will be shown that chopping also allows for the compensation of further non-idealities such as offset or saturation.
The course concludes with the introduction of circuit blocks that are needed for the implementation of near-complete systems, i.e., electrical references for voltage, current, temperature, and time. Moreover, advanced differential architectures will be presented, e.g., folded cascode and inverter-based amplifiers or Gm-C filters. One of these circuit blocks will be analyzed in class by the participants themselves in a simplified flip-ped-classroom scenario.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
see module details

<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>■ Script</li><li>■ P. E. Allen and D. R. Holberg, CMOS Analog Circuit Design, Oxford Press, 2002</li><li>■ B. Razavi, Design of Analog CMOS Integrated Circuits, McGraw-Hill, 2001</li></ul>
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
Successful completion of the module 5070 - Micro-electronics. The limited number of 20 seats will be distributed among applying students based on the ranking of the module grade.
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>■ Successful completion of the module 5070 - Micro-electronics. The limited number of 20 seats will be distributed among applying students based on the ranking of the module grade.</li><li>■ system theory (basics)</li></ul>
<b>Bemerkung / Empfehlung</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>■ <b>In case of comments and/or questions, please contact M. Sc. C. Grandauer (christoph.grandauer@imtek.de).</b></li><li>■ Application for participation is to be performed as soon as possible in HISinOne, even if the result of the exam <i>Mikroelektronik / Microelectronics</i> is not yet available. Students will get informed on their status, i.e., "accepted / waiting list / rejected", once the results of the exam are available.</li><li>■ No participation in the first lecture results in the cancellation of an accepted application. The seat will be given to the first student on the waiting list.</li></ul>

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Entwurf Analoger CMOS Schaltungen / Analog CMOS Circuit Design	11LE50MO-5202 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Entwurf Analoger CMOS Schaltungen - Praktikum / Analog CMOS Circuit Design - Laboratory	
Veranstaltungsart	Nummer
Praktikum	11LE50Ü-5202
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Mikroelektronik	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

<b>Inhalte</b>
Based on the example of a two-stage amplifier with RC compensation, the practical exercise illustrates the typical design flow of analog integrated circuits. It goes hand in hand with the lecture and trains the students on the implementation of analog integrated circuits based on the gm/I <sub>d</sub> design approach. After an initial analysis of the circuit by means of hand calculations, the circuit will be implemented and simulated on transistor level using the software Cadence Spectre in order to verify its functionality. In the end, the design will be iteratively improved to withstand real-life conditions and nonidealities, e.g., temperature-, process-, and parameter variations. The student will thus learn that an understanding of the circuit's parameters and their interactions is essential for a successful implementation of an integrated circuit. At the end of the term, a presentation is to be given that covers the design on transistor level.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
see module details
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Successful completion of the module 5070 - Micro-electronics. The limited number of 20 seats will be distributed among applying students based on the ranking of the module grade.</li> </ul>
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Successful completion of the module 5070 - Micro-electronics. The limited number of 20 seats will be distributed among applying students based on the ranking of the module grade.</li> <li>■ system theory (basics)</li> </ul>

Bemerkung / Empfehlung
<ul style="list-style-type: none"><li>■ Application for participation is to be performed as soon as possible in HISinOne, even if the result of the exam Mikroelektronik / Microelectronics is not yet available. Students will get informed on their status, i.e., "accepted / waiting list / rejected", once the results of the exam are available.</li><li>■ No participation in the first lecture results in the cancellation of an accepted application. The seat will be given to the first student on the waiting list.</li></ul>



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
Arbeitsaufwand	90 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

**Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung**

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	Arbeits-aufwand
Entwurf von CMOS Mixed-Signal Schaltungen / Mixed-Signal CMOS Circuit Design - Praktikum	Praktikum	Wahlpflicht	3,0	2,0	90 hours

**Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung**

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”. 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, interdigititation, 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.

Zu erbringende Prüfungsleistung
<ul style="list-style-type: none"><li>■ 5x graded reports (10% of the final grade each)</li><li>■ 1x graded presentation (50% of the final grade)</li></ul>
Zu erbringende Studienleistung
none
Verwendbarkeit des Moduls
Compulsory elective module for students of the study program <ul style="list-style-type: none"><li>■ M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Circuits and Systems</li><li>■ M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Schaltungen und Systeme</li><li>■ M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentration Area Circuits and Systems</li></ul>

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Entwurf von CMOS Mixed-Signal Schaltungen / Mixed-Signal CMOS Circuit Design	11LE50MO-5208 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Entwurf von CMOS Mixed-Signal Schaltungen / Mixed-Signal CMOS Circuit Design - Praktikum	
Veranstaltungsart	Nummer
Praktikum	11LE50P-5208
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Mikroelektronik	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 hours
Präsenzstudium	30 hours
Selbststudium	60 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Layout of analog CMOS integrated circuits (basics)</li> <li>■ Introduction of the layout tool Cadence VirtuosoXL (industry standard)</li> </ul>
Zu erbringende Prüfungsleistung
see module details
Zu erbringende Studienleistung
none
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Script</li> <li>■ R. J. Baker, CMOS Circuit Design, Layout, and Simulation, IEEE Press Series, 2008</li> <li>■ A. Hastings, The Art of Analog Layout, Pearson Education 2005</li> </ul>
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
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 ( <a href="mailto:mkeller@tf.uni-freiburg.de">mkeller@tf.uni-freiburg.de</a> ).

↑

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	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Arbeitsaufwand	180 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	4,0
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	unregelmäßig

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
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	Arbeitsaufwand
Flugregelung Praktikum / Flight Control Laboratory	Praktikum	Wahlpflicht	6,0	4,0	180 hours

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
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.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Project work: ■ A working project result ■ project documentation and oral presentation
Zu erbringende Studienleistung
none

**Verwendbarkeit des Moduls**

Compulsory elective module for students of the study program

- M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Circuits and Systems
- M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Schaltungen und Systeme
- M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentration Area Circuits and Systems

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Flugregelung Praktikum / Flight Control Laboratory	11LE50MO-5222 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Flugregelung Praktikum / Flight Control Laboratory	
Veranstaltungsart	Nummer
Praktikum	11LE50P-5222
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Systemtheorie	

ECTS-Punkte	6,0
Arbeitsaufwand	180 hours
Präsenzstudium	84 hours
Selbststudium	96 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	4,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	unregelmäßig
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

<b>Inhalte</b>
In order to register to this course please write a mail to us ( <a href="mailto:moritz.diehl@imtek.uni-freiburg.de">moritz.diehl@imtek.uni-freiburg.de</a> , <a href="mailto:tommaso.s-ator@imtek.uni-freiburg.de">tommaso.s-ator@imtek.uni-freiburg.de</a> ) including:
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Short motivation statements,</li> <li>- A brief summary of your relevant achievements in the field of engineering, exams, university projects, personal projects.</li> <li>- If you already have an idea for a project on which you are interested to work on feel free to add that.</li> </ul>
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.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
None
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
None

**Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung**

The lab course includes topics as part of the HIGHWIND project (Simulation, Optimization 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
Fortgeschrittenes Mikrocontroller-Praktikum / Advanced Microcontroller Lab	11LE50MO-5235 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Stefan Rupitsch	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Institut für Mikrosystemtechnik Elektr. Messt. u. Eingebettete Sys.	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Arbeitsaufwand	180 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	3,0
Mögliche Fachsemester	4
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Successful participation in the laboratory course Mikrocomputertechnik / Microcontroller Techniques.
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
None

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Fortgeschrittenes Mikrocontroller-Praktikum	Praktikum	Wahlpflicht	6,0	3,0	180 hours

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
The students:
<ul style="list-style-type: none"> <li>have got advanced knowledge in the field of microcontroller architectures and peripheral hardware.</li> <li>are familiar with the workflow of creating hardware-oriented and complex microcontroller applications.</li> <li>know solution strategies to perform own embedded hard- and software projects.</li> </ul>
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
Verwendbarkeit des Moduls
Compulsory elective module for students of the study program ■ M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Circuits and Systems ■ M.Sc.Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Schaltungen und Systeme ■ M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentration Area Circuits and Systems

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Fortgeschrittenes Mikrocontroller-Praktikum / Advanced Microcontroller Lab	11LE50MO-5235 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Fortgeschrittenes Mikrocontroller-Praktikum	
Veranstaltungsart	Nummer
Praktikum	11LE50P-5235
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Elektr. Messt. u. Eingebettete Sys.	

ECTS-Punkte	6,0
Arbeitsaufwand	180 hours
Präsenzstudium	39 hours
Selbststudium	141 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	3,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

<b>Inhalte</b>
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:
<ul style="list-style-type: none"> <li>• creating microcontroller applications of extended size and complexity</li> <li>• implementing hardware drivers and custom libraries</li> <li>• understanding hardware documentation and circuit schematics</li> <li>• utilizing advanced debugging tools (e.g. logic analyzers)</li> <li>• understanding and implementing bus systems like SPI, I2C and UART</li> <li>• interfacing complex peripheral units (sensors, ADCs, DACs, FLASH memories etc.)</li> <li>• interfacing I/O devices (LCD displays, joysticks etc.)</li> </ul>
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.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
None
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ John H. Davies: MSP430 Microcontroller Basics.</li> <li>■ Tietze, Schenk, Gamm: Electronic Circuits - Handbook for Design and Application.</li> </ul>
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
Successful participation in the laboratory course Mikrocomputertechnik / Microcontroller Techniques.

Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung

None

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Leistungselektronik für die Elektromobilität/Power Electronics for E-Mobility	11LE50MO-4106 PO 2021
Verantwortliche/r	
Stefan Reichert	
Veranstalter	
Institut für Nachhaltige Technische Systeme	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Präsenzstudium	28 Stunden
Selbststudium	62 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Power Electronic Circuits and Devices (elective module)

Zugehörige Veranstaltungen						
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeits-aufwand	
Leistungselektronik für die Elektromobilität / Power Electronics for E-Mobility	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2,0	Attendance: 24 h lecture + 6 h exercise = 30 h Self-study: 60 h 90 h	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
<p>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.</p> <p>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.</p>
Zu erbringende Prüfungsleistung
Oral examination ( <i>Prüfungsgespräch</i> ), approx. 30 min. The examination takes place at the end of the winter semester.

Zu erbringende Studienleistung
none
Benotung
The module grade is calculated 100% from the final oral exam.
Zusammensetzung der Modulnote
<ul style="list-style-type: none"><li>■ Master of Science im Fach Sustainable Systems Engineering, Prüfungsordnungsversion 2016: Die Modulnote wird nach ECTS-Punkten einfach gewichtet in die Gesamtnote eingerechnet.</li></ul>
Verwendbarkeit des Moduls
<p>Wahlmodul für Studierende des Studiengangs</p> <ul style="list-style-type: none"><li>■ Master of Science in Sustainable Systems Engineering<ul style="list-style-type: none"><li>- Energiesysteme / Energy Systems</li></ul></li><li>■ Master of Science Mikrosystemtechnik, PO 2018, concentration areas Circuits &amp; Systems, Sensors &amp; Actuators, Personal Profile</li><li>■ Master of Science Microsystems Engineering, PO 2018, concentration areas Circuits &amp; Systems, Sensors &amp; Actuators, Personal Profile</li><li>■ Master of Science Mikrosystemtechnik, PO 2021, Vertiefungsrichtung Circuits &amp; Systems</li><li>■ Master of Science Microsystems Engineering, PO 2021, concentration area Circuits &amp; Systems</li><li>■ M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area Circuits and Systems</li></ul>

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Leistungselektronik für die Elektromobilität/Power Electronics for E-Mobility	11LE50MO-4106 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Leistungselektronik für die Elektromobilität / Power Electronics for E-Mobility	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE68V-4106
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Nachhaltige Technische Systeme	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	Attendance: 24 h lecture + 6 h exercise = 30 h Self-study: 60 h 90 h
Präsenzstudium	30 h
Selbststudium	60 h
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

<b>Inhalte</b>
<p>Power Electronics for E-Mobility applications:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Conductive and inductive chargers for electric vehicles</li> <li>■ Traction inverters and electric motors</li> <li>■ DC/DC converters for onboard energy management</li> <li>■ Control of grid connected inverters</li> <li>■ E-Mobility as an instrument for a better grid integration of renewable energies</li> </ul> <p>Exercises/Tutorials are included in the lecture (3 exercises x 2 h, conducted by Akshay Mahajan in the winter term 2021/22).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Simulation of basic topologies and control structures (Simulationsoftware: PLECS)</li> </ul>
<b>Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung</b>
See module
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
See module
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
See module
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Teodorescu R., Liserre M., Rodriguez P.; Grid Converters for Photovoltaic and Wind Power Systems, Wiley-IEEE, 2011</li> </ul>

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
none
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Module <i>Energy Efficient Power Electronics</i> (only summer term!); Basic Knowledge in (Power) Electronics and Control
Lehrmethoden
Lecture with embedded exercise
Bemerkung / Empfehlung
This course is <b>not</b> available for exchange students.

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Leistungselektronik für Photovoltaik und Windenergie / Power Electronics for Photovoltaics and Wind Energy	11LE50MO-4107 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Bruno Burger	
Veranstalter	
Institut für Nachhaltige Technische Systeme	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 hours
Präsenzstudium	28 Stunden
Selbststudium	62 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Knowledge in Electrical Components (Semiconductors, Inductors, Capacitors)

Zugehörige Veranstaltungen						
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand	
Leistungselektronik für Photovoltaik und Windenergie / Power Electronics for Photovoltaics and Wind Energy	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2,0	90 h	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
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.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Oral examination, duration: approx. 30 min.

Zu erbringende Studienleistung
None
Benotung
The module grade is calculated 100% from the final oral exam.
Zusammensetzung der Modulnote
<ul style="list-style-type: none"><li>■ Master of Science im Fach Sustainable Systems Engineering, Prüfungsordnungsversion 2016: Die Modulnote wird nach ECTS-Punkten einfach gewichtet in die Gesamtnote eingerechnet.</li></ul>
Verwendbarkeit des Moduls
<p>Compulsory elective module for students of the study program</p> <ul style="list-style-type: none"><li>■ Master of Science in Sustainable Systems Engineering, Energiesysteme / Energy Systems</li><li>■ M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Circuits and Systems</li><li>■ M.Sc.Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Schaltungen und Systeme</li><li>■ M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentration Area Circuits and Systeme</li></ul>

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Leistungselektronik für Photovoltaik und Windenergie / Power Electronics for Photovoltaics and Wind Energy	11LE50MO-4107 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Leistungselektronik für Photovoltaik und Windenergie / Power Electronics for Photovoltaics and Wind Energy	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE68V-4107
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Nachhaltige Technische Systeme	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 h
Präsenzstudium	30 h
Selbststudium	60 h
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

<b>Inhalte</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Solar Module Integrated Electronics</li> <li>■ Single Phase String Inverters</li> <li>■ Three Phase String Inverters</li> <li>■ Battery Chargers and Off-Grid Inverters</li> <li>■ PV System Technology</li> <li>■ Frequency converters for Wind Energy</li> </ul>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
See module
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
See module
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Robert W. Erickson, Dragan Marksimovic: Fundamentals of Power Electronics</li> <li>■ Mohan, Undeland, Robbins: Power Electronics</li> </ul> <p> <a href="http://nptel.ac.in/courses/Webcourse-contents/IIT%20Kharagpur/Power%20Electronics/New_index1.html">http://nptel.ac.in/courses/Webcourse-contents/IIT%20Kharagpur/Power%20Electronics/New_index1.html</a>  <a href="https://en.wikipedia.org/wiki/DC-to-DC_converter">https://en.wikipedia.org/wiki/DC-to-DC_converter</a>  <a href="https://en.wikipedia.org/wiki/Power_inverter">https://en.wikipedia.org/wiki/Power_inverter</a>  <a href="https://en.wikipedia.org/wiki/Variable-frequency_drive">https://en.wikipedia.org/wiki/Variable-frequency_drive</a> </p>
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
Module <i>Energy Efficient Power Electronics</i> (only summer term!)

Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung

Knowledge in Electrical Components (Semiconductors, Inductors, Capacitors)

Lehrmethoden

Lecture

↑

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 Smart Systems Integration	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	in jedem Semester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
None

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeits-aufwand
Mikroakustische Wandler / Micro Acoustical Transducers	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2,0	90 hours

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
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.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Oral examination (20 minutes)
Zu erbringende Studienleistung
None

**Verwendbarkeit des Moduls**

Compulsory elective module for students of the study program

- M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Circuits and Systems
- M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Schaltungen und Systeme
- M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentration Area Circuits and Systems

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Mikroakustische Wandler / Micro Acoustical Transducers	11LE50MO-5257 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Mikroakustische Wandler / Micro Acoustical Transducers	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5257
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Smart Systems Integration	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 hours
Präsenzstudium	28 hours
Selbststudium	62 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	in jedem Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprachen	deutsch, englisch

<b>Inhalte</b>
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
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
See module level
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
See module level
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
None
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
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 Elektr. Messt. u. Eingebettete Sys.	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Basic knowledge of electronics, binary arithmetics, C programming and the structure of microcontrollers.

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Mikrocomputertechnik / Microcontroller Techniques - Praktikum	Praktikum	Wahlpflicht	3,0	2,0	90 hours

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
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.

Zu erbringende Prüfungsleistung

The exam consists in the submission of 9 practically-oriented exercise sheets throughout the semester. The grade of each exercise sheet is 1/9 of the final module grade.

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.

Zu erbringende Studienleistung

none

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

- M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Circuits and Systems
- M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Schaltungen und Systeme
- M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentration Area Circuits and Systems



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Mikrocomputertechnik/ Microcontroller Techniques - Praktikum	11LE50MO-760MScPr PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Mikrocomputertechnik / Microcontroller Techniques - Praktikum	
Veranstaltungsart	Nummer
Praktikum	11LE50P-760MScPr
<b>Veranstalter</b>	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik Elektr. Messt. u. Eingebettete Sys.	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 hours
Präsenzstudium	30 hours
Selbststudium	60 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

<b>Inhalte</b>
Based on a custom hardware learning platform being developed by the Laboratory for Electrical Instrumentation and using a TI MSP430G2553 microcontroller, the students will gain insight into the following topics:
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Low-level C programming</li> <li>• Hard- and software debugging</li> <li>• Using microcontroller inputs and outputs</li> <li>• Using internal and external peripheral hardware</li> <li>• Using communication interfaces</li> </ul>
The students will autonomously perform the practical exercises at home. This is facilitated by a hardware kit containing the microcontroller board as well as required equipment, which can be obtained from the library of the technical faculty (the kit is labeled “μ-Controller-Praktikum I”). The support is given by the tutors on the ILIAS online platform, laboratory lessons will only be given as required. Mandatory events are two short colloquiums (students have to explain their exercise solution to a tutor twice, the deadlines and appointments will be made on demand).
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
none
<b>Literatur</b>
MSP430 Microcontroller Basics: John H. Davies Electronic Circuits - Handbook for Design and Application: Tietze, Schenk, Gamm

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Basic knowledge of electronics, binary arithmetics, C programming and the structure of microcontrollers.
Bemerkung / Empfehlung
The successful completion of this module is mandatory for the participation in the module "Advanced Laboratory in Microcontroller".

↑

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 Institut für Informatik Neurorobotik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	unregelmäßig

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
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	Arbeitsaufwand
Model Predictive Control and Reinforcement Learning	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	1,0	90 h
Model Predictive Control and Reinforcement Learning	Übung	Wahlpflicht		1,0	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
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.

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

A mandatory requirement for passing (Studienleistung) is based on the written microexam at the end of the course.

Verwendbarkeit des Moduls

As compulsory elective in

- M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021) and M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Concentrations Area: Circuits and Systems
- M.Sc. Informatik / Computer Science in Spezialvorlesung | Specialization Courses
- M.Sc. Embedded Systems Engineering (ESE) in Microsystems Engineering Concentrations Area: Circuits and Systems

Also:

- Concentration course for MSc. Embedded Systems Engineering (PO 2012) 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.



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Model Predictive Control and Reinforcement Learning	11LE50MO-5720 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Model Predictive Control and Reinforcement Learning	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5720_PO20091
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Systemtheorie Institut für Informatik Neurorobotik	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 h
Präsenzstudium	26
Selbststudium	64
Semesterwochenstunden (SWS)	1,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	unregelmäßig
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

<b>Inhalte</b>
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.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
see module details
<b>Literatur</b>
“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
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
None

Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung

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
<b>Veranstaltung</b>	
Model Predictive Control and Reinforcement Learning	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5720_PO20091
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Systemtheorie Institut für Informatik Neurorobotik	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	1,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	unregelmäßig
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
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 module details
Zu erbringende Studienleistung
see module details
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
none

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Modellprädiktive Regelung für erneuerbare Energiesysteme	11LE50MO-5723 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Moritz Diehl	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Systemtheorie	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 Stunden / hours
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
keine   none
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Prior knowledge in the following fields is an advantage:
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mathematics 1 and 2 for engineers (or basic linear algebra and calculus courses)</li> <li>- Linear systems theory</li> <li>- State space control</li> <li>- Numerical optimization</li> <li>- Modeling and system identification (MSI)</li> </ul>

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeits-aufwand
Modellprädiktive Regelung für erneuerbare Energiesysteme	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2,0	90 Stunden

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
The students will be familiar with the control-oriented modelling of different renewable energy systems. They can analyze and formulate linear and nonlinear model predictive control problems for these systems. They can use state-of-the-art software tools to efficiently compute a numerical solution to these problems.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Klausur (i.d.R. 90 bis 180 Minuten)   Written exam (usually 90 to 180 minutes)

Zu erbringende Studienleistung
The course work is completed if students pass the mid-term online quiz.
Verwendbarkeit des Moduls
<p>Compulsory elective module for students of the study program</p> <ul style="list-style-type: none"><li>■ M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Circuits and Systems</li><li>■ M.Sc.Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Schaltungen und Systeme</li><li>■ M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Concentration Area Circuits and Systems</li></ul>

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Modellprädiktive Regelung für erneuerbare Energiesysteme	11LE50MO-5723 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Modellprädiktive Regelung für erneuerbare Energiesysteme	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5723 PO 2021
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Systemtheorie	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Präsenzstudium	32 Stunden
Selbststudium	58 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprachen	deutsch, englisch

<b>Inhalte</b>
Model predictive control (MPC) is an advanced control technique that is able to flexibly deal with complex, multivariable systems with high performance demands operating under constraints. MPC becomes more and more important in the field of renewable energy systems because it can account systematically for the complex and varying system demands while maximizing resource efficiency during operation.
During the lectures the following topics will be treated: Introduction to MPC for energy systems Overview of traditional and advanced control concepts Basics of simulation and optimization Fundamentals and solution methods of linear MPC Fundamentals and solution methods of nonlinear MPC Modeling and control of building energy systems Modeling and control of solar energy plants Modeling and control of wind energy plants
Bi-weekly voluntary exercises will be provided in order to help the student to understand the theory better.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
see module details
<b>Literatur</b>
"Model Predictive Control: Theory, Computation, and Design" by James B. Rawlings, David Q. Mayne, and Moritz M. Diehl

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Prior knowledge in the following fields is an advantage: - Mathematics 1 and 2 for engineers (or basic linear algebra and calculus courses) - Linear systems theory - State space control - Numerical optimization - Modeling and system identification (MSI)

↑

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
Arbeitsaufwand	180 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	4,0
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 term
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
none
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Succesful completion of either the module "MST Design Lab I" (M.Sc. Microsystems Engineering) or "Konstruktionsmethodik" (B.Sc. Mikrosystemtechnik).

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
MST Design Lab II for Microsystems Engineering - Praktische Übung	Praktikum	Wahlpflicht	3,0	4,0	180 hours

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
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.

**Verwendbarkeit des Moduls**

Students of the M.Sc. programmes Microsystems Engineering (PO 2021) can select this module in the concentration area Circuits and Systems (Schaltungen und Systeme).



Name des Moduls	Nummer des Moduls
MST Design Lab II for Microsystems Engineering	11LE50MO-7005 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
MST Design Lab II for Microsystems Engineering - Praktische Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Praktikum	11LE50prÜ-7005_PO 20091
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Konstruktion von Mikrosystemen	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	180 hours
Präsenzstudium	52 hours
Selbststudium	128 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	4,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

<b>Inhalte</b>
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.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
see module details
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
none
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
Succesful 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	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

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

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
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	Arbeits-aufwand	
Numerical Optimal Control in Science and Engineering	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	6,0	180 hours	
Numerical Optimal Control in Science and Engineering	Übung	Wahlpflicht		2,0		

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
The students can formulate optimal control problems and implement and analyze several numerical methods for solving them.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Written exam (180 minutes)
Zu erbringende Studienleistung
The course work is completed if students pass the mid-term online quiz.

**Verwendbarkeit des Moduls**

Compulsory elective module for students of the study program

- M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Circuits and Systems
- M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Schaltungen und Systeme
- M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Enginnering Concentration Area Circuits and Systems

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Numerical Optimal Control in Science and Engineering	11LE50MO-5249 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Numerical Optimal Control in Science and Engineering	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5249
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Systemtheorie	

ECTS-Punkte	6,0
Arbeitsaufwand	180 hours
Präsenzstudium	78 hours
Selbststudium	102 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	6,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

<b>Inhalte</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Introduction: Dynamic Systems and Optimization</li> <li>■ Rehearsal of Numerical Optimization</li> <li>■ Rehearsal of Parameter Estimation</li> <li>■ Discrete Time Optimal Control</li> <li>■ Dynamic Programming</li> <li>■ Continuous Time Optimal Control</li> <li>■ Numerical Simulation Methods</li> <li>■ Hamilton-Jacobi-Bellmann Equation</li> <li>■ Pontryagin and the Indirect Approach</li> <li>■ Direct Optimal Control</li> <li>■ Differential Algebraic Equations</li> <li>■ Periodic Optimal Control</li> <li>■ Real-Time Optimization for Model Predictive Control</li> </ul>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
see module details
<b>Literatur</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Manuscript "Numerical Optimal Control" by M. Diehl and S. Gros</li> <li>2. Biegler, L.T., Nonlinear Programming, SIAM, 2010</li> </ol>
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
None

**Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung**

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
<b>Veranstaltung</b>	
Numerical Optimal Control in Science and Engineering	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5249
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Systemtheorie	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

<b>Inhalte</b>
In the tutorial, the contents of the lecture will be deepened by means of theoretical examples and computer exercises.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
see module details
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
None
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
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	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	1,0
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	unregelmäßig

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
None

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Numerical Optimal Control - Project	Projekt	Wahlpflicht	3,0	1,0	90 hours

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
Students will be able to independently program, analyze, and apply numerical methods of optimal control.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Submission of a report incl. a documented computer code.
Zu erbringende Studienleistung
Oral presentation

**Verwendbarkeit des Moduls**

Compulsory elective module for students of the study program

- M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Circuits and Systems
- M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Schaltungen und Systeme
- M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentration Area Circuits and Systems

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Numerische Optimale Steuerung - Projekt / Numerical Optimal Control in Engineering - Project	11LE50MO-5250 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Numerical Optimal Control - Project	
Veranstaltungsart	Nummer
Projekt	11LE50Pro-5250
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Systemtheorie	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 hours
Präsenzstudium	14 hours
Selbststudium	76 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	1,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	unregelmäßig
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprachen	deutsch, englisch

Inhalte
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
see module details
Zu erbringende Studienleistung
see module details
Literatur
<a href="http://syscop.de/teaching/">http://syscop.de/teaching/</a>
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
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	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Arbeitsaufwand	180 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	6,0
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Mathematics 1 and 2 for Engineers or basic Linear Algebra and Calculus courses

Zugehörige Veranstaltungen						
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeits-aufwand	
Numerische Optimierung / Numerical Optimization	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	4,0	180 hours	
Numerische Optimierung / Numerical Optimization	Übung	Wahlpflicht		2,0		

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
The students know different types of optimization problems and can discuss their theoretical background and implement and analyze numerical methods for solving them.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Written exam (180 minutes)
Zu erbringende Studienleistung
The course work is completed if students pass the mid-term online quiz.

**Verwendbarkeit des Moduls**

Compulsory elective module for students of the study program

- M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Circuits and Systems
- M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Schaltungen und Systeme
- M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentration Area Circuits and Systems

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Numerische Optimierung / Numerical Optimization	11LE50MO-5243 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Numerische Optimierung / Numerical Optimization	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5243
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Systemtheorie	

ECTS-Punkte	6,0
Arbeitsaufwand	180 hours
Präsenzstudium	90 hours
Selbststudium	90 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	4,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

<b>Inhalte</b>
The course is divided into four major parts:
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
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
see module details
<b>Literatur</b>
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
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
None

Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung

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
<b>Veranstaltung</b>	
Numerische Optimierung / Numerical Optimization	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5243
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Systemtheorie	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

<b>Inhalte</b>
In der Übung werden die Inhalte der Vorlesung anhand theoretischer Beispielaufgaben sowie mit Rechnerübungen vertieft.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
see module details
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
None
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
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	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	1,0
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeits-aufwand
Numerische Optimierung / Numerical Optimization - Projekt	Projekt	Wahlpflicht	3,0	1,0	90 hours

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
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.
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.

**Verwendbarkeit des Moduls**

Compulsory elective module for students of the study program

- M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Circuits and Systems
- M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Schaltungen und Systeme
- M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentration Area Circuits and Systems

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Numerische Optimierung Projekt / Numerical Optimization Project	11LE50MO-5244 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Numerische Optimierung / Numerical Optimization - Projekt	
Veranstaltungsart	Nummer
Projekt	11LE50Pr-5244
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Systemtheorie	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 hours
Präsenzstudium	15 hours
Selbststudium	75 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	1,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
Zu erbringende Prüfungsleistung
see module details
Zu erbringende Studienleistung
see module details
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
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	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Arbeitsaufwand	180 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	4,0
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	unregelmäßig

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
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	Arbeitsaufwand
Rennautoregelung Praktikum / Race Car Control Laboratory	Praktikum	Wahlpflicht	6,0	4,0	180 Stunden

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
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.
Zu erbringende Prüfungsleistung
project report
Zu erbringende Studienleistung
none

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

- M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Circuits and Systems
- M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Schaltungen und Systeme
- M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area Circuits and Systems

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Rennautoregelung Praktikum / Race Car Control Laboratory	11LE50MO-5224 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Rennautoregelung Praktikum / Race Car Control Laboratory	
Veranstaltungsart	Nummer
Praktikum	11LE50P-5224
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Systemtheorie	

ECTS-Punkte	6,0
Arbeitsaufwand	180 Stunden
Präsenzstudium	56 hours
Selbststudium	126 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	4,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	unregelmäßig
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

<b>Inhalte</b>
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.
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.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
Written composition and oral presentation of the project results.
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
None
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
None
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
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.

↑

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	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
None

Zugehörige Veranstaltungen						
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeits-aufwand	
RF- und Mikrowellen Bauelemente und Schaltungen / RF- and Microwave Devices and Circuits	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2,0	90 h	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
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.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Oral examination, duration: approx. 30 min.
Zu erbringende Studienleistung
none

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

- M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Circuits and Systems
- M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Schaltungen und Systeme
- M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentration Area Circuits and Systems

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
RF- und Mikrowellen Bauelemente und Schaltungen / RF- and Microwave Devices and Circuits	11LE50MO-5215 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
RF- und Mikrowellen Bauelemente und Schaltungen / RF- and Microwave Devices and Circuits	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE68V-5215
<b>Veranstalter</b>	
Inst. f. Nachh. Technische Systeme Energieeff. Hochfrequenzelektronik	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 h
Präsenzstudium	26 h
Selbststudium	64 h
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

<b>Inhalte</b>
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.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
See module
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
See module
<b>Literatur</b>
RF- and Microwave passives
■ Zinke/Brunswig, Hochfrequenztechnik, Band 1, Springer, 1999
RF-Devices
■ U.K. Mishra, J. Singh, Semiconductor Device Physics And Design, Springer, 2007
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
None

<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
None
<b>Lehrmethoden</b>
Electronic handout will be provided during the lecture. Visit to the Fraunhofer IAF.
<b>Bemerkung / Empfehlung</b>
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
Arbeitsaufwand	90 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
None

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
RF- und Mikrowellen Schaltungen und Systeme / RF- and Microwave Circuits and Systems	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2,0	90 h

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
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.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Oral examination, duration: approx. 30 min.
Zu erbringende Studienleistung
none

**Verwendbarkeit des Moduls**

Compulsory elective module for students of the study program

- M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Circuits and Systems
- M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Schaltungen und Systeme
- M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Concentration Area Circuits and Systems

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
RF- und Mikrowellen Schaltungen und Systeme / RF- and Microwave Circuits and Systems	11LE50MO-5232 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
RF- und Mikrowellen Schaltungen und Systeme / RF- and Microwave Circuits and Systems	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE68V-5232
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Nachhaltige Technische Systeme	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 h
Präsenzstudium	30 h
Selbststudium	60 h
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
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 RF systems. 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 RFcomponents and (micro)-systems. Typical applications include a mobile handset such as the SmartPhone, automotive radar, and wireless data communication links for high-data-rate transmission.
Zu erbringende Prüfungsleistung
See module
Zu erbringende Studienleistung
See module
Literatur
RF- and Microwave passives
■ Zinke/Brunswig, Hochfrequenztechnik, Band 1, Springer, 1999
Further literature for systems are presented during the lecture
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None

<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
None
<b>Lehrmethoden</b>
Electronic handout will be provided during the lecture. Visit to the Fraunhofer IAF.
<b>Bemerkung / Empfehlung</b>
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	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
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.
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
None

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
RF- und Mikrowellen Systeme - Design Kurs / RF- and Microwave Systems - Design Course	Praktikum	Wahlpflicht	3,0	2,0	90 h

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
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.
Zu erbringende Prüfungsleistung
The grade is calculated based on the average of the submitted exercises (5 out of 6). There is no exam.

Zu erbringende Studienleistung
none
Verwendbarkeit des Moduls
Compulsory elective module for students of the study program ■ M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Circuits and Systems ■ M.Sc.Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Schaltungen und Systeme ■ M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentration Area Circuits and Systems

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
RF- und Mikrowellen Systeme - Design Kurs / RF- and Microwave Systems - Design Course	11LE50MO-5344 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
RF- und Mikrowellen Systeme - Design Kurs / RF- and Microwave Systems - Design Course	
Veranstaltungsart	Nummer
Praktikum	11LE68P-5344
<b>Veranstalter</b>	
Inst. f. Nachh. Technische Systeme Energieeff. Hochfrequenzelektronik	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 h
Präsenzstudium	26 h
Selbststudium	64 h
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

<b>Inhalte</b>
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 non-linear 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 LTE and modern radar.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
See module
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
See module
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Keysight Design System User Manual <a href="http://www.keysight.com">www.keysight.com</a></li> <li>■ Script: Design Course: RF- and Microwave Systems, R. Quay, (will be provided at the beginning of the lecture)</li> </ul>

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung

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.

Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung

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
Arbeitsaufwand	180 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	4,0
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
none
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Undergraduate knowledge in electrical engineering and measurement technology.

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeits-aufwand
Sensors and actuators circuit technology	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	2,0	180 hours
Sensors and actuators circuit technology Veranstaltung	Übung	Wahlpflicht		2,0	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Students are able to identify and describe the parts of an embedded electronic circuit</li> <li>■ Students have an overview of sensor and actuator technology and the corresponding circuits for their signal acquisition and signal processing.</li> <li>■ Students are able to distinguish among circuit designs in accordance to specifications and required performances.</li> <li>■ Students know the critical aspects to take into consideration during the circuit design for a specific sensor or actuator</li> </ul>
Zu erbringende Prüfungsleistung
oral examination (30 minutes)
Zu erbringende Studienleistung
none

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

- M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Circuits and Systems
- M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Schaltungen und Systeme
- M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), Concentration Circuits and Systems



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Sensors and actuators circuit technology	11LE50MO-5282 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Sensors and actuators circuit technology	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5277
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Konstruktion von Mikrosystemen	

ECTS-Punkte	6,0
Arbeitsaufwand	180 hours
Präsenzstudium	52 hours
Selbststudium	128 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

<b>Inhalte</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Introduction to electronic components and function blocks</li> <li>■ Sensors generating output currents (photodiode, amperometric electrode)</li> <li>■ Sensors generating output voltages (ISFET)</li> <li>■ Resistive sensors based on the Wheatstone bridge principle (pressure, acceleration)</li> <li>■ Capacitive sensors (pressure, acceleration, humidity)</li> <li>■ Capacitive actuators (electrostatic, piezoelectric)</li> </ul>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
See module level
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
See module level
<b>Literatur</b>
Sedra, Smith, Microelectronic Circuits, New York: Oxford University Press, ISBN0199339147 Hayes, Horowitz, the Art of Electronics, Cambridge University Press, ISBN0521177235
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
none
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
none

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Sensors and actuators circuit technology	11LE50MO-5282 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Sensors and actuators circuit technology Veranstaltung	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5277
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Konstruktion von Mikrosystemen	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
The exercises deepen the subject through the analysis and design of electronic circuits for sensors and actuators.
Zu erbringende Prüfungsleistung
See module level
Zu erbringende Studienleistung
See module level
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
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
Arbeitsaufwand	180 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	4,0
Mögliche Fachsemester	
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
<p>Wissen und Kenntnisse der vermittelten Lehrmodule "Einführung in die Elektrotechnik" und "Messtechnik" des Bachelor-Studiengangs Mikrosystemtechnik, alternativ aus vergleichbaren Lehrveranstaltungen anderer Hochschulen.</p> <p>Vertiefte Grundkenntnisse zu elektronischen Bauelementen.</p>

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Sensor-Aktor-Schaltungstechnik	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	2,0	180 Stunden
Sensor-Aktor-Schaltungstechnik	Übung	Wahlpflicht		2,0	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
<p>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.</p>
Zu erbringende Prüfungsleistung
mündliche Prüfung

Zu erbringende Studienleistung
keine
Verwendbarkeit des Moduls
Compulsory elective module for students of the study program
<ul style="list-style-type: none"><li>■ M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Circuits and Systems</li><li>■ M.Sc.Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Schaltungen und Systeme</li><li>■ M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), Concentration Circuits and Systems</li></ul>

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Sensor-Aktor-Schaltungstechnik	11LE50MO-5725 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Sensor-Aktor-Schaltungstechnik	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5725
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Konstruktion von Mikrosystemen	

ECTS-Punkte	6,0
Arbeitsaufwand	180 Stunden
Präsenzstudium	52 Stunden
Selbststudium	128 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	deutsch

<b>Inhalte</b>
Inhalte sind:
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung in elektronische Bauelemente und Funktionsblöcke (Diode, Bipolartransistor, Stromquellen, Stromspiegel, Bandgap-Referenz, Operationsverstärker)</li> <li>• Stromliefernde Sensoren (Photodiode, amperometrische Elektrode)</li> <li>• Spannungsliefernde Sensoren (Ionensensitiver Feldeffekttransistor)</li> <li>• Resistive Sensoren nach dem Wheatstone-Brückenprinzip (Druck, Beschleunigung)</li> <li>• Kapazitive Sensoren (Druck, Beschleunigung, Feuchte)</li> <li>• Kapazitive Aktoren (elektrostatisch, piezo)</li> </ul>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
siehe Modulebene
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
keine
<b>Literatur</b>
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.
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>

**Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung**

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
<b>Veranstaltung</b>	
Sensor-Aktor-Schaltungstechnik	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5725
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Konstruktion von Mikrosystemen	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	deutsch

<b>Inhalte</b>
Die Übung vertieft den Lehrstoff anhand der Präsentation und Diskussion von exemplarischen Problemstellungen und Designbeispielen elektronischer Schaltungen.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
siehe Modulebene
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
keine
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
keine

↑

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	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Arbeitsaufwand	180 Stunden   hours
Semesterwochenstunden (SWS)	4,0
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	unregelmäßig

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine   none
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
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	Arbeits-aufwand	
State Space Control Systems	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	3,0	180 hours	
State Space Control Systems	Übung	Wahlpflicht		1,0		

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
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.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Written exam (120 minutes)
Zu erbringende Studienleistung
none

<b>Bemerkung / Empfehlung</b>
Work on the weekly exercise sheets and participation in the exercises is voluntary.
<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>
As compulsory elective in
<ul style="list-style-type: none"><li>■ M.Sc. Informatik / Computer Science in Spezialvorlesung   Specialization Courses</li><li>■ M.Sc. Embedded Systems Engineering (ESE) in Microsystems Engineering Concentrations Area: Circuits and Systems</li><li>■ M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Schaltungen und Systeme</li><li>■ M.Sc. Microsystems Engineering, Concentration area Circuits and Systems</li></ul>
Part of the specialization Cyber-Physical Systems (CPS) in Master of Science Informatik/Computer Science resp. MSc Embedded Systems Engineering
<b>Wahlpflichtmodul für Studierende des Studiengangs</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>■ Bachelor of Science in Mikrosystemtechnik (PO 2018), im Wahlpflichtbereich, Bereich Mikrosystemtechnik</li><li>■ B.Sc. in Informatik (PO 2018)</li></ul>

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
State Space Control Systems	11LE50MO-5267 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
State Space Control Systems	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5267-
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Systemtheorie	

ECTS-Punkte	6,0
Arbeitsaufwand	180 hours
Präsenzstudium	52 Stunden
Selbststudium	128 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	3,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	unregelmäßig
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

<b>Inhalte</b>
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)
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
see module details
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Karl J. Åström and Richard M. Murray, Feedback Systems, Princeton University Press, 2011</li> <li>■ Stengel, R. Optimal Control and Estimation, Dover Publications, 1994</li> <li>■ S. Skogestad, I. Postlethwaite: Multivariable Feedback Control. Analysis and Design. Chichester/ New York, 2006.</li> <li>■ 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.</li> </ul>
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
None

**Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung**

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
<b>Veranstaltung</b>	
State Space Control Systems	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5267
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Systemtheorie	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	1,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	unregelmäßig
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
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 module details
Zu erbringende Studienleistung
see module details
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
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
Wearable and Implantable Computing (WIC)	11E13MO-1402_PO 2020
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Oliver Amft	
Veranstalter	
Institut für Informatik Intelligente Eingebettete Systeme	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Arbeitsaufwand	180 Stunden   hours
Präsenzstudium	32 Stunden / Hours
Selbststudium	116 Stunden / Hours
Semesterwochenstunden (SWS)	4,0
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
keine   none
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Basic timeseries analysis methods, basic programming skills, coding in Python

Zugehörige Veranstaltungen						
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeits-aufwand	
Wearable and Implantable Computing (WIC)	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	2,0	180 Stunden / Hours	
Wearable and Implantable Computing (WIC)	Übung	Wahlpflicht		2,0		

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
Students are able to
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Understand design concepts and apply/analyse wearable and implantable system design methods.</li> <li>■ Analyse physical principles, select and optimise on-body energy harvesting and power management techniques.</li> <li>■ Create context recognition and energy-efficient pattern analysis pipelines using sparse sampling and pattern processing methods.</li> <li>■ Build wearable system prototypes and apply system evaluation methods, including design for biocompatibility.</li> </ul>

Zu erbringende Prüfungsleistung
mündliche Prüfung (i.d.R. 30 oder 45 Minuten)   Oral exam (usually 30 or 45 minutes)
If there are too many students for a reasonably organized oral exam, it will be held as a written exam instead, announced well in advance.
Zu erbringende Studienleistung
Durchführung von Versuchen und Ergebnisprotokoll   Execution of experiments and written report of results
Verwendbarkeit des Moduls
<p>Compulsory elective module for students of the study program</p> <ul style="list-style-type: none"><li>■ M.Sc. Informatik / Computer Science (2020) in Spezialvorlesung   Specialization Courses</li><li>■ M.Sc. Embedded Systems Engineering (ESE) (2021) in Elective Courses in Computer Science <b>OR</b> in Microsystems Engineering Concentrations Area Circuits and Systems/Biomedical Engineering</li><li>■ M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Circuits and Systems/Biomedical Engineering</li><li>■ M.Sc.Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Schaltungen und Systeme/Biomedizinische Technik</li></ul> <p>Part of the specialization Artificial Intelligence (AI) in Master of Science Informatik/Computer Science resp. MSc Embedded Systems Engineering <b>and</b> Part of the specialization Cyber-Physical Systems (CPS) in Master of Science Informatik/Computer Science resp. MSc Embedded Systems Engineering</p>

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Wearable and Implantable Computing (WIC)	11E13MO-1402_PO 2020
<b>Veranstaltung</b>	
Wearable and Implantable Computing (WIC)	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11E13V-1402_PO 2020
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Informatik Intelligente Eingebettete Systeme	

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

<b>Inhalte</b>
The course provides students with a comprehensive overview and in-depth skills on system design of sensor-based wearable and implantable computing systems. Course covers frequent sensors and actuators and their system integration, context recognition methods and selected algorithms, powering and energy management concepts (task scheduling, sparse sampling, and on-demand signal processing), energy harvesting methods, and system design topics (flexible electronics, electronics textile integration, multiprocess additive manufacturing), as well as principles of system validation.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
see module details
<b>Literatur</b>
Up-to-date literature recommendations are provided during the lectures.
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
None
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
Basic timeseries analysis methods, basic programming skills, coding in Python

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Wearable and Implantable Computing (WIC)	11E13MO-1402_PO 2020
<b>Veranstaltung</b>	
Wearable and Implantable Computing (WIC)	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11E13Ü-1402_PO 2020
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Informatik Intelligente Eingebettete Systeme	

ECTS-Punkte	
Präsenzstudium	32 Stunden / Hours
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
Student groups will investigate concrete cases including context recognition, energy-efficient signal processing, and digital design of wearable systems. A wearable device prototype will be realised per student group.
Zu erbringende Prüfungsleistung
see module details
Zu erbringende Studienleistung
see module details
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
none

↑

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	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Arbeitsaufwand	180 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	4,0
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	unregelmäßig

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Undergraduate knowledge in physics, mathematics as well as in systems and control.

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeits-aufwand
Windenergiesysteme / Wind Energy Systems	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	3,0	180 hours

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
Students understand the physical principles of wind energy and the technology of modern wind energy systems.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Written exam (180 minutes)
Zu erbringende Studienleistung
none

#### Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

- M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Circuits and Systems
- M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Schaltungen und Systeme
- M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentration Area Circuits and Systems
- M.Sc. Informatik / Computer Science (PO 2020), in Spezialvorlesung | Specialization Courses

**Important note for M.Sc. Informatik / Computer Science:**

This module is available as both

- a specialization lecture in Computer Science (with a graded assessment / Prüfungsleistung)
- as a course in the application area Applied Bioinformatics (as pass/fail course / Studienleistung) (see according module in online module handbook / planner of studies)

Take care during the booking process, as that will define the category in which the course is considered.

**You can't change the category afterwards!** So, you can't change it from PL to SL or vice versa.



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Windenergiesysteme / Wind Energy Systems	11LE50MO-5256 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Windenergiesysteme / Wind Energy Systems	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5256
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Systemtheorie	

ECTS-Punkte	6,0
Arbeitsaufwand	180 hours
Präsenzstudium	52 hours
Selbststudium	128 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	3,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	unregelmäßig
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

<b>Inhalte</b>
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.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
None
<b>Literatur</b>
"Wind Energy Handbook" by T. Burton, N. Jenkins, D. Sharpe, E. Bossanyi, 2nd edition, Wiley, 2011
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
none
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
Undergraduate knowledge in physics, mathematics as well as in systems and control.

↑

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
Arbeitsaufwand	
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
keine

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeits-aufwand
Zuverlässigkeitstechnik / Reliability Engineering - Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	1,0	90 hours
Zuverlässigkeitstechnik / Reliability Engineering - Übung	Übung	Wahlpflicht		1,0	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
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.

Zu erbringende Prüfungsleistung

Oral exam (30 minutes)

Zu erbringende Studienleistung

none

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

- M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Circuits and Systems
- M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Schaltungen und Systeme
- M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentration Area Circuits and Systems

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Zuverlässigkeitstechnik / Reliability Engineering	11LE50MO-5214 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Zuverlässigkeitstechnik / Reliability Engineering - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5214
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Aufbau- u. Verbindungstechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 hours
Präsenzstudium	30 hours
Selbststudium	60 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	1,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 1. Definitions</li> <li>■ 1.1 Quality, dependability, reliability and safety</li> <li>■ 1.2 Benchmarks for dependability, availability und lifetime</li> <li>■ 1.3 Statistical description of reliability</li> <li>■ 2. Dependability of mechanical systems</li> <li>■ 2.1 Example 1: The ICE-crash at Eschede</li> <li>■ 2.2 Loads on mechanical components</li> <li>■ 2.3 Risk factors: notches and cracks</li> <li>■ 2.4 Fatigue - Woehler's S-N-curve concept</li> <li>■ 2.5 Computation of operational strength</li> <li>■ 3. Reliability of electronic hardware</li> <li>■ 3.1 Automotive electronics: architecture, requirements and quality level</li> <li>■ 3.2 Reliability of electronic devices, data</li> <li>■ 4. Reliability data-bases</li> <li>■ 5. Reliability of systems</li> <li>■ 5.1 Reliability block-diagram (failure-rate analysis)</li> <li>■ 5.2 Overview of failure mode analyses</li> <li>■ 5.3 Fault tree analysis (FTA)</li> <li>■ 5.4 State-Space: A general method to compute <math>R_s(t)</math> and <math>F_s(t)</math></li> <li>■ 6. Reliability of repairable systems</li> <li>■ 6.1 Definitions</li> <li>■ 6.2 Repair rate</li> <li>■ 6.3 Availability</li> <li>■ 6.4 Markov-Chains and Markov-Processes</li> <li>■ 7. Software reliability</li> <li>■ 7.1 Examples of software-induced accidents</li> <li>■ 7.2 Probability of software faults</li> </ul>

- |  |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"><li>■ 7.3 Reliability models for software</li><li>■ 7.4 Misjudgements concerning software use</li><li>■ 8. Human factors</li><li>■ 9. Pre-requisites for development processes</li><li>■ 10. Standards and legislation for medical devices</li></ul> |
|--|

Zu erbringende Prüfungsleistung
---------------------------------

see module details
--------------------

Zu erbringende Studienleistung
--------------------------------

none
------

Literatur
-----------

Short lecture notes and data files with existing ANSYS macros.
--

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
---

None
------

Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
---

Basic understanding in mathematics (statistics) as well as materials sciences.
--

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Zuverlässigkeitstechnik / Reliability Engineering	11LE50MO-5214 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Zuverlässigkeitstechnik / Reliability Engineering - Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5214
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Aufbau- u. Verbindungstechnik	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	1,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
Zu erbringende Prüfungsleistung
See module details
Zu erbringende Studienleistung
None
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
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

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Bioinspirierte Funktionsmaterialien / Bioinspired functional materials	11LE50MO-5125 PO 2021
Verantwortliche/r	
Dr. Anayancy Osorio-Madrazo	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Sensoren	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Präsenzstudium	30
Selbststudium	60
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
keine

Zugehörige Veranstaltungen						
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeits-aufwand	
Bioinspirierte Funktionsmaterialien / Bioinspired functional materials - Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2,0	90 Stunden	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
In this lecture the students will get fundamental knowledge on the structure and functionality of biological materials as to apply their design principle in the development of bioinspired biomaterials. At the end of the module, the student should be able to describe the interrelation between microstructure and properties in biological materials; apply advance methods for the characterization of microstructure and properties of biological and artificially developed bioinspired materials, and explain the theoretical principle of these methods; and describe the physical-chemistry of the processing of different bioinspired materials studied in the course.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Part of the Exam "Advanced Macromolecular Materials and Nanostructural Engineering" of the study program M.Sc. Sustainable Materials - Polymer Science.
written examination (90 minutes)

Zu erbringende Studienleistung
none
Verwendbarkeit des Moduls
Compulsory elective module for students of the study program ■ M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Materials and Fabrication ■ M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Materialien und Herstellungsprozesse ■ M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), Concentration Materials and Fabrication

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Bioinspirierte Funktionsmaterialien / Bioinspired functional materials	11LE50MO-5125 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Bioinspirierte Funktionsmaterialien / Bioinspired functional materials - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5125

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Präsenzstudium	26
Selbststudium	64
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprachen	deutsch, englisch

<b>Inhalte</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Organic-based biological materials. Hierarchical structure and functionality</li> <li>- Mineralized biological materials. Hierarchical structure and functionality</li> <li>- Advanced methods to characterize the microstructure and properties of biological and bioinspired materials (Materials physical-chemistry and materials physics: mechanical testing; scattering techniques SAXS and WAXS for microstructure characterization; spectroscopic techniques for chemical structure characterization). Establishment of structure-properties relationship in biomaterials</li> <li>- Examples of preparation methods of bioinspired materials. Processing physical-chemistry and optimization</li> <li>- Interrelation between processing, structure and properties in bioinspired materials</li> <li>- Examples of bioinspired materials for technological and biomedical applications</li> </ul>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
none
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Materials Design Inspired by Nature. Function through Inner Architecture. Edited by: P. Fratzl, J. WC Dunlop and R. Weinkamer. RSC Publishing (2013)</li> <li>- Nature's hierarchical materials P. Fratzl and R. Weinkamer Progress in Materials Science , Volume 52, pages 1263-1334, (2007)</li> <li>- Bioinspiration and biomimetics. Learning from Nature. Edited by: P. Fratzl, T. Speck and S. Gorb. IOP Publishing (2016)</li> </ul> <p>Besides, it will be provided an script accompanying each lecture, which will be updated with recent literature.</p>
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
none

Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung

none

↑

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
Arbeitsaufwand	270 hours
Mögliche Fachsemester	
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
none
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Basic knowledge in programming (Python, C/C++) as well as statistical mechanics.

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeits-aufwand
Computational Physics: Materials Science	Vorlesung	Wahlpflicht	9,0	4,0	270

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
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 des Moduls**

Compulsory elective module for students of the study program

- M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Materials and Fabrication
- M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Materialien und Herstellungsprozesse
- M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), Concentration Materials and Fabrication



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Computational physics: material science	11LE50MO-5270 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Computational Physics: Materials Science	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	07LE33V-ADV_THEO_COMP-MAT

ECTS-Punkte	9,0
Arbeitsaufwand	270
Präsenzstudium	90
Selbststudium	180
Semesterwochenstunden (SWS)	4,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	unregelmäßig
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
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.
Zu erbringende Prüfungsleistung
see module details
Zu erbringende Studienleistung
see module details
Literatur
lecture script: A brief Introduction into Computational Materials Science
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
none

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Disposable sensors	11LE50MO-5259 PO 2021
Verantwortliche/r	
Dr. Can Dincer	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Sensoren	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
keine
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
keine

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeits-aufwand
Disposable sensors	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2,0	90 Stunden

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
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

**Verwendbarkeit des Moduls**

Compulsory elective module for students of the study program

- M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Materials and Fabrication
- M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Materialien und Herstellungsprozesse
- M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), Concentration Materials and Fabrication



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Disposable sensors	11LE50MO-5259 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Disposable sensors	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5259
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Sensoren	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Präsenzstudium	28 Stunden
Selbststudium	62 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

<b>Inhalte</b>
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.
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Introduction</li> <li>2. Materials for disposable sensors</li> <li>3. Biorecognition elements</li> <li>4. Signal detection techniques</li> <li>5. Signal amplification strategies</li> <li>6. Lab-on-a-chip: integration into microfluidic systems</li> <li>7. Application fields <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Diagnostics</li> <li>b. Food analysis</li> <li>c. Environmental monitoring</li> </ul> </li> <li>8. Future perspectives</li> <li>9. Summary</li> </ol>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
none
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
keine

↑

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
Arbeitsaufwand	90 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	in jedem Semester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
none
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Knowledge in material science

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeits-aufwand
Electrochemical energy applications: fuel cells and electrolysis	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2,0	90 Stunden

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
understanding/knowledge - basic electrochemistry - hydrogen fuel cell working principle, materials, systems - electrolysis working principle, materials, systems - redox flow batteries - electrochemical and ex-situ characterization methods
Zu erbringende Prüfungsleistung
Klausur, Dauer 90 Minuten written exam, duration 90 minutes
Zu erbringende Studienleistung
keine

**Verwendbarkeit des Moduls**

Compulsory elective module for students of the study program

- M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Materials and Fabrication
- M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Materialien und Herstellungsprozesse
- M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), Concentration Materials and Fabrication



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Electrochemical energy applications: fuel cells and electrolysis	11LE50MO-5278 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Electrochemical energy applications: fuel cells and electrolysis	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5278
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Anwendungsentwicklung	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Präsenzstudium	26
Selbststudium	64
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	in jedem Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprachen	deutsch, englisch

Inhalte
Zu erbringende Prüfungsleistung
siehe Modulebene
Zu erbringende Studienleistung
keine
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
none
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
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
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Introductory lecture to chemistry or similar knowledge</li> <li>■ Introductory lecture to electronics or similar knowledge</li> </ul>

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Elektrochemische Methoden für Ingenieure / Electrochemical Methods for Engineers - Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2,0	90 hours

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
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.
Zu erbringende Prüfungsleistung
written examination (90 minutes)

Zu erbringende Studienleistung
none
Verwendbarkeit des Moduls
Compulsory elective module for students of the study program ■ M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Materials and Fabrication ■ M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Materialien und Herstellungsprozesse ■ M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), Concentration Materials and Fabrication

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Elektrochemische Methoden für Ingenieure / Electrochemical Methods for Engineers	11LE50MO-5719 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Elektrochemische Methoden für Ingenieure / Electrochemical Methods for Engineers - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5719
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Sensoren Institut für Mikrosystemtechnik Elektr. Messt. u. Eingebettete Sys.	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 hours
Präsenzstudium	30
Selbststudium	60
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

<b>Inhalte</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Electrochemical theory (cells, electrodes, fundamental equation and concepts)</li> <li>■ Instrumentation (focus on the interplay between electrochemistry and electronics/data acquisition), equipment (electrodes, cells), and electrolytes</li> <li>■ Classical methods (potentiometry, amperometry, CV, DPV, SWV, HDME, RDE, RRDE)</li> <li>■ Electrochemical impedance spectroscopy (EIS)</li> <li>■ Selected aspects: Material science (corrosion, hierarchical micro-/nanostructures)</li> <li>■ Selected aspects: Microtechnology (electrodeposition, failure mechanism)</li> <li>■ Selected aspects: Microsystems (electrochemical sensors and actuators)</li> <li>■ Selected aspects: Energy application (fuel cells, batteries, super caps)</li> </ul>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
none
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Bard, Faulkner: Electrochemical Methods – Fundamentals and Applications, 2nd ed., 2001, Wiley, library: SB/I.1/1</li> <li>■ Hamann, Hamnett, Vielstich: Electrochemistry, 2nd ed., Wiley-VCH 2007, library: SB/H.2/13</li> <li>■ Zoski: Handbook of electrochemistry, 1st ed., Elsevier, 2007, available as ebook (campus license)</li> </ul>
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>

Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung

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
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
keine

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Energiespeicherung und Wandlung mittels Brennstoffzellen / Energy storage and conversion using fuel cells - Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2,0	90 Stunden

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
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.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Klausur (90 Minuten)
Zu erbringende Studienleistung
keine
Verwendbarkeit des Moduls
Compulsory elective module for students of the study program
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Materials and Fabrication</li> <li>■ M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Materialien und Herstellungsprozesse</li> <li>■ M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), Concentration Materials and Fabrication</li> </ul>

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Energiespeicherung und Wandlung mittels Brennstoffzellen / Energy storage and conversion using fuel cells	11LE50MO-5203 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Energiespeicherung und Wandlung mittels Brennstoffzellen / Energy storage and conversion using fuel cells - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5203
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Prozesstechnologie	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Präsenzstudium	26
Selbststudium	64
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	deutsch

<b>Inhalte</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Physikalisch chemische Grundlagen Brennstoffzellen</li> <li>■ Aufbau und Funktion von Brennstoffzellen</li> <li>■ Vorstellung unterschiedlicher Brennstoffzellentypen</li> <li>■ Physikalisch chemische Grundlagen der Wasserstoffspeicherung</li> <li>■ Vorstellung von Wasserstoffspeichertypen und -mechanismen</li> <li>■ Diskussion von Vor- und Nachteilen der Wasserstoffspeicher</li> <li>■ Brennstoffzellensysteme im Automobil</li> <li>■ PEM</li> <li>■ DMFC</li> <li>■ Miniaturisierung von Brennstoffzellen</li> <li>■ Mikrobrennstoffzelle</li> <li>■ Chipintegrierte Brennstoffzelle (<math>I^2</math>Brenn)</li> <li>■ Brennstoffzellenakkumulator</li> <li>■ Miniaturisierung der Wasserstofferzeugung</li> <li>■ Einsatz von Brennstoffzellensystemen in der MST</li> </ul>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
siehe Modulebene
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
keine
<b>Literatur</b>
Zur Vorlesung wird ein Skriptum zur Verfügung gestellt und regelmäßig aktualisiert.

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung

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
Arbeitsaufwand	90 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
none
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Basic knowledge in microsystems technology and semiconductor physics

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Fortgeschrittene Siliziumtechnologie / Advanced Silicon Technology - Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2,0	90 hours

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
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.
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
none

**Verwendbarkeit des Moduls**

Compulsory elective module for students of the study program

- M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Materials and Fabrication
- M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Materialien und Herstellungsprozesse
- M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), Concentration Materials and Fabrication



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Fortgeschrittene Siliziumtechnologie / Advanced Silicon Technology	11LE50MO-5112 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Fortgeschrittene Siliziumtechnologie / Advanced Silicon Technology - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5112
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Materialien der Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 hours
Präsenzstudium	26
Selbststudium	64
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

<b>Inhalte</b>
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
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
none
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Chang/Sze: ULSI Technology, Wiley</li> <li>■ Semiconductor International: monatliche Technologie-Zeitschrift</li> </ul>
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
none
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
Basic knowledge in microsystems technology and semiconductor physics

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Functional Safety, Security and Sustainability: Active Resilience	11LE68MO-5120 PO 2021
Verantwortliche/r	
Dr. Ivo Häring	
Veranstalter	
Inst. f. Nachh. Technische Systeme Nachhaltige Ingenieursysteme	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Nachhaltige Technische Systeme	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 h
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Any basics in any of the following areas would be helpful but are not mandatory:
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ system description and modelling</li> <li>■ graphical/ semiformal modelling</li> <li>■ product and development life cycles</li> <li>■ classical system analysis</li> <li>■ reliability analysis for any engineering discipline, e.g. electronics, computer science, mechanical, civil and aerospace engineering</li> <li>■ Machine Learning/Artificial Intelligence (ML/AI) methods</li> </ul>

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Functional Safety, Security and Sustainability: Active Resilience	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2,0	90 h

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
Main learning targets include:
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Know main (emerging) application domains, e.g. digitalized production, autonomous transport, aerospace, safety of self-learning systems, and renewable energy systems</li> <li>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</li> <li>3. Knowledge and tailoring of definitions, types and effects of reliability functions</li> </ol>

- |   |
|---|
| 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. Knowledge of required development methods and how to combine and tailor them for achieving functional safety   |
| 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. Understanding of the role of Machine Learning (ML) and artificial intelligence (AI) approaches as part of considered systems or of the functional safety process and methods, and related emerging options                |
| 11. Knowledge of reliability prediction methods and related standards   |
| 12. Applicable knowledge of related standardization landscape   |

Zu erbringende Prüfungsleistung

Written supervised examination at the end of the semester covering the content of the lecture and its embedded exercises contributing 100% to the final grade. Duration: 90 minutes.

Important info for exchange students: the exam must be taken at the official examination date.

Zu erbringende Studienleistung

Presentation and critical review of selected publications or of chapter of the lecture manuscript (approx. 20 minutes including questions and answers).

Verwendbarkeit des Moduls

Elective module for students of the study program

- M.Sc. in Sustainable Systems Engineering (PO 2021) in the technical concentration area *Resilience Engineering*
- M.Sc. in Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Materials and Fabrication
- M.Sc. in Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Materialien und Herstellungsprozesse
- M.Sc. in Embedded Systems Engineering (PO 2021), Concentration Materials and Fabrication

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Functional Safety, Security and Sustainability: Active Resilience	11LE68MO-5120 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Functional Safety, Security and Sustainability: Active Resilience	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE68V-5120 PO 2021
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Nachhaltige Technische Systeme	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 h
Präsenzstudium	26 h
Selbststudium	64 h
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
<p>Main content:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Definition of functional safety, safety functions, safety integrity level (SIL), safety related systems and related key quantities, e.g. hardware failure tolerance (HFT), complexity, diagnostic coverage (DC), safe failure fraction (SFF)</li> <li>2. Relation and transfer of functional safety to reliability, availability, security, IT-security, sustainability, and resilience</li> <li>3. Functional safety, security, sustainability and resilience life cycle models (management and development processes): general and phase-specific requirements</li> <li>4. System definition and graphical/semi-formal modelling for system analysis, e.g. with UML and SysML</li> <li>5. Inductive analytical tabular system analysis methods: e.g. hazard analyses (PHL, PHA, SSH, O and SHA, HAZOP), hazard log, failure mode and effects analysis (FMEA, FMEDA), double failure matrix</li> <li>6. (Deductive) Graphical system analysis methods: Fishbone diagram, Event Tree Analysis, Reliability block diagram (RBDs), Fault tree analysis (FTA, TDFTA)</li> <li>7. Markov models and Petri nets</li> <li>8. (Semi) Quantification and evaluation of system analysis methods, e.g. using risk priority numbers, parts count and parts stress, reliability prediction standards, Boolean algebra and importance measures for FTA, quantitative measures for graph-based methods, computation and simulation approaches for Markov and Petri models</li> <li>9. Overview on methods for requirements determination, e.g. SIL: graphical, numerical, analytical, statistical, simulation based using individual and collective risk criteria</li> <li>10. Safety and reliability function architecture allocation, e.g. MooN, MooND</li> <li>11. Overview on techniques and measures for hardware and software to avoid and control systematic errors of hardware and software and to avoid and control statistic errors of hardware</li> <li>12. Combination and tailoring of processes and methods</li> <li>13. Application domains and examples: e.g. automation, production, automotive, transport, energy generation, systems with ML/AI, e.g. autonomous driving</li> <li>14. Use of ML/AI for safety assessment and development</li> </ol>

- 15. Standardization landscape, e.g. functional safety standards IEC 61508, ISO 26262 and safety of intended functionality ISO/PAS 21448
- 16. Emerging standards, future risk control and resilience generation challenges, e.g. AI and superintelligence control

#### Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung

see module details

#### Zu erbringende Prüfungsleistung

See module

#### Zu erbringende Studienleistung

See module

#### Literatur

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. Hazard analysis techniques for system safety, Clifton A. Ericson, Wiley, 2015
5. FRAM: the functional resonance analysis method, Erik Hollnagel, Ashgate, 2012
6. Synesis: The Unification of Productivity, Quality, Safety and Reliability, Erik Hollnagel, Ashgate, 2020
7. Control systems safety evaluation and reliability, William M. Gobe, 2010
8. System reliability theory: models, statistical methods and applications, Marvin Rausand, Arnljot Hoyland, Wiley-Interscience, 2004
9. Risk assessment: theory, methods, and application, Marvin Rausand, Wiley, 2011
10. Reliability of safety-critical systems: theory and applications, Marvin Rausand, Wiley, 2014
11. Risk and resilience: methods and application in environment, cyber and social domains, Eds.: Igor Linkov, Jose Manuel Palma-Oliviera, Springer, 2017
12. Functional safety for road vehicles: new challenges and solutions for e-mobility and automated driving, Hans-Leo Ross, Springer, 2016
13. Functional Safety of Machinery: Sample Questions and Solutions, Jagadeesh-Pandian, author's edition, 2019
14. Functional safety in practice, Harvey T Dearden, CreateSpace Independent Publishing Platform, 2018
15. 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
16. 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
17. Reliability engineering: theory and practice, Alessandro Birolini, Springer, 2013
18. Electronic safety systems: hardware concepts, models, calculations, Josef Börzsöök, Hüthig, 2004
19. Functional Safety: Basic Principles of Safety-related Systems, Josef Börzsöök, Hüthig, 2020
20. Zuverlässigkeitstechnik, Arno Meyna and Bernhard Pauli, Hanser, 2010
21. The safety critical systems handbook, David J. Smith, Butterworth-Heinemann, 2010
22. Reliability and availability engineering: modeling, analysis, and applications, Kishor S. Trivedi, Andrea Bobbio, Cambridge University Press, 2017
23. Embedded Software Development for Safety-Critical Systems, Chris Hobbs, CRC Press, 2019
24. Dynamic Probabilistic Systems, Volume I: Markov Models, Ronand A. Howard, Dover publications, 2012
25. Dynamic Probabilistic Systems, Volume II: Semi-Markov and Decision Processes, Ronand A. Howard, Dover publications, 2013
26. Fault-Tolerant Systems, Israel Koren, C. Mani Krishna, Morgan Kaufmann Publisher, 2020
27. Semi-Markov Processes: Applications in System Reliability and Maintenance, Franciszek Grabski, Elsevier, 2014

- 28.Risk analysis and management: engineering resilience, Ivo Häring, Springer 2015
- 29.A Primer in Petri Net Design, Wolfgang Reisig, Springer, 1992
- 30.Ereignisdiskrete Systeme: Modellierung und Analyse dynamischer Systeme mit Automaten, Markovketten und Petrinetzen, Jan Lunze, De Gruyter, 2017
- 31.System Modeling and Control with Resource-Oriented Petri Nets, MengChu Zhou, Routledge, 2017
- 32.Formal Methods in Computer Science, Jiacun Wang, William Tepfenhart, Taylor & Francis, 2019
- 33.Technical Safety, Reliability and Resilience: Methods and Processes, I. Häring, Springer, 2021
- 34.From event to performance function-based resilience analysis and improvement processes for more sustainable systems, I. Häring, J. Schäfer, et al., International Journal of Sustainable Materials and Structural Systems, 5(1/2), 2021, pp.90 - 120
- 35.Functional safety assessment of distributed predictive heating and cooling systems for electric delivery vehicles, Y. Satsrisakul, I. Häring, et al., ESREL 2021

**Further information:**

Sample related standards for information

- <https://www.iec.ch/functionsafety/>
- <https://www.iso.org/standard/68383.html>
- <https://www.iso.org/standard/70939.html>

Recent publications: <https://scholar.google.com/citations?user=luyHvrkAAAAJ&hl=en>

**Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung**

None

**Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung**

Any basics in any of the following areas would be helpful but are not mandatory:

- 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
Arbeitsaufwand	180 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	4,0
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
keine
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Kenntnisse in Assembly and Packaging Technology oder Aufbau- und Verbindungstechnik

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeits-aufwand
Hardware-Entwicklung mit der Finite-Elemente-Methode / Hardware Design with the Finite-Element-Method - Praktische Übung	Praktikum	Wahlpflicht	6,0	4,0	180 Stunden

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
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.

Zu erbringende Prüfungsleistung

Benotete Protokolle und eine schriftliche Prüfung auf der Grundlage der Protokolle.

Bei geringer Teilnehmerzahl kann anstelle der schriftlichen Prüfung eine mündliche Prüfung durchgeführt werden. Die Studierenden werden rechtzeitig darüber informiert.

Graded protocols and a written examination based on the protocols.

If the number of participants is very small, an oral examination may be held instead of the written exam. The students will be informed in good time.

Zu erbringende Studienleistung

keine / none

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

- M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Materials and Fabrication
- M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Materialien und Herstellungsprozesse
- M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), Concentration Materials and Fabrication



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

ECTS-Punkte	6,0
Arbeitsaufwand	180 Stunden
Präsenzstudium	60
Selbststudium	120
Semesterwochenstunden (SWS)	4,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehssprache	deutsch

Inhalte
Zu erbringende Prüfungsleistung
See module level
Zu erbringende Studienleistung
See module level
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
none
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Knowledge in Assembly and Packaging Technology or Aufbau- und Verbindungstechnik

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
High-Performance Computing: Fluid Mechanics with Python	11LE50MO-5285 ESE PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Lars Pastewka	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Simulation	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Arbeitsaufwand	180 Stunden   hours
Semesterwochenstunden (SWS)	4,0
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Knowledge of a programming language (not necessarily Python, i.e. Java, C, C++, etc.)

Zugehörige Veranstaltungen						
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeits-aufwand	
High-Performance Computing: Fluid Mechanics with Python	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	2,0	180 Stunden	
High-Performance Computing: Fluid Mechanics with Python	Übung	Wahlpflicht		2,0		

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
The student
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ can use Python for solving numerical problems using the numpy and scipy libraries and knows strategies for writing efficient code</li> <li>■ can apply the Message Passing Interface (MPI) libraries to parallelize specific numerical problems</li> <li>■ can use job submission systems on parallel computers to run their Python codes.</li> </ul>
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
Verwendbarkeit des Moduls
<p>Wahlpflichtmodul für Studierende des Studiengangs</p> <ul style="list-style-type: none"><li>■ Bachelor of Science in Mikrosystemtechnik (PO 2018), im Wahlpflichtbereich, Bereich Mikrosystemtechnik</li><li>■ B.Sc. in Embedded Systems Engineering (PO 2018) im Bereich Mikrosystemtechnik</li></ul> <p>As compulsory elective module for students of the study program</p> <ul style="list-style-type: none"><li>■ M.Sc. Microsystems Engineering and M.Sc. Mikrosystemtechnik</li><li>■ M.Sc. Informatik / Computer Science in Spezialvorlesung   Specialization Courses</li><li>■ M.Sc. Embedded Systems Engineering (ESE) in Microsystems Engineering Concentrations Area: Materials and Fabrication</li></ul> <p>Students enrolled in the Master of Science in Sustainable Systems Engineering (2021 version of the exam-regulations) can complete this elective module in the technical concentration area <i>Sustainable Materials Engineering or Interdisciplinary Profile - Modules related to the Subject Area.</i></p>

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
High-Performance Computing: Fluid Mechanics with Python	11LE50MO-5285 ESE PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
High-Performance Computing: Fluid Mechanics with Python	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5285
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Simulation	

ECTS-Punkte	6,0
Arbeitsaufwand	180 Stunden
Präsenzstudium	52 Stunden
Selbststudium	128 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht

<b>Inhalte</b>
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.
Scientific computing:
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
Fluid mechanics and the Lattice Boltzmann method:
6. Phenomenology of fluid mechanics 7. Lattice gas and lattice Boltzmann 8. Boundary conditions
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
See module level
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
See module level
<b>Literatur</b>
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)
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
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 ESE PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
High-Performance Computing: Fluid Mechanics with Python	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5285
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Simulation	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
The students will implement their own parallel Lattice Boltzmann simulation code in the computer lab accompanying this lecture series.
Zu erbringende Prüfungsleistung
See module level
Zu erbringende Studienleistung
See module level
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Knowledge of a programming language (not necessarily Python, i.e. Java, C, C++, etc.)

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
High-Performance Computing: Molecular Dynamics with C++	11LE50MO-5286 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Lars Pastewka	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Simulation	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Arbeitsaufwand	180 Stunden   hours
Semesterwochenstunden (SWS)	4,0
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Knowledge of a programming language (not necessarily Python, i.e. Java, C, C++, etc.)

Zugehörige Veranstaltungen						
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeits-aufwand	
High-Performance Computing: Molecular Dynamics with C++	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	2,0	180 hours	
High-Performance Computing: Molecular Dynamics with C++	Übung	Wahlpflicht		2,0	-	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
The student
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ understands the physics of interatomic bonds, potential energy landscapes and the statistical foundations of thermodynamics</li> <li>■ can transfer these concepts to molecular simulations, in particular interatomic potentials, transition paths, thermostats and barostats</li> <li>■ can select initial conditions and interatomic potentials, run a molecular dynamics simulation and evaluate and interpret the simulation results</li> </ul>
Zu erbringende Prüfungsleistung
Written report

Zu erbringende Studienleistung

There are exercises at regular intervals that have to be worked on and handed in. These are corrected and assessed with points. The course work is passed if 50% of the exercise sheets have been successfully completed.

Verwendbarkeit des Moduls

As compulsory elective in

- M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentrations Area: Materials and Fabrication
- M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Materialien und Herstellungsprozesse
- M.Sc. Informatik / Computer Science in Spezialvorlesung | Specialization Courses
- M.Sc. Embedded Systems Engineering (ESE) in Microsystems Engineering Concentrations Area: Materials and Fabrication
  
- Students enrolled in the Master of Science in Sustainable Systems Engineering (2021 version of the exam regulations) can complete this elective module in the technical concentration area *Sustainable Materials Engineering*.



Name des Moduls	Nummer des Moduls
High-Performance Computing: Molecular Dynamics with C++	11LE50MO-5286 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
High-Performance Computing: Molecular Dynamics with C++	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5286
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Simulation	

ECTS-Punkte	6,0
Arbeitsaufwand	180 hours
Präsenzstudium	56 Stunden
Selbststudium	124 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

<b>Inhalte</b>
This lecture introduces atomic-scale simulation techniques with a focus on solid mechanics.
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Materials physics</li> <li>2. Interatomic potentials</li> <li>3. Molecular statics and potential energy landscapes</li> <li>4. Molecular dynamics</li> <li>5. Classical statistical mechanics</li> <li>6. Thermostats and barostats</li> <li>7. Analysis and visualization</li> </ol>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
see module details
<b>Literatur</b>
Understanding Molecular Simulation: From Algorithms to Applications, Daan Frenkel and Berend Smit (Academic Press, 2001) Computer simulation of liquids, M. P. Allen and Dominic J. Tildesley (Clarendon Press, Oxford, 1996)
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
None
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
Knowledge of a programming language (not necessarily Python, i.e. Java, C, C++, etc.)

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
High-Performance Computing: Molecular Dynamics with C++	11LE50MO-5286 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
High-Performance Computing: Molecular Dynamics with C++	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5286
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Simulation	

ECTS-Punkte	
Arbeitsaufwand	-
Präsenzstudium	-
Selbststudium	-
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

<b>Inhalte</b>
The students will solve problems from materials science with a widely used molecular simulation code.
Successful completion of >=50% of exercise sheets
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
see module details
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
None
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
Knowledge of a programming language (not necessarily Python, i.e. Java, C, C++, etc.)

↑

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
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
keine
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
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	Arbeitsaufwand
Keramische Werkstoffe der Mikrotechnik / Ceramic Materials for microsystems - Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2,0	90 Stunden

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
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.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Schriftliche Prüfungsleistung von 90 Minuten Dauer
Wenn die Teilnehmerzahl gering ist, kann stattdessen eine mündliche Prüfung (30 Minuten) durchgeführt werden. Die Studierenden werden rechtzeitig informiert.

Zu erbringende Studienleistung
keine
Verwendbarkeit des Moduls
<p>Compulsory elective module for students of the study program</p> <ul style="list-style-type: none"><li>■ M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Materials and Fabrication</li><li>■ M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Materialien und Herstellungsprozesse</li><li>■ M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area:Materials and Fabrication</li></ul>

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Keramische Werkstoffe der Mikrotechnik / Ceramic Materials for microsystems	11LE50MO-5102 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Keramische Werkstoffe der Mikrotechnik / Ceramic Materials for microsystems - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5102
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Werkstoffprozesstechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Präsenzstudium	26
Selbststudium	64
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	deutsch

<b>Inhalte</b>
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, Foliengießen, 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.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
siehe Modulebene
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
keine
<b>Literatur</b>
Begleitend zur Vorlesung wird ein Skriptum und werden Handzettel der Vorlesungsfolien zur Verfügung gestellt.
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
keine

Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung

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
Kontinuumsmechanik I mit Übungen / Continuum mechanics I with exercises	11LE50MO-4302 PO 2021
Verantwortliche/r	
Dirk Helm	
Veranstalter	
Inst. f. Nachh. Technische Systeme Nachhaltige Ingenieursysteme	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Arbeitsaufwand	180 h
Semesterwochenstunden (SWS)	4,0
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Advanced mathematics; engineering mechanics

Zugehörige Veranstaltungen						
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand	
Kontinuumsmechanik I / Continuum Mechanics I	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	2,0	180 h	
Kontinuumsmechanik I / Continuum Mechanics I	Übung	Wahlpflicht		2,0		

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
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.

Zu erbringende Prüfungsleistung

Oral examination (one-on-one, Prüfungsgespräch) with a max. duration of 45 min.

The oral examination covers the content of the lecture and exercises.

Important info for exchange students: the examination must be taken at the official examination date!

Zu erbringende Studienleistung

none

Verwendbarkeit des Moduls

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
- M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Materials and Fabrication
- M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Materialien und Herstellungsprozesse
- M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area:Materials and Fabrication



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Kontinuumsmechanik I mit Übungen / Continuum mechanics I with exercises	11LE50MO-4302 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Kontinuumsmechanik I / Continuum Mechanics I	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE68V-4301
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Nachhaltige Technische Systeme	

ECTS-Punkte	6,0
Arbeitsaufwand	180 h
Präsenzstudium	52 h
Selbststudium	128 h
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

<b>Inhalte</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Mathematical foundations of continuum mechanics (specialized to orthonormal base systems) consisting of tensor algebra and tensor analysis</li> <li>■ Introduction to the basic structure of continuum mechanics (kinematics, balance equations, constitutive relations).</li> <li>■ The focus lies on the treatment of small deformations and simplified examples with reference to engineering mechanics.</li> </ul>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
See module
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
See module
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ M. Itskov, Tensor Algebra and Tensor Analysis for Engineers, Springer, 2013</li> </ul>
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
None
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
Advanced mathematics; engineering mechanics
<b>Lehrmethoden</b>
Lecture + exercise

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Kontinuumsmechanik I mit Übungen / Continuum mechanics I with exercises	11LE50MO-4302 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Kontinuumsmechanik I / Continuum Mechanics I	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE68Ü-4302
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Nachhaltige Technische Systeme	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
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 module
Zu erbringende Studienleistung
See module
Literatur
See lecture
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
See lecture

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Kontinuumsmechanik II mit Übungen / Continuum mechanics II with exercises	11LE50MO-4304 PO 2021
Verantwortliche/r	
Dirk Helm	
Veranstalter	
Inst. f. Nachh. Technische Systeme Nachhaltige Ingenieursysteme	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Arbeitsaufwand	180 h
Semesterwochenstunden (SWS)	4,0
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
■ Module Continuum Mechanics I with Exercises

Zugehörige Veranstaltungen						
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand	
Kontinuumsmechanik II / Continuum Mechanics II	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	2,0	180 h	
Kontinuumsmechanik II / Continuum Mechanics II	Übung	Wahlpflicht		2,0	See lecture	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
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.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Oral examination (one-on-one, Prüfungsgespräch) with a max. duration of 45 min. The oral examination covers the content of the lecture and exercises.
Important info for exchange students: the examination must be taken at the official examination date.

Zu erbringende Studienleistung
none
Verwendbarkeit des Moduls
<p>Elective Module for students of the study program</p> <ul style="list-style-type: none"><li>■ Master of Science in Sustainable Systems Engineering (2021 version of the exam regulations):<ul style="list-style-type: none"><li>■ Resilience Engineering</li><li>■ Sustainable Materials Engineering</li></ul></li><li>■ M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Materials and Fabrication</li><li>■ M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Materialien und Herstellungsprozesse</li><li>■ M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area:Materials and Fabrication</li></ul>

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Kontinuumsmechanik II mit Übungen / Continuum mechanics II with exercises	11LE50MO-4304 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Kontinuumsmechanik II / Continuum Mechanics II	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE68V-4303
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Nachhaltige Technische Systeme	

ECTS-Punkte	6,0
Arbeitsaufwand	180 h
Präsenzstudium	60 h
Selbststudium	120 h
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Kinematics for finite deformations: representation of motion, strain tensors etc. at large deformations, geometric linearization</li> <li>■ Balance relations of mechanics and thermomechanics</li> <li>■ Principles of mechanics: principle of D'Alembert, principle of virtual displacements</li> <li>■ Constitutive relations for fluids and solids (e.g. linear-elastic fluid, finite elasticity, viscoelasticity, plasticity, viscoplasticity, heat conduction, ...)</li> <li>■ Extension of the mathematical foundations of tensor algebra and tensor analysis to general base systems and curved coordinates</li> </ul>
Zu erbringende Prüfungsleistung
See module
Zu erbringende Studienleistung
See module
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ P. Haupt, Continuum Mechanics and Theory of Materials, Springer Verlag, 2002</li> </ul>
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Module <i>Continuum Mechanics I with Exercises</i>

Lehrmethoden

Lecture + exercise



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Kontinuumsmechanik II mit Übungen / Continuum mechanics II with exercises	11LE50MO-4304 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Kontinuumsmechanik II / Continuum Mechanics II	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE68Ü-4304
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Nachhaltige Technische Systeme	

ECTS-Punkte	
Arbeitsaufwand	See lecture
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

<b>Inhalte</b>
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.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
See module
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
See module
<b>Literatur</b>
See lecture
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
See lecture
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
See lecture
<b>Lehrmethoden</b>
See lecture

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Konstitutive Gleichungen und Diskretisierungsverfahren zur Versagensmodellierung / Physics of Failure	11LE50MO-5121 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Stefan Hiermaier	
Veranstalter	
Inst. f. Nachh. Technische Systeme Nachhaltige Ingenieursysteme	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 h
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
None

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Konstitutive Gleichungen und Diskretisierungsverfahren zur Versagensmodellierung / Physics of Failure	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2,0	90 h

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
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.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Oral examination (Prüfungsgespräch), duration: approx. 20 min. per student. The oral exam covers the content of the lecture.

Zu erbringende Studienleistung
none
Verwendbarkeit des Moduls
<p>Elective Module for students of the study program</p> <ul style="list-style-type: none"><li>■ Master of Science in Sustainable Systems Engineering (2021 version of the exam regulations):<ul style="list-style-type: none"><li>■ Resilience Engineering</li><li>■ Sustainable Materials Engineering</li></ul></li><li>■ M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Materials and Fabrication</li><li>■ M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Materialien und Herstellungsprozesse</li><li>■ M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area:Materials and Fabrication</li></ul>

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Konstitutive Gleichungen und Diskretisierungsverfahren zur Versagensmodellierung / Physics of Failure	11LE50MO-5121 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Konstitutive Gleichungen und Diskretisierungsverfahren zur Versagensmodellierung / Physics of Failure	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE68V-5121
<b>Veranstalter</b>	
Inst. f. Nachh. Technische Systeme Nachhaltige Ingenieursysteme	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 h
Präsenzstudium	30 h
Selbststudium	60 h
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
<p>Fracture mechanics</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ crack propagation and opening modes</li> <li>■ energy release rate</li> <li>■ crack tip stress state (stress intensity factors, J integral)</li> <li>■ cohesive zone model</li> </ul> <p>Failure of materials</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ failure criteria models (Tresca, Hill...)</li> <li>■ failure surfaces</li> <li>■ stress triaxiality (e.g. Johnson-Cook)</li> </ul> <p>Damage mechanics</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ strength degradation</li> <li>■ damage accumulation models</li> </ul> <p>The theoretical, experimental, numerical and empirical approaches to the topics are accompanied with many examples from science and industry.</p>
Zu erbringende Prüfungsleistung
See module
Zu erbringende Studienleistung
See module
Literatur
Information will be given during the lecture.

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
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
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
keine

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeits-aufwand
Lithographie / Lithography - Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2,0	90 Stunden

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
Ziel des Moduls ist die Vermittlung der Kenntnisse, die für ein ganzheitliches Verständnis der lithographischen Verfahren, die in der Mikrosystemtechnik eingesetzt werden.
Zu erbringende Prüfungsleistung
mündliche Abschlussprüfung (20-30 Minuten)
Zu erbringende Studienleistung
keine
Verwendbarkeit des Moduls
Compulsory elective module for students of the study program <ul style="list-style-type: none"> <li>■ M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Materials and Fabrication</li> <li>■ M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Materialien und Herstellungsprozesse</li> <li>■ M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area:Materials and Fabrication</li> </ul>

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Lithographie / Lithography	11LE50MO-5603 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Lithographie / Lithography - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5603
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Prozesstechnologie	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Präsenzstudium	26
Selbststudium	64
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	deutsch

<b>Inhalte</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Optische Mikroskopie</li> <li>■ Hellfeld Beleuchtung</li> <li>■ Dunkelfeld Beleuchtung</li> <li>■ Aperturlinse</li> <li>■ Geschichtsfeldlinse</li> <li>■ Aufbau und Funktion von Photoresisten</li> <li>■ Positiv und negativ Resiste</li> <li>■ Chemischer Aufbau der Resiste</li> <li>■ Lithographische Masken</li> <li>■ Herstellung</li> <li>■ Materialien</li> <li>■ Aufbau</li> <li>■ Grenzen</li> <li>■ Aufbau und Funktion von Maskalignern</li> <li>■ Justage Vorderseite und Rückseite</li> <li>■ Belichtungsmodi</li> <li>■ Prozessablauf und Prozessketten</li> <li>■ Charakterisierung von lithographisch hergestellten Strukturen</li> <li>■ Weiterführende Prozessvarianten</li> </ul>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
siehe Modulebene
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
keine

Literatur
Begleitend zur Vorlesung wird ein Skriptum zur Verfügung gestellt und regelmäßig aktualisiert.
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
keine

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Machine Learning Approaches in Structural Mechanics	11LE50MO-5722 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Lars Pastewka Dr. Viacheslav Slesarenko	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Simulation	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Arbeitsaufwand	180 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	4,0
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
none

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeits-aufwand
Machine Learning Approaches in Structural Mechanics	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	2,0	
Machine Learning Approaches in Structural Mechanics	Übung	Wahlpflicht		2,0	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
After the completion of the module, students will be able to:
<ol style="list-style-type: none"> <li>Understand different neural network topologies and their possible applications in mechanical engineering and structural mechanics;</li> <li>Understand the interplay between optimization and machine learning;</li> <li>Analyze and augment datasets obtained via experiments or simulations;</li> <li>Program simple architectures and make predictions on the mechanical behavior of materials and structures;</li> <li>Understand the limitations of proposed approaches and the ways to overcome them using state-of-art publications.</li> </ol>
Zu erbringende Prüfungsleistung

Prüfungsgespräch / oral examination (idR 30-45 Minuten/usually 30 or 45 minutes)
--

Zu erbringende Studienleistung
Protokoll / written lab report: <ul style="list-style-type: none"><li>■ Each student has to solve one practical problem using appropriate studied machine learning techniques, analyze obtained results, and provide a written report accompanying the code. Sample problems will be provided, however, students are encouraged to explore other problems from mechanical engineering after prior approval by the lecturer. Among provided problems are: predicting the properties in mechanical lattices, detecting the crack; obtaining the critical load of the heterogeneous column.</li></ul>
Verwendbarkeit des Moduls
Compulsory elective module for students of the study program <ul style="list-style-type: none"><li>■ M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Materials and Fabrication</li><li>■ M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Materialien und Herstellungsprozesse</li><li>■ M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area: Materials and Fabrication</li></ul>

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Machine Learning Approaches in Structural Mechanics	11LE50MO-5722 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Machine Learning Approaches in Structural Mechanics	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5722 PO 2021
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Simulation	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

<b>Inhalte</b>
This course is designed mainly for students with an engineering background who want to understand machine learning and get hands-on experience in programming artificial neural networks. Using examples from mechanical engineering (primarily structural mechanics), students will learn the main ML approaches (NN, SVM, anomaly detection, DL, etc.). They will understand how to implement corresponding ML architectures in popular frameworks, such as TensorFlow and scikit-learn. Students will learn how to obtain initial datasets, process them, choose the best-suited approaches and what to do with obtained results. The classical forward (structure - properties) and inverse (properties - structure) problems will be discussed.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
see module details
<b>Literatur</b>
Ryan G. McClaren, Machine Learning for Engineers. Springer, 2021 Andriy Burkov, The Hundred-Page Machine Learning Book. 2019 Aurélien Géron, Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow. O'Reilly Media Inc., 2019
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
None
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
Programming skills and basic knowledge of Python. Understanding of Solid Mechanics will be beneficial.

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Machine Learning Approaches in Structural Mechanics	11LE50MO-5722 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Machine Learning Approaches in Structural Mechanics	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5722 PO 2021
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Simulation	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

<b>Inhalte</b>
During the course, students will complete four practice programming exercises devoted to different aspects of machine learning in mechanical engineering and solid mechanics. Students must score at least 50% on each of these practice exercises. Additionally, a detailed report on one of these exercises will be requested as a prerequisite for admission to the examination.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
see module details
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
none

↑

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
Arbeitsaufwand	180 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	4,0
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
none
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Knowledge in experimental physics

Zugehörige Veranstaltungen						
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeits-aufwand	
Materials for Electronic Systems	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	3,0	180 Stunden	
Materials for Electronic Systems	Übung	Wahlpflicht		1,0		

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
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.
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.
So the first learning target is to know the types of materials that are used in specific applications as well as their constitution.
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.

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 conductors 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.

Zu erbringende Prüfungsleistung

Depending on the number of participants: written or oral examination (120/30 minutes)

Zu erbringende Studienleistung

none

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

- M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Materials and Fabrication
- M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Materialien und Herstellungsprozesse
- M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area:Materials and Fabrication



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Materials for Electronic Systems	11LE50MO-5274 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Materials for Electronic Systems	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5274_PO 20091
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Aufbau- u. Verbindungstechnik	

ECTS-Punkte	6,0
Arbeitsaufwand	180 Stunden
Präsenzstudium	60
Selbststudium	120
Semesterwochenstunden (SWS)	3,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
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.
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
The content will be based mainly on the material-related research that has been performed in the Laboratory for Assembly and Packaging Technology.
Zu erbringende Prüfungsleistung
see module details

Zu erbringende Studienleistung
none
Literatur
Tba.
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
none
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Knowledge in experimental physics

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Materials for Electronic Systems	11LE50MO-5274 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Materials for Electronic Systems	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5274_PO 20091
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Aufbau- u. Verbindungstechnik	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	1,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
With exercises the actual content of the lecture will be accompanied.
Zu erbringende Prüfungsleistung
see module details
Zu erbringende Studienleistung
see module details
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
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
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
keine

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeits-aufwand
Mechanische Eigenschaften und Degradationsmechanismen / Mechanical Properties and Degradation Mechanisms- Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2,0	90 hours

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
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.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Written exam (usually 90 to 180 minutes)
If the number of participants is small (< 20), an oral examination may be held instead. The students will be informed in good time.
Zu erbringende Studienleistung
none

**Verwendbarkeit des Moduls**

Compulsory elective module for students of the study program

- M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Materials and Fabrication
- M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Materialien und Herstellungsprozesse
- M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area:Materials and Fabrication

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Mechanische Eigenschaften und Degradationsmechanismen / Mechanical Properties and Degradation Mechanisms	11LE50MO-5115 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Mechanische Eigenschaften und Degradationsmechanismen / Mechanical Properties and Degradation Mechanisms- Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5115
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Mikro- und Werkstoffmechanik	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 hours
Präsenzstudium	26
Selbststudium	64
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

<b>Inhalte</b>
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:
Residual stresses
Elastic and plastic behavior
Adhesive strength
Physical principles and stresses in the application of functional materials in actuators and sensors
Translated with <a href="http://www.DeepL.com/Translator">www.DeepL.com/Translator</a> (free version)
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
none
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ M. Ohring: „The Materials Science of Thin Films“, Academic Press, 1992</li> <li>■ L.B. Freund and S. Suresh: „Thin Film Materials“</li> <li>■ T.H. Courtney: „Mechanical Behaviour of Materials“, Mc-Graw-Hill, 1990</li> <li>■ M. Madou: Fundamentals of Microfabrication“, CRC Press 1997</li> </ul>

- |  |
|--|
| ■ W. Menz und P. Bley: „Mikrosystemtechnik für Ingenieure“, VCH Publishers, 1993 |
| ■ Chang Liu: Foundations of MEMS, Illinois ECE Series, 2006                      |

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
---

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
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
keine

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeits-aufwand
Methoden der Materialanalyse / Methods of Material Analysis	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2,0	90 hours

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
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.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Klausur (i.d.R. 90 bis 180 Minuten)
Wenn die Teilnehmerzahl gering ist, kann stattdessen eine mündliche Prüfung durchgeführt werden. Die Studierenden werden rechtzeitig informiert.
Zu erbringende Studienleistung
keine

**Verwendbarkeit des Moduls**

Compulsory elective module for students of the study program

- M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Materials and Fabrication
- M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Materialien und Herstellungsprozesse
- M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area:Materials and Fabrication

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Methoden der Materialanalyse / Methods of Material Analysis	11LE50MO-5126 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Methoden der Materialanalyse / Methods of Material Analysis	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5126
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Nanotechnologie	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 hours
Präsenzstudium	26 SS; 30 WS
Selbststudium	64 SS; 60 WS
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	unregelmäßig
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprachen	deutsch, englisch

<b>Inhalte</b>
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.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
siehe Modulebene
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
keine
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
none
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
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
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
keine
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
keine

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Mikrostrukturierte Kunststoffkomponenten / Microstructured Polymer Components - Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2,0	90 Stunden

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
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.

Zu erbringende Prüfungsleistung
Written examination (90 minutes) if number of participants is small, oral exam (30 minutes) instead. Students will be informed in good time.
Zu erbringende Studienleistung
keine
Verwendbarkeit des Moduls
Compulsory elective module for students of the study program ■ M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Materials and Fabrication ■ M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Materialien und Herstellungsprozesse ■ M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area: Materials and Fabrication

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Mikrostrukturierte Kunststoffkomponenten / Microstructured Polymer Components	11LE50MO-5604 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Mikrostrukturierte Kunststoffkomponenten / Microstructured Polymer Components - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5604
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Werkstoffprozesstechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Präsenzstudium	30
Selbststudium	60
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

<b>Inhalte</b>
Contents:
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Polymers: Fundamental chemical and physical properties</li> <li>■ Fabrication of molding tools: Fabrication principles and characteristics</li> <li>■ Rapid Prototyping in microsystem technology</li> <li>■ Polymer replication techniques: Reaction Molding, UV-Embossing, Hot Embossing and Injection Molding: Principles, equipment, applications and case studies</li> <li>■ From micro to nano: Nanoimprinting, soft lithography, nanostereolithography and other new developments</li> </ul>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
none
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ W. Ehrfeld, Handbuch Mikrotechnik, Hanser-Verlag, München, 2002, ISBN: 3-446-21506-9</li> <li>■ W. Menz, J. Mohr, O. Paul, Microsystem Technology, Wiley-VCH, Weinheim, 2001, ISBN: 3-527-29634-4</li> </ul>
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
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
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
none
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
knowledge in material science, basic chemistry, some semiconductor physics

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeits-aufwand
Nanomaterialien / Nanomaterials - Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2,0	90 hours

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
Deep knowledge based on up-to-date research in nanomaterials: understanding of size effects including quantum effects on physical and chemical properties, concepts of nanodiagnosis, 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, nanowire preparations and applications, some basics for nanofluidic systems
Zu erbringende Prüfungsleistung
Prüfungsgespräch / oral examination (idR 30-45 Minuten/usually 30-45 minutes)

Zu erbringende Studienleistung

Each student has to present one Power Point presentation. This is not marked, but counted as course-work/"Studienleistung".

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

- M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Materials and Fabrication
- M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Materialien und Herstellungsprozesse
- M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area: Materials and Fabrication



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Nanomaterialien / Nanomaterials	11LE50MO-5104 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Nanomaterialien / Nanomaterials - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5104
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Nanotechnologie	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 hours
Präsenzstudium	26
Selbststudium	64
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	in jedem Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprachen	deutsch, englisch

<b>Inhalte</b>
Size effects, quantum effects, physical and chemical properties of nanomaterials, 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, thermodynamic principles), surface functionalization using chemical methods, nanoparticles in bio- and medical systems, nano-biomarker systems for medical treatment, nanotoxicity, nanowire growth using liquid methods, basics for nanofluidic systems
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
see module details
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
none
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
knowledge in material science, basic chemistry, some semiconductor physics
<b>Lehrmethoden</b>
Language of instruction: In the winter semester in German, summer semester English.
<b>Bemerkung / Empfehlung</b>
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
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	in jedem Semester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
none
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
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	Arbeits-aufwand	
Nanotechnologie / Nanotechnology - Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2,0	90 hours	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
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
oral examination of 30 min / mündliche Prüfung (30 min)
Zu erbringende Studienleistung
keine
Verwendbarkeit des Moduls
<p>Compulsory elective module for students of the study program</p> <ul style="list-style-type: none"><li>■ M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Materials and Fabrication</li><li>■ M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Materialien und Herstellungsprozesse</li><li>■ M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area: Materials and Fabrication</li></ul>

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Nanotechnologie / Nanotechnology	11LE50MO-5106 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Nanotechnologie / Nanotechnology - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5106
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Nanotechnologie	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 hours
Präsenzstudium	26 SS; 30 WS
Selbststudium	64 SS; 60 WS
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	in jedem Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprachen	deutsch, englisch

<b>Inhalte</b>
The lecture will concentrate on <b>physical methods</b> 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.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
siehe Modulebene
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
none
<b>Literatur</b>
Will be given in the respective lectures.
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
none
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
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
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
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	Arbeits-aufwand	
Nano - Praktikum / Nano - Laboratory	Praktikum	Wahlpflicht	3,0	2,0	90 Stunden	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
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"> <li>• the deposition (PECVD) of size controlled Si nanocrystals, investigation of optical properties by photoluminescence, evaluation of quantum confinement by optical properties,</li> <li>• deposition of ultra thin films (ZnO) by atomic layer deposition, analizing the properties by four point probe methods, photoluminescence and SEM</li> <li>• growth of metal oxide nanowires and detailed investigation by phtoluminescence and SEM</li> </ul>
Zu erbringende Prüfungsleistung
mündliche Präsentation
Zu erbringende Studienleistung
keine

**Verwendbarkeit des Moduls**

Compulsory elective module for students of the study program

- M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Materials and Fabrication
- M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Materialien und Herstellungsprozesse
- M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area: Materials and Fabrication

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Nano - Praktikum / Nano - Laboratory	11LE50MO-5105 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Nano - Praktikum / Nano - Laboratory	
Veranstaltungsart	Nummer
Praktikum	11LE50P-5105
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Nanotechnologie	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Präsenzstudium	26
Selbststudium	64
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprachen	deutsch, englisch

<b>Inhalte</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Deposition (PECVD) of size controlled Si nanocrystals, investigation of optical properties by photoluminescence, evaluation of quantum confinement by optical properties</li> <li>■ deposition of ultra thin films (ZnO) by atomic layer deposition, analyzing the properties by four point probe methods, photoluminescence and SEM</li> <li>■ growth of metal oxide nanowires and detailed investigation by photoluminescence and SEM</li> </ul>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
siehe Modulebene
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
keine
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
Kenntnisse der Inhalte der Module Nanomaterialien / Nanomaterials (inklusive Prüfungsleistung) oder Nanotechnologie / Nanotechnology (inklusive Prüfungsleistung)
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
Mikrosystemtechnik Halbleiterphysik

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Oberflächenanalyse / Surface Analysis	11LE50MO-5606-1 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Jürgen Rühe	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Chemie und Physik von Grenzflächen	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
keine

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeits-aufwand
Oberflächenanalyse / Surface Analysis - Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2,0	90 Stunden

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
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.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Schriftliche Abschlussprüfung (Klausur) mit einer Dauer von 90 Minuten/written examination with a duration of 90 minutes
Zu erbringende Studienleistung
keine

**Verwendbarkeit des Moduls**

Compulsory elective module for students of the study program

- M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Materials and Fabrication
- M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Materialien und Herstellungsprozesse
- M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area: Materials and Fabrication

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Oberflächenanalyse / Surface Analysis	11LE50MO-5606-1 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Oberflächenanalyse / Surface Analysis - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5606-1
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Chemie und Physik von Grenzflächen	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Präsenzstudium	26
Selbststudium	64
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

<b>Inhalte</b>
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.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
siehe Modulebene/see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
keine/none
<b>Literatur</b>
Various materials are available on the website.
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
none

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Oberflächenanalyse – Praktikum / Surface Analysis Laboratory	11LE50MO-5311 PO 2021
Verantwortliche/r	
Dr. Oswald Prucker Prof. Dr. Jürgen Rühe	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik Chemie und Physik von Grenzflächen	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
none

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeits-aufwand
Oberflächenanalyse – Praktikum / Surface Analysis Laboratory	Praktikum	Wahlpflicht	3,0	2,0	90 hours

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
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.
Zu erbringende Prüfungsleistung
For each experiment, students need to hand in a protocol which will be graded. The final grade is calculated according to the weighed arithmetic mean from the individual protocol grades.
Zu erbringende Studienleistung
none

**Verwendbarkeit des Moduls**

Compulsory elective module for students of the study program

- M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Materials and Fabrication
- M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Materialien und Herstellungsprozesse
- M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area: Materials and Fabrication

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Oberflächenanalyse – Praktikum / Surface Analysis Laboratory	11LE50MO-5311 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Oberflächenanalyse – Praktikum / Surface Analysis Laboratory	
Veranstaltungsart	Nummer
Praktikum	11LE50P-5311

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 hours
Präsenzstudium	26
Selbststudium	64
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
<p><b>Topic 1: Determination of the layer thickness and roughness of biocompatible coatings</b>            Experiment 1: Using ellipsometry and x-ray reflectometry to determine the thickness of hydrogel coatings</p>
<p><b>Topic 2: Wetting of surfaces – Surface free energies</b>            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><b>Topic 3: Proteins / peptides on surfaces</b>            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><b>Topic 4: DNA at surfaces</b>            Experiment 6: Visualisation of DNA on mica using the Atomic Force Microscope</p>
Zu erbringende Prüfungsleistung
see module details
Zu erbringende Studienleistung
none
Literatur
see script
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
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 Grundl.d.künstl.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 Kommunikationssysteme Institut für Informatik Embedded Systems Institut für Informatik Maschinelles Lernen	
Fachbereich / Fakultät	
Mathematisches Institut Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	3,0
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
keine
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Kenntnisse aus den Modulen
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Einführung in die Programmierung</li> <li>■ Informatik II – Algorithmen und Datenstrukturen</li> </ul>

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Optimierung	Vorlesung	Pflicht	3,0	2,0	90 Stunden
Optimierung	Übung	Pflicht		1,0	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
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.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Klausur (Dauer idR 90-180 Minuten)
Zu erbringende Studienleistung
Es gibt Übungsaufgaben im regelmäßigen Rhythmus, die bearbeitet und abgegeben werden müssen. Diese werden korrigiert und mit Punkten bewertet. Die Studienleistung ist bestanden, wenn mindestens 50% der Gesamtpunkte im Semester erreicht sind.
Verwendbarkeit des Moduls
<p>As compulsory elective for students of the study program</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ M.Sc. Embedded Systems Engineering (ESE) (PO 2021) in Microsystems Engineering Concentrations Area: Materials and Fabrication</li> <li>■ M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Materials and Fabrication</li> <li>■ M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Materialien und Herstellungsprozesse</li> <li>■ Master of Education Erweiterungsfach Informatik</li> <li>■ polyvalenter 2-Hauptfächer-Bachelor Informatik (Optionsbereich Individuelle Studiengestaltung)</li> <li>■ Bachelor of Science in Mikrosystemtechnik (PO 2018), im Wahlpflichtbereich, Bereich Mikrosystemtechnik</li> </ul> <p>Compulsory course for students of the study program</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ B.Sc. in Embedded Systems Engineering (PO 2018)</li> <li>■ B.Sc. in Informatik (PO 2018)</li> </ul>



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Optimierung	11LE13MO-720 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Optimierung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE13V-720
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Informatik Algorithmen u. Datenstrukturen	
Institut für Informatik Algorithmen und Komplexität	
Institut für Informatik Mustererkennung u. Bildverarbeitung	
Institut für Informatik Bioinformatik	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Präsenzstudium	30
Selbststudium	45
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
Lehssprache	deutsch

Inhalte
Die Vorlesung gibt eine Einführung in die allgemeine Problematik und erklärt, wie sich viele Aufgaben der Informatik als Optimierungsprobleme formulieren lassen. Es werden die grundlegenden Verfahren und Konzepte der Optimierung vorgestellt; das Hauptaugenmerk liegt auf kontinuierlicher Optimierung. Anschließend werden Konvexität, lineare und quadratische Programme, Gradientenverfahren sowie einige approximative Verfahren behandelt. Die Vorlesung wird von größtenteils praktischen Übungen begleitet. Durch theoretische und praktische Übungen wird der Stoff anschaulich vertieft.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Siehe Modulebene
Zu erbringende Studienleistung
Siehe Modulebene
Literatur
Nocedal-Wright: Numerical Optimization (Englisch)
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
keine
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Grundlagenkenntnisse in Mathematik Grundlegende Kenntnisse zu Programmierung und Algorithmen Praktische Programmierkenntnisse in Python

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Optimierung	11LE13MO-720 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Optimierung	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE13Ü-720
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Informatik Algorithmen u. Datenstrukturen	
Institut für Informatik Algorithmen und Komplexität	
Institut für Informatik Mustererkennung u. Bildverarbeitung	
Institut für Informatik Bioinformatik	

ECTS-Punkte	
Präsenzstudium	15
Semesterwochenstunden (SWS)	1,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
Lehrsprache	deutsch

Inhalte
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.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Siehe Modulebene
Zu erbringende Studienleistung
Siehe Modulebene
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
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
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
none
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Statistical Basics</li> <li>■ Fundamentals of Manufacturing Technology</li> <li>■ Processes of microsystem technology (clean room fabrication and conventional environment)</li> </ul>

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeits-aufwand
Optimierung von Fertigungsverfahren / Advanced engineering - Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2,0	90 Stun-den

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
Statistische Grundlagen zur Regelung komplexer technischer Prozesse Optimierung von Fertigungsverfahren nach unterschiedlichen Zielgrößen Erweiterung statistischer Methoden auf Führungs- und Organisationsstrukturen
Zu erbringende Prüfungsleistung
Klausur (Dauer 90 Minuten)  Wenn Teilnehmerzahl gering, stattdessen mündliche Prüfung (Dauer 20 - max. 30 Minuten)

Zu erbringende Studienleistung
keine
Verwendbarkeit des Moduls
Compulsory elective module for students of the study program ■ M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Materials and Fabrication ■ M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Materialien und Herstellungsprozesse ■ M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area: Materials and Fabrication

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Optimierung von Fertigungsverfahren / Advanced engineering	11LE50MO-5607 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Optimierung von Fertigungsverfahren / Advanced engineering - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5607
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Prozesstechnologie	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Präsenzstudium	26
Selbststudium	64
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	deutsch

<b>Inhalte</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Statistische Versuchsplanung</li> <li>■ Toleranzen und Toleranzketten</li> <li>■ FMEA</li> <li>■ Prozess und Maschinenfähigkeit</li> <li>■ Six Sigma</li> <li>■ Kaizen_PDCA</li> <li>■ One Piece Flow</li> </ul>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
siehe Modulebene
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
keine
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ George E. P. Box, Statistics for Experimenters: An Introduction to Design, Data Analysis, and Model Building (Wiley Series in Probability and Statistics)</li> <li>■ Manufacturing Processes &amp; Materials Hardcover – July, 2000 by George F. Schrade</li> <li>■ Effective FMEAs: Achieving Safe, Reliable, and Economical Products and Processes using Failure Mode and Effects Analysis Hardcover – May 15, 2012 by Carl Carlson</li> <li>■ The Practical Application of the Process Capability Study: Evolving From Product Control to Process Control [Kindle Edition] Douglas B. Relyea</li> <li>■ The Process Improvement Handbook: A Blueprint for Managing Change and Increasing Organizational Performance Hardcover – October 15, 2013 by Tristan Boutros</li> </ul>
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
keine

Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung

Statistical Basics

Fundamentals of Manufacturing Technology

Processes of microsystem technology (clean room fabrication and conventional environment)



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Polymere in der Membrantechnik / Polymers in Membrane Technology	11LE50MO-5114 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Jürgen Rühe	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Chemie und Physik von Grenzflächen	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
none

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeits-aufwand
Polymere in der Membrantechnik / Polymers in Membrane Technology - Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0		90 Stunden

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
Gain awareness for separation needs and sustainability impact Understand principles of separation Understand membrane fabrication and (polymeric) membrane material properties Apply polymeric surface modifications to mitigate material limitations and enable new processes
Zu erbringende Prüfungsleistung
-written or oral examination (duration 90/20-max. 30 min.)
Zu erbringende Studienleistung
none/ in the study program Sustainable Materials - Polymer Science: participation and ungraded report

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Polymere in der Membrantechnik / Polymers in Membrane Technology	11LE50MO-5114 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Polymere in der Membrantechnik / Polymers in Membrane Technology - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5114
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Chemie und Physik von Grenzflächen	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Präsenzstudium	39
Selbststudium	51
Semesterwochenstunden (SWS)	
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

<b>Inhalte</b>
The lecture will focus on polymeric materials for membrane separation technologies. The scope of applications that will be discussed ranges from water to oil & gas, biotech, dialysis to food with a focus on water filtration technologies. Creating awareness for major societal challenges like clean water supply, health care / quality of life and minimization of energy consumption and for contributions that membrane technologies can offer to sustainable solutions for these challenges will be key learning objectives. Focus will be on materials and membrane fabrication / post-modification processes as well as on the underlying principles of separation. Process engineering will be of minor importance. The lecture will concentrate on cognitive levels 'understanding' and 'application' (Bloom's taxonomy), case studies will touch upon higher levels.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
in the study program Sustainable Materials - Polymer Science: participation and ungraded report
<b>Literatur</b>
Various materials are available on the website Homepage: <a href="http://www.imtek.de/cpi">http://www.imtek.de/cpi</a>
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
none

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Photovoltaische Energiekonversion für Ingenieure / Photovoltaic Energy Conversion for engineers	11LE50MO-5712 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Stefan Glunz	
Veranstalter	
Inst. f. Nachh. Technische Systeme Photovoltaische Energiekonversion	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
keine
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Grundkenntnisse der Halbleiterphysik und -technologie sind vorteilhaft.

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeits-aufwand
Photovoltaische Energiekonversion für Ingenieure / Photovoltaic Energy Conversion for engineers - Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	2,0	90 Stunden	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
Das Modul gibt zunächst einen allgemeinen Überblick über die Komponenten von Photovoltaischen Energiesystemen und über die Chancen und Möglichkeiten dieser Form der regenerativen Energie.

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Photovoltaische Energiekonversion für Ingenieure / Photovoltaic Energy Conversion for engineers	11LE50MO-5712 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Photovoltaische Energiekonversion für Ingenieure / Photovoltaic Energy Conversion for engineers - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5712

ECTS-Punkte	
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	deutsch

Inhalte
Zu erbringende Prüfungsleistung
Schriftliche oder mündliche Abschlussprüfung
Zu erbringende Studienleistung
Um zur Abschlussprüfung zugelassen zu werden, muss die Vorlesung zu jedem Vorlesungstermin besucht werden. Unentschuldigtes Fehlen führt zu einer Nichtzulassung zur Abschlussprüfung.
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
keine
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Grundkenntnisse der Halbleiterphysik und -technologie sind vorteilhaft.

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Photovoltaische Energiekonversion für Ingenieure II / Photovoltaic Energy Conversion for engineers II	11LE50MO-5718 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Stefan Glunz	
Veranstalter	
Inst. f. Nachh. Technische Systeme Photovoltaische Energiekonversion	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
keine
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Photovoltaic Energy Conversion for engineers I</li> <li>■ Halbleiterphysik/Semiconductor Physics</li> </ul>

Zugehörige Veranstaltungen						
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeits-aufwand	
Photovoltaische Energiekonversion für Ingenieure II / Photovoltaic Energy Conversion for engineers II - Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2,0	90 Stunden	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
Schwerpunkte des vorgegangenen Moduls "Photovoltaische Energiekonversion I" waren die physikalischen Grundlagen von Solarzellen und die Technologie von Siliciumsolarzellen. Das Modul "Photovoltaische Energiekonversion II" wird sich auf alternative Technologien, Systemaspekte, Netzintegration und die Ökonomie der Photovoltaik konzentrieren.

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Photovoltaische Energiekonversion für Ingenieure II / Photovoltaic Energy Conversion for engineers II	11LE50MO-5718 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Photovoltaische Energiekonversion für Ingenieure II / Photovoltaic Energy Conversion for engineers II - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5718
<b>Veranstalter</b>	
Inst. f. Nachh. Technische Systeme Photovoltaische Energiekonversion	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	unregelmäßig
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	deutsch

<b>Inhalte</b>
Die Vorlesung "Photovoltaische Energiekonversion II" beginnt mit einer knappen Zusammenfassung der vorangegangenen Vorlesung und konzentriert sich dann auf folgende Themen:
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Dünnschicht-PV (CIS, CdTe)</li> <li>■ Perowskitsolarzellen</li> <li>■ Tandemsolarzellen</li> <li>■ III/V-basierte PV und Konzentratoranwendungen</li> <li>■ Photonik für Solarzellen (Hochkonversion, Ultra-Lichteinfang)</li> <li>■ Systemtechnologie (Inverter, Speicherung, ...)</li> <li>■ Netzintegration</li> <li>■ Ökonomie der Photovoltaik</li> </ul>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
Schriftliche oder mündliche Abschlussprüfung
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
Um zur Abschlussprüfung zugelassen zu werden, muss die Vorlesung zu jedem Vorlesungstermin besucht werden. Unentschuldigtes Fehlen führt zu einer Nichtzulassung zur Abschlussprüfung.
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ P. Würfel, Physik der Solarzelle, Spektrum - Akademischer Verlag 2000</li> <li>■ A. Goetzberger, B. Voß und J. Knobloch, Sonnenenergie: Photovoltaik, Teubner 1997</li> <li>■ M.A. Green, Solar Cells, University of New South Wales 1982</li> <li>■ Konrad Mertens, Photovoltaik, Hanser 2011</li> <li>■ Jenny Nelson, The physics of solar cells, Imperial College Press 2008</li> </ul>
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
Keine

Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung

Photovoltaic Energy Conversion for engineers I  
Halbleiterphysik/Semiconductor Physics

↑

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
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
none

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeits-aufwand
Polymer Processing and Microsystems Engineering - Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2,0	90 hours

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
This course will teach students the various types of polymers in practical use today, the methods required for characterizing them, the processing techniques that are used to shape these polymers including polymer molding as well as 3D Printing. The lecture will cover fundamental aspects of polymer science and characterization as well as industrial process technology both for microsystems as well as scalable manufacturing.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Oral exam with a duration of 30 minutes
Zu erbringende Studienleistung
none
Zusammensetzung der Modulnote
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 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.</li> </ul>

Verwendbarkeit des Moduls
<p>Compulsory elective module for students of the study program</p> <ul style="list-style-type: none"><li>■ M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Materials and Fabrication</li><li>■ M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Materialien und Herstellungsprozesse</li><li>■ M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area: Materials and Fabrication</li></ul>
<p>Wahlpflichtmodul für Studierende des Studiengangs</p> <ul style="list-style-type: none"><li>■ Master of Science in Sustainable Systems Engineering - Nachhaltige Materialien / Sustainable Materials</li></ul>

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Polymer Processing and Microsystems Engineering	11LE50MO-5124 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Polymer Processing and Microsystems Engineering - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5124
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Chemie und Physik von Grenzflächen Institut für Mikrosystemtechnik Werkstoffprozesstechnik Institut für Mikrosystemtechnik Prozesstechnologie	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 hours
Präsenzstudium	26
Selbststudium	64
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

<b>Inhalte</b>
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.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
none
<b>Literatur</b>
Various materials will be provided through the ILIAS online learning tool.
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
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
Arbeitsaufwand	180 Stunden
Präsenzstudium	56 Stunden
Selbststudium	124 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	4,0
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
keine
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
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	Arbeitsaufwand
Quantenmechanik für Ingenieur*innen / Quantum Mechanics for Engineers	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	2,0	180 hours
Quantenmechanik für Ingenieur*innen / Quantum Mechanics for Engineers	Übung	Wahlpflicht		2,0	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
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 dis-

cussed. The course successively develops the basic mathematical methods required to solve problems in one, two, and three dimensions. The understanding is deepened by exercises.

#### 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

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.

#### Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

- M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Materials and Fabrication
- M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Materialien und Herstellungsprozesse
- M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area: Materials and Fabrication



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Quantenmechanik für Ingenieur*innen / Quantum Mechanics for Engineers	11LE50MO-5273 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Quantenmechanik für Ingenieur*innen / Quantum Mechanics for Engineers	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5273_PO 20091
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Institut für Mikrosystemtechnik Materialien der Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	6,0
Arbeitsaufwand	180 hours
Präsenzstudium	52 Stunden
Selbststudium	128 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

<b>Inhalte</b>
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 wall
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
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
see module details
<b>Literatur</b>
A script will be handed out during the course. Material for further reading will be indicated therein.
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
None

**Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung**

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
<b>Veranstaltung</b>	
Quantenmechanik für Ingenieur*innen / Quantum Mechanics for Engineers	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5273_PO 20091
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Materialien der Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

<b>Inhalte</b>
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.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
see module details
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
None
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
Undergraduate knowledge in the field of physics, mathematics, solid state physics, semiconductors, electronics and differential equations.

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Quantification of Resilience	11LE50MO-4110 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Stefan Hiermaier	
Veranstalter	
Inst. f. Nachh. Technische Systeme Nachhaltige Ingenieursysteme	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
none
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Any basics in any of the following areas would be helpful but are not mandatory:
<ul style="list-style-type: none"> <li>• system description and modelling</li> <li>• graphical/ semiformal modelling</li> <li>• product and development life cycles</li> <li>• classical system analysis</li> <li>• reliability analysis for any engineering discipline, e.g. electronics, computer science, mechanical, civil and aerospace engineering</li> </ul>

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeits-aufwand
Quantification of Resilience	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2,0	90 h

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
Main learning objectives 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   |

#### Zu erbringende Prüfungsleistung

The *Prüfungsleistung* is a written supervised examination at the end of the semester covering the content of the lecture and its embedded exercises contributing 100% to the final grade, duration: 90 min.

#### Zu erbringende Studienleistung

Expected coursework (0% contribution to the final grade):

Presentation and critical review of a selected publication or of a chapter of the lecture manuscript (approx. 20 minutes including questions and answers).

#### Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

- M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Materials and Fabrication
- M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Materialien und Herstellungsprozesse
- M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area: Materials and Fabrication



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Quantification of Resilience	11LE50MO-4110 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Quantification of Resilience	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE68V-4110
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Nachhaltige Technische Systeme	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 h
Präsenzstudium	32 h
Selbststudium	58 h
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
<p>Main contents comprise:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Context, basic definitions, objectives and options of resilience quantification: resilience management processes, resilience quantification and development processes</li> <li>2. System (service) performance based resilience quantification</li> <li>3. Method types for resilience quantification, resilience dimensions, and resilience method taxonomy</li> <li>4. Qualitative and semi-quantitative resilience assessments: ontologies, process schemes, quantification and evaluation</li> <li>5. Resilience dimensional order expansions and resulting quantification bounds</li> <li>6. Application of classical system analysis approaches, e.g. deterministic inductive and deductive system analysis methods</li> <li>7. Advanced system analysis methods, in particular time, system phase and system trajectory dependent methods such as TDFT, non-classical Markov models, Petri nets and stochastic processes</li> <li>8. System graph-based and topological approaches: system definition, identification of disruption vector, response and recovery determination and response strategy optimization</li> <li>9. Resilience quantification based on multiple event propagation through resilience analysis layers: heuristics vs. formalization, resilience transition matrix elements, related statistical-empirical, probabilistic, engineering and physical-simulative methods, forward and backward propagation methods</li> <li>10. Input-output models, operability models: discrete and continuous</li> <li>11. Coupled agent-supported engineering grid-model approaches for overall system modelling, simulation and resilience determination: operator, prosumer and consumer models; organizational, policy and framing models</li> <li>12. Combination of resilience quantification approaches</li> <li>13. Optimization problems in resilience engineering</li> <li>14. For all resilience quantification approaches: model assumptions, application domains, application examples, typical input and output data, acceptance of modeling approach</li> <li>15. Use of Machine Learning (ML) and artificial intelligence (AI) as support and stand-alone approaches for resilience quantification of systems</li> </ol>

16. Standards, emerging standards and ongoing standardization efforts
Zu erbringende Prüfungsleistung
See module
Zu erbringende Studienleistung
See module
Literatur
<p>Sample literature includes:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Satisfying safety goals by probabilistic risk analysis, Hiromitsu Kumamoto, Springer 2007</li> <li>2. Modern statistical and mathematical methods in reliability, Alyson Wilson et. al. (eds.), World Scientific, 2005</li> <li>3. Mathematical and statistical methods in reliability, Bo H Lindqvist and Kyell A Doksum, World Scientific, 2003</li> <li>4. Hazard analysis techniques for system safety, Clifton A. Ericson, Wiley, 2015</li> <li>5. FRAM: the functional resonance analysis method, Erik Hollnagel, Ashgate, 2012</li> <li>6. Synesis: The Unification of Productivity, Quality, Safety and Reliability, Erik Hollnagel, Ashgate, 2020</li> <li>7. Control systems safety evaluation and reliability, William M. Gobe, 2010</li> <li>8. System reliability theory: models, statistical methods and applications, Marvin Rausand, Arnljot Hoyland, Wiley-Interscience, 2004</li> <li>9. Risk assessment: theory, methods, and application, Marvin Rausand, Wiley, 2011</li> <li>10. Reliability of safety-critical systems: theory and applications, Marvin Rausand, Wiley, 2014</li> <li>11. Risk and resilience: methods and application in environment, cyber and social domains, Eds.: Igor Linkov, Jose Manuel Palma-Oliviera, Springer, 2017</li> <li>12. Functional safety for road vehicles: new challenges and solutions for e-mobility and automated driving, Hans-Leo Ross, Springer, 2016</li> <li>13. Functional Safety of Machinery: Sample Questions and Solutions, Jagadeesh-Pandian, author's edition, 2019</li> <li>14. Functional safety in practice, Harvey T Dearden, CreateSpace Independent Publishing Platform, 2018</li> <li>15. 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</li> <li>16. Applied reliability engineering and risk analysis: probabilistic models and statistical inference, Editor(s): Ilia B. Frenkel, Alex Karagrigoriou, Anatoly Lisnianski, Andre Kleyner, John Wiley &amp; Sons, 2013</li> <li>17. Reliability engineering: theory and practice, Alessandro Birolini, Springer, 2013</li> <li>18. Electronic safety systems: hardware concepts, models, calculations, Josef Börcsök, Hüthig, 2004</li> <li>19. Functional Safety: Basic Principles of Safety-related Systems, Josef Börcsök, Hüthig, 2020</li> <li>20. Zuverlässigkeitstechnik, Arno Meyna and Bernhard Pauli, Hanser, 2010</li> <li>21. The safety critical systems handbook, David J. Smith, Butterworth-Heinemann, 2010</li> <li>22. Reliability and availability engineering: modeling, analysis, and applications, Kishor S. Trivedi, Andrea Bobbio, Cambridge University Press, 2017</li> <li>23. Embedded Software Development for Safety-Critical Systems, Chris Hobbs, CRC Press, 2019</li> <li>24. Dynamic Probabilistic Systems, Volume I: Markov Models, Ronand A. Howard, Dover publications, 2012</li> <li>25. Dynamic Probabilistic Systems, Volume II: Semi-Markov and Decision Processes, Ronand A. Howard, Dover publications, 2013</li> <li>26. Fault-Tolerant Systems, Israel Koren, C. Mani Krishna, Morgan Kaufmann Publisher, 2020</li> <li>27. Semi-Markov Processes: Applications in System Reliability and Maintenance, Franciszek Grabski, Elsevier, 2014</li> <li>28. A Primer in Petri Net Design, Wolfgang Reisig, Springer, 1992</li> <li>29. Ereignisdiskrete Systeme: Modellierung und Analyse dynamischer Systeme mit Automaten, Markovketten und Petrinetzen, Jan Lunze, De Gruyter, 2017</li> <li>30. System Modeling and Control with Resource-Oriented Petri Nets, MengChu Zhou, Routledge, 2017</li> <li>31. Formal Methods in Computer Science, Jiacun Wang, William Tepfenhart, Taylor &amp; Francis, 2019</li> </ol>

Further information:

Sample related standards for information  
<https://www.iec.ch/functionsafety/>  
<https://www.iso.org/standard/68383.html>  
<https://www.iso.org/standard/70939.html>

Recent publications:  
<https://scholar.google.com/citations?user=luyHvrkAAAAJ&hl=en>

**Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung**

None

**Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung**

Any basics in any of the following areas would be helpful but are not mandatory:

- 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 embedded exercises including contextualization and discussion of short students' journal paper presentations.

↑

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
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Präsenzstudium	42 Stunden
Selbststudium	48 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	3,0
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
none

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Reinraumlaborkurs für Ingenieure / Clean Room Laboratory for Engineers	Praktikum	Wahlpflicht	3,0	3,0	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
The Goal of the Cleanroom Lab Course is to learn Cleanroom behaviour and processing and the creation of a high quality lab report.
Zu erbringende Prüfungsleistung
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%).
Zu erbringende Studienleistung
none

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.
- Master of Science im Fach Microsystems Engineering, Prüfungsordnungsversion 2009: Die Modulnote wird nach ECTS-Punkten einfach gewichtet in die Gesamtnote eingerechnet.

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

- M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Materials and Fabrication
- M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Materialien und Herstellungsprozesse
- M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area: Materials and Fabrication

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Reinraumlaborkurs für Ingenieure / Clean Room Laboratory for Engineers	11LE50MO-5804 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Reinraumlaborkurs für Ingenieure / Clean Room Laboratory for Engineers	
Veranstaltungsart	Nummer
Praktikum	11LE50P-5804

ECTS-Punkte	3,0
Präsenzstudium	42 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	3,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

<b>Inhalte</b>
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
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
see module details
<b>Literatur</b>
A script is provided and kept up-to-date. <ul style="list-style-type: none"> <li>■ C. Müller, MST Technologies and Processes, lecture</li> <li>■ W. Menz, J. Mohr, O. Paul, Microsystems Technology, Wiley VCH</li> <li>■ M. Madou, Fundamentals of Microfabrication, CRC Press</li> <li>■ S. M. SZE, Physics of Semiconductor Devices, Wiley VCH</li> <li>■ J. W. Dini, Electrodeposition, Noyes Publications</li> </ul>
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
none

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Solar Energy	11LE68MO-8060 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Stefan Glunz	
Veranstalter	
Institut für Nachhaltige Technische Systeme Inst. f. Nachh. Technische Systeme Photovoltaische Energiekonversion	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Nachhaltige Technische Systeme	

ECTS-Punkte	6,0
Arbeitsaufwand	180 h
Semesterwochenstunden (SWS)	4,0
Mögliche Fachsemester	1
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Basic understanding of physics

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeits-aufwand
Solare Energie / Solar Energy	Vorlesung	Pflicht	6,0	4,0	180 h
Solare Energie / Solar Energy	Übung	Pflicht		1,0	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
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.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Written supervised exam, duration: 120 min.
Zu erbringende Studienleistung
Regular attendance of the exercise workshops according to §13 (2) of the General Examination Regulations for the Master of Science and submission of exercise sheets.

Verwendbarkeit des Moduls

Mandatory elective module for students of the study program

- M.Sc. in Sustainable Systems Engineering (PO 2021) in the technical concentration area *Energy Systems Engineering*

Compulsory elective module for students of the study program

- M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Materials and Fabrication
- M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Materialien und Herstellungsprozesse
- M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area: Materials and Fabrication



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Solar Energy	11LE68MO-8060 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Solare Energie / Solar Energy	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE68V-8060
<b>Veranstalter</b>	
Inst. f. Nachh. Technische Systeme Photovoltaische Energiekonversion	

ECTS-Punkte	6,0
Arbeitsaufwand	180 h
Präsenzstudium	60 h
Selbststudium	120 h
Semesterwochenstunden (SWS)	4,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
Lehrsprache	englisch
Geplante Gruppengröße	50

Inhalte
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Solar Energy - Theoretical and Technical Energy Potential (black body radiation, Carnot cycle, maximum efficiencies, ...)</li> <li>■ Solar Energy Technologies - Tapping the sun's energy (overview of conversion technologies, system boundaries, seasonal fluctuation, ...)</li> <li>■ Photovoltaics - Physics of Solar Cells (introduction to semiconductors, Fermi levels, IV curves, conversion efficiency, quantum efficiency ...)</li> <li>■ Photovoltaics - Technology Review (short introduction to the structure and technology of crystalline silicon solar cells)</li> <li>■ Solar Thermal - Physics of Solar Collectors (basics of thermo dynamics, fluid dynamics, absorption, emission, power output and other performance criteria)</li> <li>■ Solar Thermal - Technology Review (from low temperature applications up to power plants - examples)</li> <li>■ 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.)</li> <li>■ Heat pumps: field tests and best case examples - Heat pumps and smart grid interaction, Heat pumps and PV, Heat pumps + solar thermal, storage integration)</li> </ul> <p>The lecture will be accompanied by weekly exercises and simulation workshops to deepen the lecture's content and to apply state-of-the-art simulation software to design and describe complete energy systems.</p>
Zu erbringende Prüfungsleistung
See module
Zu erbringende Studienleistung
See module

Literatur
<ul style="list-style-type: none"><li>■ Duffie-Beckman: Solar Engineering of Thermal Processes,</li><li>■ V. Quaschning: Understanding Renewable Energy,</li><li>■ Peuser FA, Remmers K, et.al.: Solar thermal systems</li><li>■ P. Würfel, Physik der Solarzelle, Spektrum - Akademischer Verlag 2000</li><li>■ Goetzberger, B. Voß und J. Knobloch, Sonnenenergie: Photovoltaik, Teubner 1997</li><li>■ M.A. Green, Solar Cells, University of New South Wales 1982</li><li>■ K. Mertens, Photovoltaik, Hanser 2011</li><li>■ J. Nelson, The physics of solar cells, Imperial College Press 2008</li></ul>
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Basic understanding of physics
Lehrmethoden
Lecture with accompanied, weekly exercise

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Solar Energy	11LE68MO-8060 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Solare Energie / Solar Energy	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE68Ü-8060
<b>Veranstalter</b>	
Inst. f. Nachh. Technische Systeme Photovoltaische Energiekonversion	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	1,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
<ul style="list-style-type: none"> <li>The lecture will be accompanied by a weekly exercise to deepen the understanding of the lecture's content and to discuss further details</li> </ul>
Zu erbringende Prüfungsleistung
See module
Zu erbringende Studienleistung
See module
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
none

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Techniken zur Oberflächenmodifizierung / Surface coating Techniques	11LE50MO-5109 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Jürgen Rühe	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Chemie und Physik von Grenzflächen	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
none

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeits-aufwand
Techniken zur Oberflächenmodifizierung / Surface coating Techniques	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2,0	90 Stunden

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
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.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Schriftliche Abschlussprüfung (Klausur) mit einer Dauer von 90 Minuten
Zu erbringende Studienleistung
keine

**Verwendbarkeit des Moduls**

Compulsory elective module for students of the study program

- M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Materials and Fabrication
- M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Materialien und Herstellungsprozesse
- M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area: Materials and Fabrication

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Techniken zur Oberflächenmodifizierung / Surface coating Techniques	11LE50MO-5109 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Techniken zur Oberflächenmodifizierung / Surface coating Techniques	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5109
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Chemie und Physik von Grenzflächen	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Präsenzstudium	30
Selbststudium	60
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

<b>Inhalte</b>
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.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
none
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
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	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
keine

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeits-aufwand
Verbindungshalbleiter / Compound semiconductor devices	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2,0	90 Stunden

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
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.
Zu erbringende Prüfungsleistung
mündliche Abschlussprüfung (90 Minuten)

Zu erbringende Studienleistung
keine
Verwendbarkeit des Moduls
<p>Compulsory elective module for students of the study program</p> <ul style="list-style-type: none"><li>■ M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Materials and Fabrication</li><li>■ M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Materialien und Herstellungsprozesse</li><li>■ M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area: Materials and Fabrication</li></ul>

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Verbindungshalbleiter / Compound semiconductor devices	11LE50MO-5111_PO 20091
<b>Veranstaltung</b>	
Verbindungshalbleiter / Compound semiconductor devices	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5111
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Verbindungshalbleiter	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Präsenzstudium	30
Selbststudium	60
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht

<b>Inhalte</b>
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.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
siehe Modulebene
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
keine
<b>Literatur</b>
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
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
Grundkenntnisse in Halbleiter- und Festkörperphysik

Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung

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 Rühe	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Werkstoffprozesstechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 h
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
none
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
none

Zugehörige Veranstaltungen						
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeits-aufwand	
Von Mikrosystemen zur Nanowelt / From Microsystems to the Nanoworld - Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2,0	90 Stunden	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
This module describes the issues encountered at the transition from the world of Microsystems to the nano-world. It aims at an understanding of the principle concepts for both worlds and describes current trends and problems in the field. It is also attempted to give an outlook for future research within the boundaries of physics.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Schriftliche Abschlussprüfung mit einer Dauer von 90 Minuten
Zu erbringende Studienleistung
keine

**Verwendbarkeit des Moduls**

Compulsory elective module for students of the study program

- M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Materials and Fabrication
- M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Materialien und Herstellungsprozesse
- M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area: Materials and Fabrication

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Von Mikrosystemen zur Nanowelt / From Microsystems to the Nanoworld	11LE50MO-5101 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Von Mikrosystemen zur Nanowelt / From Microsystems to the Nanoworld - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5101
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Chemie und Physik von Grenzflächen	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Präsenzstudium	30
Selbststudium	60
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

<b>Inhalte</b>
<p><b>1. INTRODUCTION</b>            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><b>2. FOUNDATIONS</b>            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><b>3. PROBLEMS</b>            From Micro to Nano: what's different. Physical and societal limits of nano engineering.</p>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
siehe Modulebene
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
keine
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
none
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
none

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Dynamics of Materials: Material Characterization	11LE68MO-5118 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Stefan Hiermaier	
Veranstalter	
Inst. f. Nachh. Technische Systeme Nachhaltige Ingenieursysteme	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Nachhaltige Technische Systeme	

ECTS-Punkte	6,0
Arbeitsaufwand	180 h
Semesterwochenstunden (SWS)	4,0
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
None

Zugehörige Veranstaltungen						
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeits-aufwand	
Werkstoffdynamik: Werkstoffcharakterisierung / Dynamics of Materials: Material Characterization	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	2,0	180 h	
Werkstoffdynamik: Werkstoffcharakterisierung / Dynamics of Materials: Material Characterization	Übung	Wahlpflicht	6,0	2,0		

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
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.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Written supervised exam, duration: 90 min.

Zu erbringende Studienleistung
None
Verwendbarkeit des Moduls
<p>Mandatory elective module for students of the study program</p> <ul style="list-style-type: none"><li>■ M.Sc. in Sustainable Systems Engineering (PO 2021) in the technical concentration area <i>Resilience Engineering</i></li></ul> <p>Compulsory elective module for students of the study program</p> <ul style="list-style-type: none"><li>■ M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Materials and Fabrication</li><li>■ M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Materialien und Herstellungsprozesse</li><li>■ M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area: Materials and Fabrication</li></ul>

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Dynamics of Materials: Material Characterization	11LE68MO-5118 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Werkstoffdynamik: Werkstoffcharakterisierung / Dynamics of Materials: Material Characterization	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE68V-5118
<b>Veranstalter</b>	
Inst. f. Nachh. Technische Systeme Nachhaltige Ingenieursysteme	

ECTS-Punkte	6,0
Arbeitsaufwand	180 h
Präsenzstudium	52 h
Selbststudium	128 h
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

<b>Inhalte</b>
<p>Materials Characterisation:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Static and dynamic testing of materials</li> <li>■ Strain rate as a measure for dynamic material behaviour</li> <li>■ Use of elastic waves for materials testing</li> <li>■ Strain-rate dependent elasticity, plasticity, and failure</li> <li>■ Mathematical modelling of material failure</li> <li>■ Shock waves in solids</li> <li>■ Equations of state and the total stress tensor</li> <li>■ Nonlinear Equations of state</li> </ul> <p>Numerical modelling of dynamic deformation</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Spatial and Time Discretization of dynamic deformation of solids</li> <li>■ Finite differences for space and time</li> <li>■ Basics of the Finite Element method</li> <li>■ Implicit and explicit time integration</li> <li>■ Basics of meshfree discretization methods</li> </ul>
Zu erbringende Prüfungsleistung
See module
Zu erbringende Studienleistung
See module
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ S. Hiermaier, "Structures under Crash and Impact", Springer, 2008.</li> </ul>

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
None
Lehrmethoden
Lecture + exercise

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Dynamics of Materials: Material Characterization	11LE68MO-5118 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Werkstoffdynamik: Werkstoffcharakterisierung / Dynamics of Materials: Material Characterization	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE68Ü-5118
<b>Veranstalter</b>	
Inst. f. Nachh. Technische Systeme Nachhaltige Ingenieursysteme	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

<b>Inhalte</b>
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.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
See module
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
See module
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
None
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
None

↑

Name des Kontos	Nummer des Kontos
Biomedical Engineering	11LE50KO-WP-MSc-986-2021 WP2 BE
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht

↑

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
Arbeitsaufwand	90 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	3,0
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
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	Arbeits-aufwand	
Ausgewählte Problemstellungen in Biosignalverarbeitung / Selected Problems in Biosignal Processing - Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2,0	90 hours	
Ausgewählte Problemstellungen in Biosignalverarbeitung / Selected Problems in Biosignal Processing - Übung	Übung	Pflicht		1,0		

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
Participants will learn to interpret and analyze biological signals of high bandwidth. They will <ul style="list-style-type: none"><li>■ gain a deep knowledge of feature extraction methods,</li><li>■ utilize selected classification methods and</li><li>■ decision making methods.</li></ul>

Zu erbringende Prüfungsleistung
Written documentation in the form of a short scientific paper (5-10 pages) and oral presentation (30 minutes) about the software developed. The module grade is based on the written documentation (50%) and the oral presentation (50%).
Zu erbringende Studienleistung
none
Verwendbarkeit des Moduls
Compulsory elective module for students of the study program ■ M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Biomedical Engineering ■ M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Biomedizinische Technik ■ M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area: Biomedical Engineering

↑

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

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 hours
Präsenzstudium	45 hours
Selbststudium	45 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehssprache	englisch

Inhalte
Selected sources of biosignals: <ul style="list-style-type: none"> <li>■ ECG</li> <li>■ EMG</li> <li>■ EOG</li> <li>■ EEG</li> <li>■ LFP</li> <li>■ Multi- and Single Unit Neuronal Records</li> </ul>
Selected feature extraction methods: <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Nyquist Sampling and standard conditioning</li> <li>■ (adaptive) Filtering</li> <li>■ Fouriertransform and related methods: <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Fourier Coefficients,</li> <li>■ Short Term Fourier Transform</li> <li>■ Gabor Functions</li> <li>■ Discrete Cosinus Transform</li> <li>■ Short Term Fourier Transform</li> </ul> </li> <li>■ Coarse Graining Signal Analysis</li> <li>■ Bispectrum and Bi-Coherence</li> <li>■ Empirical Mode Decomposition (Hilbert-Huang Transformation)</li> <li>■ Undecimated Wavelet Transform and Polyphase Matrices</li> <li>■ The Teager Operator</li> <li>■ Compressed Sensing</li> <li>■ Kernel Methods and Spike Detections</li> </ul>
Selected Classification and Decision Methods <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Principal Components</li> <li>■ Independent Component Analysis</li> <li>■ LDA, QDA, RFD</li> </ul>

- Gaussian Mixture Models
- SVM, soft margin SVM
- Hidden Markov Modells
- Maximum Relevance Minimum Redundancy
- Ensemble Methods
- Bagging

Zu erbringende Prüfungsleistung

see module details

Zu erbringende Studienleistung

None

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung

None

Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung

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

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	1,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
Zu erbringende Prüfungsleistung
See lecture
Zu erbringende Studienleistung
None
Literatur
tba
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
none

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Biologie für Ingenieure	11LE50MO-780 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Ulrich Egert	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Biomikrotechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	5
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
keine
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
keine

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Biologie für Ingenieure	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2,0	90 Stunden

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
Das Ziel dieses Moduls ist es, das Verständnis für grundlegende biomedizinische Konzepte, Prozesse und Strukturen, die definieren, oder Einfluss auf die Funktion der technischen Komponenten für biomedizinische Anwendungen zu vermitteln.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Klausur (90 Min.)
Zu erbringende Studienleistung
keine

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

- M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Biomedical Engineering
- M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Biomedizinische Technik
- M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area: Biomedical Engineering

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Biologie für Ingenieure	11LE50MO-780 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Biologie für Ingenieure	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-780
<b>Veranstalter</b>	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik Biomikrotechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Präsenzstudium	30 Stunden
Selbststudium	60 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	deutsch

Inhalte
<p>Die Vorlesungsreihe vermittelt die Grundlagen der verschiedenen biologischen Prozesse und Strukturen mit dem Ziel, den Rahmen der Messung von Signalen und die Anwendung von Mikrosystemen in der Biologie und Medizin zu beschreiben. Wir legen Wert auf Prozesse, die</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Einfluss auf die Erzeugung und die Eigenschaften der Signale messbar Mikrosysteme, z.B. klinisch relevanten Schlüsselmoleküle, elektrische Signale in Muskel- und Nervensysteme, Sauerstoffversorgung des Blutes usw.</li> <li>■ Einfluss auf die Nutzbarkeit von MST componentes, beispielsweise Sensoren oder Implantaten, wie zB durch Korrosion, Gewebereaktionen, Verkapselung, Veränderungen der Messbedingungen usw.</li> <li>■ typische Anwendungsbereiche der MST-Komponenten sind, beispielsweise relevant implantierbare Sensoren, Prothesen, Neurotechnologie, usw.</li> </ul> <p>Im Rahmen der Vorlesungen werden wir einen ziemlich breiten Überblick zu präsentieren, mit einer gewissen Vorliebe für elektrische Biosignale. Notwendigerweise die Tiefe, durch die wir diese Themen behandeln muss begrenzt werden.</p> <p>Themenschwerpunkte sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ grundlegende Konzepte zugrunde liegenden biologischen Geweben und ihre Funktionen</li> <li>■ Zellstruktur und Wachstum, den Stoffwechsel, die Zeldifferenzierung und specilization</li> <li>■ Grundlagen der Genetik</li> <li>■ Funktionssysteme des menschlichen Körpers</li> <li>■ Biophysik elektrischer Potentiale</li> <li>■ Neuronale Netze und deren Signale</li> <li>■ sensorische Systeme</li> <li>■ Fundamente von Lernen und Gedächtnis</li> <li>■ Energiestoffwechsels und der Ausscheidung</li> <li>■ Atmung</li> </ul>

■ Herz-Kreislauf-System
Zu erbringende Prüfungsleistung
siehe Modulebene
Zu erbringende Studienleistung
keine
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
keine
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
keine

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Biointerfaces I - Basics for Bioanalytical Systems	11LE50MO-5406_1 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Jürgen Rühe	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Chemie und Physik von Grenzflächen	
Fachbereich / Fakultät	
Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
None

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeits-aufwand
Biointerfaces I - Basics for Bioanalytical Systems	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2,0	90 hours

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
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).
Zu erbringende Prüfungsleistung
Written exam (90 minutes)
Zu erbringende Studienleistung
none

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

- M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Biomedical Engineering
- M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Biomedizinische Technik
- M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area: Biomedical Engineering

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Biointerfaces I - Basics for Bioanalytical Systems	11LE50MO-5406_1 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Biointerfaces I - Basics for Bioanalytical Systems	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5406_1
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Chemie und Physik von Grenzflächen	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 hours
Präsenzstudium	30 hours
Selbststudium	60 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

<b>Inhalte</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ DNA analytics (enzymes / methods / devices)</li> <li>■ Various PCR methods</li> <li>■ DNA Fingerprinting</li> <li>■ Protein analysis (enzymes / methods / devices)</li> <li>■ Antibody based detection systems (ELISA)</li> </ul>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
None
<b>Literatur</b>
Materials are provided via the ILIAS system. An ILIAS page will be created and made available to students before the start of lectures.
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
None
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
None

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Biointerfaces II - Interfaces for Bioanalytical Systems	11LE50MO-5407_1 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Jürgen Rühe	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Chemie und Physik von Grenzflächen	
Fachbereich / Fakultät	
Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
None

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeits-aufwand
Biointerfaces II - Interfaces for Bioanalytical Systems	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2,0	90 hours

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
Biochip technologies play an important role in the miniaturization and parallelization of bioanalytical techniques. They combine microbiological methods with microsystems technology. Students will understand the requirements for integrating modern bioanalytical methods into microsystems. Emphasis will be placed on the design of bioanalytical surfaces and surface architectures, and students will learn how such concepts can be applied to chip-based detection methods.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Written examination (90 minutes)
Zu erbringende Studienleistung
none

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

- M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Biomedical Engineering
- M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Biomedizinische Technik
- M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area: Biomedical Engineering

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Biointerfaces II - Interfaces for Bioanalytical Systems	11LE50MO-5407_1 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Biointerfaces II - Interfaces for Bioanalytical Systems	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5407_1
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Chemie und Physik von Grenzflächen	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 hours
Präsenzstudium	26 hours
Selbststudium	64 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht

Inhalte
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Interaction of surfaces with biological environments</li> <li>■ Design criteria for bioanalytical surfaces and interfaces</li> <li>■ Methods and techniques of biochip fabrication</li> <li>■ Biochips for the analysis of nucleic acids</li> <li>■ Protein biochips</li> <li>■ Complex biochip techniques</li> </ul>
Zu erbringende Prüfungsleistung
see module details
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 laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
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
Arbeitsaufwand	90 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	3,0
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
None

Zugehörige Veranstaltungen						
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeits-aufwand	
Biomedizinische Messtechnik I / Biomedical Instrumentation I - Vorlesung	Vorlesung	Pflicht	3,0	2,0	90 hours	
Biomedizinische Messtechnik I / Biomedical Instrumentation I - Übung	Übung	Pflicht		1,0		

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
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.

Zu erbringende Prüfungsleistung
Oral examination (30 minutes)
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.
Verwendbarkeit des Moduls
Compulsory elective module for students of the study program ■ M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Biomedical Engineering ■ M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Biomedizinische Technik ■ M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area: Biomedical Engineering

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Biomedizinische Messtechnik I / Biomedical Instrumentation I	11LE50MO-5301 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Biomedizinische Messtechnik I / Biomedical Instrumentation I - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5301
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Biomedizinische Mikrotechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 hours
Präsenzstudium	39 hours
Selbststudium	51 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
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:
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Origin of bioelectrical signals</li> <li>■ Electrochemistry of electrodes</li> <li>■ Acute and chronic applications of electrodes</li> <li>■ Recording and amplification of bioelectrical signals</li> <li>■ Interference and artefacts</li> <li>■ Bioelectrical signals of peripheral nerves and the muscle</li> <li>■ Electrical signals of the heart (ECG)</li> <li>■ Cardiac pacemakers and implantable defibrillators</li> <li>■ Technical safety of medical devices</li> </ul>
Finally, the content of the course and the learning targets will be summarized together with the students to facilitate the preparation of the examination.
Zu erbringende Prüfungsleistung
see module details
Zu erbringende Studienleistung
see module details
Literatur
Actual copies of the slides will be delivered accompanying to the lectures. Literature: <b>German</b>

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 laut Prüfungsordnung

None

Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung

None

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Biomedizinische Messtechnik I / Biomedical Instrumentation I	11LE50MO-5301 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Biomedizinische Messtechnik I / Biomedical Instrumentation I - Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5301
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Biomedizinische Mikrotechnik	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	1,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
Zu erbringende Prüfungsleistung
see module details
Zu erbringende Studienleistung
see module details
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
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
Arbeitsaufwand	90 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	3,0
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
None

Zugehörige Veranstaltungen						
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeits-aufwand	
Biomedizinische Messtechnik II / Biomedical Instrumentation II - Vorlesung	Vorlesung	Pflicht	3,0	2,0	90 hours	
Biomedizinische Messtechnik II / Biomedical Instrumentation II - Übung	Übung	Pflicht		1,0		

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
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.
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

Zu erbringende Prüfungsleistung
Oral examination (30 minutes)
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.
Verwendbarkeit des Moduls
Compulsory elective module for students of the study program ■ M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Biomedical Engineering ■ M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Biomedizinische Technik ■ M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area: Biomedical Engineering

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Biomedizinische Messtechnik II / Biomedical Instrumentation II	11LE50MO-5302 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Biomedizinische Messtechnik II / Biomedical Instrumentation II - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5302
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Biomedizinische Mikrotechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 hours
Präsenzstudium	45 hours
Selbststudium	45 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
The course introduces methods to acquire non electrical cardiovascular parameters as well as the most important medical imaging techniques.
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Measurement of cardiovascular parameters: blood pressure, physiology, pressure, measurement according to Riva Rocci &amp; oscillometric</li> <li>■ Measurement of cardiovascular parameters: blood flow, electromagnetic measurement principle</li> <li>■ Measurement of cardiovascular parameters: blood flow, ultrasound measurement principle</li> <li>■ Imaging techniques: x-ray</li> <li>■ Imaging techniques: systems theory of imaging systems, digital signal processing</li> <li>■ Imaging techniques: computer tomography</li> <li>■ Biological effect of ionizing radiation / dosimetry</li> <li>■ Imaging techniques in nuclear medicinal diagnosis</li> <li>■ Imaging techniques: ultrasound</li> <li>■ Imaging techniques: thermography and impedance tomography</li> <li>■ Imaging techniques: electrical sources, optical tomography, endoscopy</li> <li>■ Imaging techniques: MR tomography</li> <li>■ Imaging techniques: molecular imaging</li> </ul>
Finally, the content of the course and the learning targets will be summarized together with the students to facilitate the preparation of the examination.
Zu erbringende Prüfungsleistung
see module details
Zu erbringende Studienleistung
see module details

Literatur
Actual copies of the slides will be delivered accompanying to the lectures.
Literature:
<b>German</b>
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
<b>English</b>
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 laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
None

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Biomedizinische Messtechnik II / Biomedical Instrumentation II	11LE50MO-5302 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Biomedizinische Messtechnik II / Biomedical Instrumentation II - Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5302
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Biomedizinische Mikrotechnik	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	1,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
Zu erbringende Prüfungsleistung
see module details
Zu erbringende Studienleistung
see module details
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
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
Arbeitsaufwand	90 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	4,0
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Successful completion of "Biomedical Instrumentation I" is a prerequisite for attending this module.
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Grundkenntnisse in Mathematik und Naturwissenschaften

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Biomedizinische Messtechnik - Praktikum / Biomedical Instrumentation - Laboratory	Praktikum	Wahlpflicht	3,0	4,0	90 hours

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
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.
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.

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

- M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Biomedical Engineering
- M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Biomedizinische Technik
- M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area: Biomedical Engineering



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Biomedizinische Messtechnik - Praktikum / Biomedical Instrumentation - Laboratory	11LE50MO-5304 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Biomedizinische Messtechnik - Praktikum / Biomedical Instrumentation - Laboratory	
Veranstaltungsart	Nummer
Praktikum	11LE50P-5304
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Biomedizinische Mikrotechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 hours
Präsenzstudium	60 hours
Selbststudium	30 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	4,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Geplante Gruppengröße	15

<b>Inhalte</b>
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.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
see module details
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
Successful completion of "Biomedical Instrumentation I" is a prerequisite for attending this module.
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
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
Arbeitsaufwand	90 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
none
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Kenntnisse aus dem Modul "Sensors" oder "Sensorik/Aktorik"

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
BioMEMS - Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2,0	90 hours

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
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.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Written examination (90 minutes)
Zu erbringende Studienleistung
none

**Verwendbarkeit des Moduls**

Compulsory elective module for students of the study program

- M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Biomedical Engineering
- M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Biomedizinische Technik
- M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area: Biomedical Engineering

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
BioMEMS	11LE50MO-5403 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
BioMEMS - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5403
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Sensoren	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 hours
Präsenzstudium	26
Selbststudium	64
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

<b>Inhalte</b>
Content 1. Introduction 2. Biochemistry and cells 3. Cell culture monitoring 4. Organ-on-chip (OOC) systems 5. Cell mechanics 6. Single cell analysis 7. DNA, RNA and protein analytics on chip 8. Implantable devices, in vivo sensors 9. Wearables 10. Summary
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
none
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
none
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
Knowledge from the module "Sensors" or "Sensors/Acuators"

**Lehrmethoden**

- Lecture (recorded)
- Q&A live sessions
- Surveys (ethics, social impact)
- Design task (cooperative, in a live session)



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Biophysics of cardiac function and signals	11LE50MO-5324 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Peter Kohl Dr. Viviane Timmermann	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Arbeitsaufwand	180 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	4,0
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
none
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Basic interest in biology and computational modeling Knowledge in Python (or equivalent) is beneficial

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeits-aufwand
Biophysics of cardiac function and signals	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	2,0	180 hours
Biophysics of cardiac function and signals - praktische Übung	Übung	Wahlpflicht		2,0	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
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.
Zu erbringende Prüfungsleistung
oral examination (30 minutes)

Zu erbringende Studienleistung

Regelmäßige Teilnahme an der Lehrveranstaltung gemäß §13 (2) der Rahmenprüfungsordnung Master of Science/regular participation according to §13 (2) of the framework examination regulations M.Sc.

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

- M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Biomedical Engineering
- M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Biomedizinische Technik
- M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area: Biomedical Engineering



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

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

Inhalte
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cell membrane and ion channels</li> <li>• Cellular electrophysiology</li> <li>• Conduction of action potentials</li> <li>• Cardiac contraction and electromechanical interactions</li> <li>• Optogenetics in cardiac cells</li> <li>• Image processing and numerical field calculation in the body</li> <li>• Measurement of bioelectrical signals</li> <li>• Electrocardiography</li> <li>• Imaging of bioelectrical sources (ECG imaging)</li> <li>• Biosignal processing</li> </ul>
Zu erbringende Prüfungsleistung
see module details
Zu erbringende Studienleistung
see module details
Literatur
Lecture slides (further literature is included in the slides)
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
none
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
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
<b>Veranstaltung</b>	
Biophysics of cardiac function and signals - praktische Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50prÜ-5324

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
Zu erbringende Prüfungsleistung
see module details
Zu erbringende Studienleistung
none
Literatur
<p>Python implementation of</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hodgkin-Huxley model</li> <li>• Ion channel model adjustment to measurement data</li> <li>• Simulation of cardiac electrophysiology using openCARP</li> <li>• Image processing</li> <li>• ECG signal processing</li> </ul>
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
none

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Biotechnologie für Ingenieurinnen und Ingenieure I: Einführung, Molekular- und Mikrobiologie	11LE50MO-5372 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Felix von Stetten	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Anwendungsentwicklung	
Fachbereich / Fakultät	
Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
No previous knowledge in Biotechnology required
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
No previous knowledge in Biotechnology required

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Biotechnologie für Ingenieurinnen und Ingenieure I: Einführung, Molekular- und Mikrobiologie	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2,0	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
Successful candidates know the spectrum of biotechnology and have an understanding of microbiological and molecular biological principles and methods. They are able to evaluate in which areas of micro- and molecular biology the use of (Micro)systems Engineering enables future improvements.
Zu erbringende Prüfungsleistung
oral examination (duration 30 minutes)
Zu erbringende Studienleistung
none

Verwendbarkeit des Moduls

As compulsory elective in

- M.Sc. Embedded Systems Engineering (ESE) in Microsystems Engineering Concentrations Area: Bio-medical Engineering
- M.Sc. Microsystems Engineering in Microsystems Engineering Concentrations Area: Biomedical Engineering
- M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Biomedizinische Technik

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Biotechnologie für Ingenieurinnen und Ingenieure I: Einführung, Molekular- und Mikrobiologie	11LE50MO-5372 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Biotechnologie für Ingenieurinnen und Ingenieure I: Einführung, Molekular- und Mikrobiologie	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5372 PO 2021
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Anwendungsentwicklung	

ECTS-Punkte	3,0
Präsenzstudium	45
Selbststudium	45
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprachen	deutsch, englisch

<b>Inhalte</b>
- Spectrum of biotechnology - Basics of micro- and molecular biology - Laboratory instrumentation and automation - Microbiological methods - Molecular biological methods - Methods for genome sequencing
Lab course "Biotechnology for Engineers I" - please enrol separately
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
none
<b>Literatur</b>
Supplementary Literature: - Biotechnology for Beginners, Renneberg et al., Spektrum Akademischer Verlag - Pocket Guide to Biotechnology and Genetic Engineering, R.D.Schmid, Wiley-VCH - Color Atlas of Biochemistry, Jan Koolmann et al., Thieme
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
none
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
none

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Biotechnologie für Ingenieurinnen und Ingenieure I - Praktikum: Mikro- und Molekularbiologie	11LE50MO-5373 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Felix von Stetten	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Anwendungsentwicklung	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 Stunden   hours
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	unregelmäßig

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
keine   none
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Participation in the examination of "Biotechnology for Engineers I - Lecture"

Zugehörige Veranstaltungen						
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeits-aufwand	
Biotechnologie für Ingenieurinnen und Ingenieure I - Praktikum: Mikro- und Molekularbiologie	Praktikum	Wahlpflicht	3,0	2,0		

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
Successful candidates are able to independently apply basic laboratory methods in the field of micro- and molecular biology, as well as to perform, report, and discuss their laboratory experiments.
Zu erbringende Prüfungsleistung
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Protokoll/report on the lab excercises (50%)</li> <li>■ mündlicher Vortrag / oral presentation with a duration of 30 minutes (50%)</li> </ul>

Zu erbringende Studienleistung

Durchführung von 10 Versuchen / carrying out of 10 experiments:

1. Presentation of Protocol
2. Pipetting
3. Buffer
4. Microbiological culture
5. Manual DNA-extraction
6. LabDisk DNA-extraction
7. Manual Real-time PCR
8. GeneSlice Real-time PCR
9. Gelelectrophoresis
10. Immunoassay

Verwendbarkeit des Moduls

As compulsory elective in

- M.Sc. Embedded Systems Engineering (ESE) in Microsystems Engineering Concentrations Area: Bio-medical Engineering
- M.Sc. Microsystems Engineering in Microsystems Engineering Concentrations Area: Biomedical Engineering
- M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Biomedizinische Technik



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Biotechnologie für Ingenieurinnen und Ingenieure I - Praktikum: Mikro- und Molekularbiologie	11LE50MO-5373 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Biotechnologie für Ingenieurinnen und Ingenieure I - Praktikum: Mikro- und Molekularbiologie	
Veranstaltungsart	Nummer
Praktikum	11LE50Pr-5373 PO 2021
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Anwendungsentwicklung	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	unregelmäßig
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprachen	deutsch, englisch

<b>Inhalte</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Preparation of nutrient media</li> <li>- Bacterial culture</li> <li>- Determination of bacterial count</li> <li>- DNA extraction from bacteria</li> <li>- DNA quantitation by real-time PCR</li> <li>- Detection of bacteria by Immunoassay</li> <li>- Assay automation by lab-on-a-chip technology</li> </ul> <p>1) The lab course will take place at the end of each semester.      2) Block course of four days      3) Students are required to study the script before the lab course starts.      4) Students are required to prepare a 10 minutes talk about one selected laboratory method      5) Students are required to report the 10 experiments performed as individual laboratory record</p>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
siehe Modulebene
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
siehe Modulebene
<b>Literatur</b>
Script "Lab course Biotechnology for Engineers I" - Felix von Stetten et al. (will be provided on ILIAS)
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
none
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
Participation in the examination of "Biotechnology for Engineers I - Lecture"

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Biotechnologie für Ingenieurinnen und Ingenieure II - Vorlesung UND Exkursion:Bioprozesstechnik, Lebensmittelanalytik und in-vitro Diagnostik	11LE50MO-5383 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Felix von Stetten	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Anwendungsentwicklung	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Arbeitsaufwand	
Semesterwochenstunden (SWS)	4,0
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
none

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeits-aufwand
Biotechnologie für Ingenieurinnen und Ingenieure II - Vorlesung UND Exkursion:Bioprozesstechnik, Lebensmittelanalytik und in-vitro Diagnostik	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	2,0	180 Stunden
Biotechnologie für Ingenieurinnen und Ingenieure II - Vorlesung UND Exkursion:Bioprozesstechnik, Lebensmittelanalytik und in-vitro Diagnostik	Exkursion	Wahlpflicht		2,0	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
<p><b>Lecture:</b>  Successful candidates know the basics of bioprocess engineering which are required for the production of pharmaceutical drugs and fermented foods. They have an understanding of the layout and function of bio-reactors and understand important up- and down-stream processes. Furthermore, the students are familiar with important microbial foodborn and human pathogens and understand how these can be detected by micro- and molecular biological methods such as biochemical tests, PCR or Immunoassays. Students are able to assess in which areas of bioprocess engineering and in-vitro diagnostics the use of (Micro)system Technology enables future improvements.</p>
<p><b>Excursion:</b></p>

After the excursion, candidates have insight into companies in the fields of pharma, in-vitro diagnostics, food-biotechnology and -analytics. They have gained first experience in discussing various biotechnological problems with industry experts on site.

Zu erbringende Prüfungsleistung

Prüfungsgespräch / oral examination (Dauer/duration 30 Minuten)

Zu erbringende Studienleistung

Regelmäßige Teilnahme an der Lehrveranstaltung gemäß §13 (2) der Rahmenprüfungsordnung Master of Science/regular participation according to §13 (2) of the M.Sc. framework examination regulations

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

- M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Biomedical Engineering
- M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Biomedizinische Technik
- M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area: Biomedical Engineering



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Biotechnologie für Ingenieurinnen und Ingenieure II - Vorlesung UND Exkursion:Bioprozesstechnik, Lebensmittelanalytik und in-vitro Diagnostik	11LE50MO-5383 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Biotechnologie für Ingenieurinnen und Ingenieure II - Vorlesung UND Exkursion:Bioprozesstechnik, Lebensmittelanalytik und in-vitro Diagnostik	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5383 PO 2021
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Anwendungsentwicklung	

ECTS-Punkte	6,0
Arbeitsaufwand	180 Stunden
Präsenzstudium	30 Stunden
Selbststudium	118 Studnen
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprachen	deutsch, englisch

Inhalte
Lecture: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bioprocess engineering <ul style="list-style-type: none"> <li>- Layout and function of bioreactors</li> <li>- Measurement technology for bioreactors</li> <li>- Up-stream processing</li> <li>- Fermentation</li> <li>- Down-stream processing</li> </ul> </li> <li>- Food analysis and in-vitro diagnostics <ul style="list-style-type: none"> <li>- Market analysis</li> <li>- Pathogenic microorganisms</li> <li>- Microbiological diagnostics</li> <li>- Immun- and nucleic acid diagnostics</li> <li>- Development of in-vitro diagnostic systems</li> </ul> </li> </ul>
Zu erbringende Prüfungsleistung
siehe Modulebene
Zu erbringende Studienleistung
siehe Modulebene
Literatur
Supplementary English Literature: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Biotechnology for Beginners, Renneberg et al., Spektrum Akademischer Verlag</li> </ul>

- Pocket Guide to Biotechnology and Genetic Engineering, R.D.Schmid, Wiley-VCH

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung

none

Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung

Excursion: Participation in the examination of the lecture "Biotechnology for engineers II"

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Biotechnologie für Ingenieurinnen und Ingenieure II - Vorlesung UND Exkursion:Bioprozesstechnik, Lebensmittelanalytik und in-vitro Diagnostik	11LE50MO-5383 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Biotechnologie für Ingenieurinnen und Ingenieure II - Vorlesung UND Exkursion:Bioprozesstechnik, Lebensmittelanalytik und in-vitro Diagnostik	
Veranstaltungsart	Nummer
Exkursion	11LE50Ü-5383 PO 2021
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Anwendungsentwicklung	

ECTS-Punkte	
Selbststudium	32 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprachen	deutsch, englisch

<b>Inhalte</b>
Excursions to - Pharmaceutical company - In-vitro diagnostics manufacturer - Medical laboratory - Food biotechnology company
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
siehe Modulebene
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
siehe Modulebene
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
none

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Biotechnologie für Ingenieurinnen und Ingenieure II - Vorlesung (ohne Exkursion):Bioprozesstechnik, Lebensmittelanalytik und in-vitro Diagnostik	11LE50MO-5382 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Felix von Stetten	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Anwendungsentwicklung	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
none

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeits-aufwand
Biotechnologie für Ingenieurinnen und Ingenieure II - Vorlesung (ohne Exkursion):Bioprozesstechnik, Lebensmittelanalytik und in-vitro Diagnostik	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2,0	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
Successful candidates know the basics of bioprocess engineering which are required for the production of pharmaceutical drugs and fermented foods. They have an understanding of the layout and function of bio-reactors and understand important up- and down-stream processes. Furthermore, the students are familiar with important microbial foodborn and human pathogens and understand how these can be detected by micro- and molecular biological methods such as biochemical tests, PCR or Immunoassays. Students are able to assess in which areas of bioprocess engineering and in-vitro diagnostics the use of (Micro)system Technology enables future improvements.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Prüfungsgespräch / oral examination (Dauer 30 Minuten/duration 30 minutes)
Zu erbringende Studienleistung
keine

**Verwendbarkeit des Moduls**

Compulsory elective module for students of the study program

- M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Biomedical Engineering
- M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Biomedizinische Technik
- M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area: Biomedical Engineering

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Biotechnologie für Ingenieurinnen und Ingenieure II - Vorlesung (ohne Exkursion): Bioprozesstechnik, Lebensmittelanalytik und in-vitro Diagnostik	11LE50MO-5382 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Biotechnologie für Ingenieurinnen und Ingenieure II - Vorlesung (ohne Exkursion): Bioprozesstechnik, Lebensmittelanalytik und in-vitro Diagnostik	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5382 PO 2021
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Anwendungsentwicklung	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprachen	deutsch, englisch

<b>Inhalte</b>
<p>Bioprocess engineering</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Layout and function of bioreactors</li> <li>- Measurement technology for bioreactors</li> <li>- Up-stream processing</li> <li>- Fermentation</li> <li>- Down-stream processing</li> </ul> <p>Food analysis and in-vitro diagnostics</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Market analysis</li> <li>- Pathogenic microorganisms</li> <li>- Microbiological diagnostics</li> <li>- Immun- and nucleic acid diagnostics</li> <li>- Development of in-vitro diagnostic systems</li> </ul> <p>Biotechnology for Engineers II - excursion (participation in examination is prerequisite for participation in excursion)</p>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
siehe Modulebene
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
keine
<b>Literatur</b>
<p>Supplementary English Literature:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Biotechnology for Beginners, Renneberg et al., Spektrum Akademischer Verlag</li> <li>- Pocket Guide to Biotechnology and Genetic Engineering, R.D.Schmid, Wiley-VCH</li> </ul>
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
none

Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung

none

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Embedded Systems Entrepreneurship (2ES)	11LE13MO-1403_PO 2020
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Oliver Amft	
Veranstalter	
Institut für Informatik Intelligente Eingebettete Systeme	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Arbeitsaufwand	180 Stunden / Hours
Semesterwochenstunden (SWS)	4,0
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	unregelmäßig

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
keine   none
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
keine   none

Zugehörige Veranstaltungen						
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeits-aufwand	
Embedded Systems Entrepreneurship (2ES)	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	1,0	180 Stunden / Hours	
Embedded Systems Entrepreneurship (2ES)	Seminar	Wahlpflicht		1,0		
Embedded Systems Entrepreneurship (2ES)	Übung	Wahlpflicht		2,0		

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
* Conceptualise and design embedded sensor systems along a specific application.
* Develop and demonstrate key components of embedded sensor systems, including signal and pattern analysis and recognition algorithms.
* Develop a basic market analysis and business plan.
* Implement an agile development process.

Zu erbringende Prüfungsleistung
Presentation followed by an oral examination (10 minutes per person, total duration depends on group size)
Zu erbringende Studienleistung
Regular attendance of the course (seminar and exercise) according to §13 (2) of the General Examination Regulations for the Bachelor of Science/Master of Science, as otherwise the required group work and scientific discussion is not possible. Further elements of the course work are the creation of demonstrators or software as well as a written elaboration/protocol.
Verwendbarkeit des Moduls
Compulsory elective module for students of the study program <ul style="list-style-type: none"><li>■ M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Circuits and Systems</li><li>■ M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Schaltungen und Systeme</li><li>■ M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), Concentration Circuits and Systems <b>OR</b> Elective Courses in Computer Science</li><li>■ M.Sc. Informatik / Computer Science (2020) in Spezialvorlesung   Specialization Courses</li></ul> <p>Part of the specialization Artificial Intelligence (AI) in Master of Science Informatik/Computer Science resp. MSc Embedded Systems Engineering <b>and</b> Part of the specialization Cyber-Physical Systems (CPS) in Master of Science Informatik/Computer Science resp. MSc Embedded Systems Engineering</p>



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Embedded Systems Entrepreneurship (2ES)	11LE13MO-1403_PO 2020
<b>Veranstaltung</b>	
Embedded Systems Entrepreneurship (2ES)	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE13V-1403_PO 2020
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Informatik Intelligente Eingebettete Systeme	

ECTS-Punkte	6,0
Arbeitsaufwand	180 Stunden / Hours
Präsenzstudium	16 Stunden / Hours
Selbststudium	116 Stunden / Hours
Semesterwochenstunden (SWS)	1,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	unregelmäßig
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

<b>Inhalte</b>
The course combines technical and business-related lectures on embedded sensor systems with a practical system development project using agile development methods. Students will organise in groups and define together with their advisor(s) goals for the technical development, market analysis, etc. Student groups can enter their projects for an award of the VDE.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
see module details
<b>Literatur</b>
Relevant literature will be provided during the lectures and consultations.
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
None
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
Basic pattern recognition methods; basic programming skills

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Embedded Systems Entrepreneurship (2ES)	11LE13MO-1403_PO 2020
<b>Veranstaltung</b>	
Embedded Systems Entrepreneurship (2ES)	
Veranstaltungsart	Nummer
Seminar	11LE13S-1403_PO 2020
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Informatik Intelligente Eingebettete Systeme	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	1,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	unregelmäßig
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprachen	deutsch, englisch

Inhalte
Zu erbringende Prüfungsleistung
see module details
Zu erbringende Studienleistung
see module details
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
none

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Embedded Systems Entrepreneurship (2ES)	11LE13MO-1403_PO 2020
<b>Veranstaltung</b>	
Embedded Systems Entrepreneurship (2ES)	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE13Ü-1403_PO 2020
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Informatik Intelligente Eingebettete Systeme	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	unregelmäßig
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
Zu erbringende Prüfungsleistung
see module details
Zu erbringende Studienleistung
see module details
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
none

↑

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
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
keine
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Interesse an interdisziplinärer Aufbereitung aktueller Fragestellungen

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Ethische Aspekte der Neurotechnologie / Ethical Aspects of Neurotechnology - Seminar	Seminar	Wahlpflicht	3,0	2,0	90 Stunden

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
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.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Mündliche Abschlussprüfung (30 Minuten)

Zu erbringende Studienleistung
keine
Verwendbarkeit des Moduls
<p>Compulsory elective module for students of the study program</p> <ul style="list-style-type: none"><li>■ M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Biomedical Engineering</li><li>■ M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Biomedizinische Technik</li><li>■ M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area: Biomedical Engineering</li></ul>

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Ethische Aspekte der Neurotechnologie / Ethical Aspects of Neurotechnology	11LE50MO-5320 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Ethische Aspekte der Neurotechnologie / Ethical Aspects of Neurotechnology - Seminar	
Veranstaltungsart	Nummer
Seminar	11LE50S-5320
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Biomikrotechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	deutsch

<b>Inhalte</b>
Interdisziplinäres Seminar zu ethischen und philosophischen Aspekten der Neurotechnologie.
Folgende Themenbereiche werden jeweils unter ethischen, neurowissenschaftlichen bzw. ingenieurwissenschaftlichen Gesichtspunkten bearbeitet:
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ethik der Neurowissenschaften als aktuelles Gebiet der Philosophie</li> <li>2. Identität, Person und Persönlichkeit als Grundbegriffe der Ethik der Neurowissenschaften</li> <li>3. Spezifische philosophische und ethische Aspekte folgender Anwendungsfelder: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Invasive und nicht-invasive Gehirn-Maschine-Schnittstellen</li> <li>- Neuroimaging- Emotionale Integration neuronaler Prothesen</li> <li>- Tiefe Hirnstimulation</li> <li>- Optogenetische Interaktion</li> <li>- Neuro-Enhancement</li> <li>- Zukunftstechnologien und deren Einsatz</li> </ul> </li> </ol>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
siehe Modulebene
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
keine
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
keine
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
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
Arbeitsaufwand	90 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
None

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeits-aufwand
Grundlagen der Elektrostimulation / Fundamentals of electrical stimulation - Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2,0	90 hours

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
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.
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.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Oral exam (30 minutes)
Zu erbringende Studienleistung
none

**Verwendbarkeit des Moduls**

Compulsory elective module for students of the study program

- M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Biomedical Engineering
- M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Biomedizinische Technik
- M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area: Biomedical Engineering

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Grundlagen der Elektrostimulation / Fundamentals of electrical stimulation	11LE50MO-5306 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Grundlagen der Elektrostimulation / Fundamentals of electrical stimulation - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5306

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 hours
Präsenzstudium	30 hours
Selbststudium	60 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
<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 applicationsFinally, 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
see module details
Zu erbringende Studienleistung
None
Literatur
<p>A script will be provided to accompany the lecture and will be updated regularly.</p> <p>Further reading material:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Horch, K.W., Dhillon, G.S. (Hrsg.): Neuroprosthetics – Theory and Practice. (Series on Bioengineering &amp; Biomedical Engineering – Vol. 2)</li> <li>■ River Edge: World Scientific Computing, 2004</li> </ul>

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
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
Arbeitsaufwand	180 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	4,0
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
None

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeits-aufwand
Introduction to data driven life sciences	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	2,0	180 hours
Introduction to data driven life sciences	Übung	Wahlpflicht		2,0	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
- 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
Zu erbringende Prüfungsleistung
Written exam (120 minutes).
Zu erbringende Studienleistung
none

**Verwendbarkeit des Moduls**

Compulsory elective module for students of the study program

- M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Biomedical Engineering
- M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Biomedizinische Technik
- M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area: Biomedical Engineering

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Introduction to data driven life sciences	11LE13MO-1335 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Introduction to data driven life sciences	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE13V-1335
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Informatik Bioinformatik	

ECTS-Punkte	6,0
Arbeitsaufwand	180 hours
Präsenzstudium	30 hours
Selbststudium	120 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

<b>Inhalte</b>
In biological and medical research big data analysis is urgently needed for understandig 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.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
see module details
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
None
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
None
<b>Bemerkung / Empfehlung</b>
<p><b>Important note:</b>  This module is available as both</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ a specialization lecture in Computer Science (with a graded assessment / Prüfungsleistung)</li> <li>■ as a course in the application area Applied Bioinformatics (as pass/fail course / Studienleistung)</li> </ul> <p>Take care during the booking process, as that will define the category in which the course is considered.  <b>You can't change the category afterwards!</b>  So, you can't change it from PL to SL or vice versa.</p>

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Introduction to data driven life sciences	11LE13MO-1335 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Introduction to data driven life sciences	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE13Ü-1335
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Informatik Bioinformatik	

ECTS-Punkte	
Präsenzstudium	30 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
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 module level
Zu erbringende Studienleistung
See module level
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
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
Arbeitsaufwand	90 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
None

Zugehörige Veranstaltungen						
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeits-aufwand	
Introduction to physiological control systems	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	1,0	90 hours	
Introduction to physiological control systems	Übung	Wahlpflicht		1,0		

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
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.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Written examination (90 minutes)
Zu erbringende Studienleistung
none

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

- M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Biomedical Engineering
- M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Biomedizinische Technik
- M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area: Biomedical Engineering

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Introduction to physiological control systems	11LE50MO-5258 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Introduction to physiological control systems	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5258
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Biomedizinische Mikrotechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 hours
Präsenzstudium	26 hours
Selbststudium	64 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	1,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

<b>Inhalte</b>
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.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
None
<b>Literatur</b>
1. M. Khoo. Physiological control systems: analysis, simulation, and estimation. IEEE Series in Biomedical Engineering, 1999, NY. 2. A. Guyton and J. Hall, Textbook of Medical Physiology, Elsevier, 2006. 3. Current scientific literature.
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
None
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
None

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Introduction to physiological control systems	11LE50MO-5258 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Introduction to physiological control systems	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5258
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Biomedizinische Mikrotechnik	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	1,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
Zu erbringende Prüfungsleistung
See module details
Zu erbringende Studienleistung
None
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
None

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Machine Learning	11LE13MO-1153 PO 2021
Verantwortliche/r	
JProf. Dr. Joschka Bödecker Prof. Dr. Frank Roman Hutter Dr. Michael Willi Tangermann	
Veranstalter	
Institut für Informatik Neurorobotik Institut für Informatik Maschinelles Lernen	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Arbeitsaufwand	180 Stunden   hours
Semesterwochenstunden (SWS)	4,0
Mögliche Fachsemester	1
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
keine   none
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
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	Arbeitsaufwand	
Machine Learning	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	3,0	180 Stunden   hours	
Machine Learning	Übung	Wahlpflicht		1,0		

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
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.

#### Zu erbringende Prüfungsleistung

Usually a written exam (duration of 90 to 180 minutes)

If the number of participants is small, an oral examination (with a duration of 35 minutes) may be held instead. The students will be informed in good time.

#### Zu erbringende Studienleistung

To prepare for the exam, there can be a mock exam (written or oral).

#### Verwendbarkeit des Moduls

##### Wahlpflichtmodul für Studierende des Studiengangs

- B.Sc. in Embedded Systems Engineering (PO 2018) im Bereich Informatik
- B.Sc. in Informatik (PO 2018)
- polyvalenter 2-Hauptfächer-Bachelor Informatik (PO 2018)
- M.Ed. Informatik (PO 2018)
- Master of Education Erweiterungsfach Informatik (PO 2021)

Compulsory elective module for students of the study program

- M.Sc. Informatik / Computer Science (2020) in Weiterführende Vorlesung | Advanced Lectures
- M.Sc. Embedded Systems Engineering (ESE) (2021) in Essential Lectures in Computer Science
- Students of the M.Sc. programs Microsystems Engg. and Mikrosystemtechnik (PO 2021) can select this module in the concentration area Biomedical Engineering (Biomedizinische Technik).

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
Machine Learning	11LE13MO-1153 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Machine Learning	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE13V-1153
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Informatik Maschinelles Lernen	

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

<b>Inhalte</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Applications / typical problems dealt with by machine learning</li> <li>■ basic data analysis pipeline (from data recording to output shaping)</li> <li>■ software libraries</li> <li>■ linear methods (e.g. LDA, logistic regression, ICA, PCA, OLSR) for dimensionality reduction, classification, regression and blind source separation</li> <li>■ non-linear methods (e.g. support vector machines, kernel PCA, decision trees / random forests, neural networks) for classification and regression</li> <li>■ unsupervised clustering (e.g. k-means, DBSCAN)</li> <li>■ 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)</li> </ul>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
Siehe Modulebene   See module level
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
Siehe Modulebene   See module level
<b>Literatur</b>
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

In addition, literature for every section of the course is announced during these sections.

#### Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung

keine | none

#### Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung

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.

#### Lehrmethoden

##### For in-class lectures:

Despite the large lecture rooms, a teacher-centered style shall be enriched as much as possible by measures like:

- 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.

##### For virtual lectures:

- 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.



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Machine Learning	11LE13MO-1153 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Machine Learning	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE13Ü-1153
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Informatik Maschinelles Lernen	

ECTS-Punkte	
Präsenzstudium	15 Stunden   hours
Semesterwochenstunden (SWS)	1,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

<b>Inhalte</b>
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.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
Siehe Modulebene   See module level
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
Siehe Modulebene   See module level
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
none
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
none

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Maschinelles Lernen in den Lebenswissenschaften / Machine Learning in Life Science	11LE13MO-1112 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Rolf Backofen	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Arbeitsaufwand	180 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	4,0
Mögliche Fachsemester	
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	in jedem Semester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
none
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Knowledge in Machine Learning and Bioinformatics, basic knowledge in Molecular biology

Zugehörige Veranstaltungen						
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeits-aufwand	
Maschinelles Lernen in den Lebenswissenschaften / Machine Learning in Life Science	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	2,0	180 Stunden   hours	
Maschinelles Lernen in den Lebenswissenschaften / Machine Learning in Life Science	Übung	Wahlpflicht		2,0		

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
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.

Zu erbringende Prüfungsleistung
Klausur (i.d.R. 90 bis 180 Minuten)   Written exam (usually 90 to 180 minutes)
Wenn die Teilnehmerzahl gering ist (< 20), kann stattdessen eine mündliche Prüfung durchgeführt werden. Die Studierenden werden rechtzeitig informiert.   If the number of participants is small (< 20), an oral examination may be held instead. The students will be informed in good time.
Zu erbringende Studienleistung
keine   none
Verwendbarkeit des Moduls
Compulsory elective module for students of the study program ■ M.Sc. Informatik / Computer Science (2020) in Spezialvorlesung   Specialization Courses ■ M.Sc. Embedded Systems Engineering (ESE) (2021) in Elective Courses in Computer Science  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 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Maschinelles Lernen in den Lebenswissenschaften / Machine Learning in Life Science	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE13V-1112
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Informatik Bioinformatik	

ECTS-Punkte	6,0
Arbeitsaufwand	180 Stunden   hours
Präsenzstudium	30 Stunden
Selbststudium	120 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

<b>Inhalte</b>
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.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
Siehe Modulebene   See module level
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
Siehe Modulebene   See module level
<b>Literatur</b>
<p>The course material is based on influential publications both in the Machine Learning and/or Bioinformatics literature:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ P Baldi, S Brunak, Y Chauvin, C.A.F Andersen, H Nielsen, Assessing the accuracy of prediction algorithms for classification: an overview, <i>Bioinformatics</i> 2000</li> <li>■ T Fawcett, An introduction to ROC analysis, <i>Pattern Recognition Letters</i> 2006</li> <li>■ T Dietterich, Approximate statistical tests for comparing supervised classification learning algorithms, <i>Neural Computation</i> 1998</li> <li>■ D Jiang, C Tang, A Zhang, Cluster analysis for gene expression data: A survey, <i>IEEE transactions on knowledge and data engineering</i> 2004</li> <li>■ S.C Madeira, A.L Oliveira, Bioclustering algorithms for biological data analysis: a survey, <i>IEEE Transactions on computational Biology and Bioinformatics</i> 2004</li> <li>■ A Krause, J Stoye, Large scale hierarchical clustering of protein sequences, <i>BMC bioinformatics</i> 2005</li> </ul>

- 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 laut Prüfungsordnung

none

Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung

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 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Maschinelles Lernen in den Lebenswissenschaften / Machine Learning in Life Science	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE13Ü-1112
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Informatik Bioinformatik	

ECTS-Punkte	
Präsenzstudium	30 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
In the exercises, students will learn through example scenarios to apply the principles and methods from the lectures.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Siehe Modulebene   See module level
Zu erbringende Studienleistung
Siehe Modulebene   See module level
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
keine none

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Messung und Auswertung elektrophysiologischer Signale	11LE50MO-5325 PO 2021
Verantwortliche/r	
PD Dr. Matthias Dömpelmann	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Knowledge in digital signal processing Programming skills in languages like Python

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Messung und Auswertung elektrophysiologischer Signale	Praktikum	Wahlpflicht	3,0	2,0	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
1. Components of equipment for electrophysiological measurements
2. Experience in performing measurements of electrophysiological signals
3. Knowledge about potential noise sources and strategies for their mitigation
4. Experience in cognitive experiments in parallel to electrophysiological measurements
5. Knowledge in methods for signal analysis in time and frequency domain.

Zu erbringende Prüfungsleistung

Benotete Protokolle: Neben der Durchführung von Versuchen werden aufgenommene Signale und Signale aus Datenbanken von den Studierenden analysiert (z.B. mit Hilfe von Python / Erstellung von Software). Die Note der PL ergibt sich aus dem gewichteten arithmetischen Mittel der einzelnen Protokollbewertungen.

Graded protocols: In addition to conducting experiments, recorded signals and signals from databases are analyzed by the students (e.g. using Python / creating software). The final grade is calculated according to the weighed arithmetic mean of the individual protocol grades.

Zu erbringende Studienleistung

Durchführung von Versuchen / Carrying out of experiments

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Messung und Auswertung elektrophysiologischer Signale	11LE50MO-5325 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Messung und Auswertung elektrophysiologischer Signale	
Veranstaltungsart	Nummer
Praktikum	11LE50P-5325 PO 2021
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprachen	deutsch, englisch

<b>Inhalte</b>
1. Components of equipment for electrophysiological measurements
2. Measurement of the electrocardiogram (ECG)
3. Measurement of the photoplethysmogram as a proxy of the ECG
4. Measurement of the electroencephalogram (EEG)
5. Signal analysis of the ECG and EEG in time and frequency domain
6. Components of systems for cognitive experiments
7. Realization of a cognitive experiments while measuring the electroencephalogram
8. EEG signal analysis of cognitive experiments
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
see module details
<b>Literatur</b>
<p>In Englisch:</p> <p>Cohen: Analyzing Neural Time Series Data: Theory and Practice</p> <p>Smith: The scientist and engineer's guide to digital signal processing</p> <p>Niedermeyer, Lopes da Silva: Electroencephalography: basic principles, clinical applications, and related fields</p> <p>In Deutsch:</p> <p>Openheim, Schafer: Zeitdiskrete Signalverarbeitung</p> <p>BErnhard, Brening, Witte: Biosignalverarbeitung: Grundlagen und Anwendungen mit MATLAB</p>

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Knowledge in digital signal processing Programming skills in languages like Python

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Mikrofluidik II: Miniaturisieren, Automatisieren, und Parallelisieren biochemischer Analyseverfahren: Von der Idee zum Produkt / Microfluidics II: Minaturize, 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
Arbeitsaufwand	180 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	4,0
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
none
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Basics in microfluidics, e.g. "Microfluidics I"

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Mikrofluidik II: Miniaturisieren, Automatisieren, und Parallelisieren biochemischer Analyseverfahren: Von der Idee zum Produkt / Microfluidics II: Minaturize, automate and parallelize biochemical analysis: From idea to product launch	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	2,0	180 hours
Mikrofluidik II: Miniaturisieren, Automatisieren, und Parallelisieren biochemischer Analyseverfahren: Von der Idee zum Produkt / Microfluidics II: Minaturize, automate and parallelize biochemical analysis: From idea to product launch	Übung	Wahlpflicht		2,0	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
Qualified microfluidic engineer with sound knowledge on microfluidic Design, manufacturing of microfluidic cartridges, and the use of microfluidic technologies in clinical settings.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Usually a written exam (duration of 90 to 180 minutes)
If the number of participants is small, an oral examination (with a duration of 35 minutes) may be held instead. The students will be informed in good time.
Zu erbringende Studienleistung
none
Verwendbarkeit des Moduls
Compulsory elective module for students of the study program ■ M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Biomedical Engineering ■ M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Biomedizinische Technik ■ M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area: Biomedical Engineering

↑

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
<b>Veranstaltung</b>	
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
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Anwendungsentwicklung	

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

<b>Inhalte</b>
Content: 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. 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.
Zu erbringende Prüfungsleistung
see module details
Zu erbringende Studienleistung
none
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
none

Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung

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
<b>Veranstaltung</b>	
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
<b>Veranstalter</b>	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik Anwendungsentwicklung	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
Zu erbringende Prüfungsleistung
see module details
Zu erbringende Studienleistung
none
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
none
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
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
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
keine
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Grundlegende physikalische Kenntnisse

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Mikrosystemtechnik in der Medizin / Microsystems technology in Medicine - Seminar	Seminar	Wahlpflicht	3,0	2,0	90 Stunden

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
Wichtige Anwendungen der Mikrosystemtechnik in der Medizin beschreiben können:
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Computergestützte Bildanalyse</li> <li>■ Patch-Clamp Verfahren</li> <li>■ Klinische Anwendung beim Mammakarzinom</li> <li>■ Cochlea-Implantat</li> <li>■ Sehprothesen</li> <li>■ Diagnostik und Therapie von Herzrhythmusstörungen</li> <li>■ Volumetrische Bildgebung in der Radiologie</li> </ul>
Zu erbringende Prüfungsleistung
Schriftliche Abschlussprüfung (Klausur, 90 Minuten)
Zu erbringende Studienleistung
keine

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

- M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Biomedical Engineering
- M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Biomedizinische Technik
- M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area: Biomedical Engineering

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Mikrosystemtechnik in der Medizin / Microsystems technology in Medicine	11LE50MO-5307 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Mikrosystemtechnik in der Medizin / Microsystems technology in Medicine - Seminar	
Veranstaltungsart	Nummer
Seminar	11LE50V-5307

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Präsenzstudium	26
Selbststudium	64
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	4
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	deutsch

Inhalte
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
see module details
Zu erbringende Studienleistung
keine
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
keine
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
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	
Fachbereich / Fakultät	
Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
keine
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
keine

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeits-aufwand
Nanobiotechnologie / Nanobiotechnology	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2,0	90 Stunden

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
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 kleinsten biologischen Organismen von entscheidender Bedeutung sind. Ihre Fachkompetenz erstreckt sich bis zur Kombination von organischen und anorganischen Mikro- und Nanosystemen z.B. zur Realisierung kleinsten Antriebssysteme.
Students will be able to understand the functioning of organic micro- and nanosystems. These include, for example, hair cells, motor proteins, organic nanomotors and ion channels. Students will have expertise in the description and analysis of organic nanostructures that are critical to the function of minute biological organisms. Their expertise extends to the combination of organic and inorganic micro- and nanosystems, e.g., for the realization of very small drive systems.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Mündliche Abschlussprüfung mit einer Dauer von 30 Minuten

Zu erbringende Studienleistung
keine
Verwendbarkeit des Moduls
Compulsory elective module for students of the study program ■ M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Biomedical Engineering ■ M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Biomedizinische Technik ■ M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area: Biomedical Engineering

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Nanobiotechnologie / Nanobiotechnology	11LE50MO-5308 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Nanobiotechnologie / Nanobiotechnology	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5308
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Verbindungshalbleiter	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Präsenzstudium	26 Stunden
Selbststudium	64 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	deutsch

<b>Inhalte</b>
Zu den Themen der Nanobiotechnologie gehört die Diskussion von organischen Nanosystemen in der menschlichen Wahrnehmung, die Erklärung des Handlings und Charakterisierung 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.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
siehe Modulebene
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
keine
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Biochemie, J.M. Berg, J.L. Tymoczko, L. Stryer, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg 2003</li> <li>■ Physiologie des Menschen, R.F. Schmidt, F. Lang, G. Thews, Springer Medizin Verlag Heidelberg 2005</li> </ul>
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
keine
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
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
Arbeitsaufwand	90 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	4,0
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
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	Arbeits-aufwand
Neurophysiologie - Praktikum / Neurophysiology - Laboratory	Praktikum	Wahlpflicht	3,0	4,0	90 hours

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
Participants will gain first hand experiences into neuroscientific and electrophysiologically verifiable paradigms to natural signal processing in the rat brain <i>in vivo</i> . 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. Signal processing methods will be presented and for later use in exercises substantiated. Participants will learn a respectful and honorable handling of living beings, even if they are „only“ lab rats. 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.
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
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 des Moduls
Compulsory elective module for students of the study program ■ M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Biomedical Engineering ■ M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Biomedizinische Technik ■ M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area: Biomedical Engineering

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Neurophysiologie - Praktikum / Neurophysiology - Laboratory	11LE50MO-5316 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Neurophysiologie - Praktikum / Neurophysiology - Laboratory	
Veranstaltungsart	Nummer
Praktikum	11LE50P-5316

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	4,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht

<b>Inhalte</b>
Students will in three neurophysiological paradigms (two acute, one freely behaving) under experienced supervision participate. 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. Signal processing methods will be presented and for later use in exercises substantiated. They will gain hands on experience with in vivo animal electrophysiology with micro devices and collect data for subsequent home based analysis. Their analysis results will be presented as final teaching experience.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
None
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Windhorst, U. and H. Johansson (1999). <i>Modern Techniques in Neuroscience Research</i>. Berlin, Springer.</li> <li>■ Kandel, E. R., J. H. Schwartz and T. M. Jessel (1991). <i>Principles of neural science</i>. London, Prentice-Hall.</li> <li>■ D Nicolelis, M. A. L., Ed. (1999). <i>Methods for Neural Ensemble Recordings</i>. CRC Methods in Neuroscience. Boca Raton, FL, CRC Press.</li> <li>■ diverse journal papers like:           <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Wilson, M. A. and B. L. McNaughton (1994). "Reactivation of Hippocampal ensemble memories during sleep." <i>Science</i> 265: 676-682.</li> <li>■ Wilson, M. A. and B. L. McNaughton (1993). "Dynamics of the hippocampal ensemble code for space." <i>Science</i> 261: 1055-1058.</li> </ul> </li> </ul>
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
None
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
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
Arbeitsaufwand	90 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	3,0
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
High school level knowledge in mathematics and natural sciences

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeits-aufwand
Neuroprothetik / Neuroprosthetics - Seminar	Seminar	Wahlpflicht	3,0	3,0	90 hours

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
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. 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. 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. The module aims at active involvement by independent webbased information acquisition, oral presentation of findings and internet based reporting.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Written documentation in the form of a short scientific paper (5-10 pages) and oral presentation. The module grade is based on the written documentation (50%) and the oral presentation (50%).
Zu erbringende Studienleistung
none

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

- M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Biomedical Engineering
- M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Biomedizinische Technik
- M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area: Biomedical Engineering

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Neuroprothetik / Neuroprosthetics	11LE50MO-5318 PO 2021
Veranstaltung	
Neuroprothetik / Neuroprosthetics - Seminar	
Veranstaltungsart	Nummer
Seminar	04LE50V-5318

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 hours
Präsenzstudium	39 hours
Selbststudium	51 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	3,0
Mögliche Fachsemester	5
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
<p>Introductory lessons contain:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Basic concepts of neuroscience</li> <li>■ Interfacing the nervous system</li> <li>■ Modelling approaches for CNS applications</li> <li>■ Neuroethical aspects</li> </ul> <p>Student covered topics will contain:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Cochlea Implant - Deafness</li> <li>■ Retina Implant - Blindness</li> <li>■ Deep Brain Stimulation - Parkinson's Disease</li> <li>■ Spinal Cord Stimulation - Chronic Pain Syndrome</li> <li>■ Vagal Nerve Stimulation - Epilepsy</li> <li>■ Functional Electrical Stimulation - Drop Foot Syndrome</li> <li>■ Human Machine Interfacing - BCI and BMI</li> <li>■ Foreign Body Reaction</li> </ul>
Zu erbringende Prüfungsleistung
see module details
Zu erbringende Studienleistung
None
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Farina, D., Jensen, W., Akay, M., Eds. (2013). INTRODUCTION TO NEURAL ENGINEERING FOR MOTOR REHABILITATION, IEEE</li> <li>■ Dagnelie, G., Ed. (2011). Visual Prosthetics: Physiology, Bioengineering, Rehabilitation: Physiology, Bioengineering and Rehabilitation, Springer</li> <li>■ DiLorenzo, D. J. and J. D. Bronzino, Eds. (2008). Neuroengineering Boca Raton, CRC Press</li> <li>■ Akay, M. (2007). Handbook of Neural Engineering, IEEE Press, Wiley</li> </ul>

- |  |
|--|
| ■ 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 laut Prüfungsordnung
---

None
------

Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
---

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
Arbeitsaufwand	90 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	3,0
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
None

Zugehörige Veranstaltungen						
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeits-aufwand	
Neurowissenschaften für Ingenieure / Neuroscience for Engineers - Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2,0	90 hours	
Neurowissenschaften für Ingenieure / Neuroscience for Engineers - Übung	Übung	Wahlpflicht		1,0		

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
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.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Written exam (90 min.)
Zu erbringende Studienleistung
none

<b>Bemerkung / Empfehlung</b>
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.
<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>
<p>Wahlpflichtmodul für Studierende des Studiengangs</p> <ul style="list-style-type: none"><li>■ Bachelor of Science in Mikrosystemtechnik (PO 2018), Wahlpflichtbereich, Bereich Mikrosystemtechik</li></ul> <p>Compulsory elective module for students of the study program</p> <ul style="list-style-type: none"><li>■ Master of Science in Microsystems Engineering (PO 2021), concentration area Biomedical Engineering</li><li>■ Master of Science in Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Biomedizinische Technik</li><li>■ Master of Science in Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area: Biomedical Engineering</li></ul>



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Neurowissenschaften für Ingenieure / Neuroscience for Engineers	11LE50MO-5319 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Neurowissenschaften für Ingenieure / Neuroscience for Engineers - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5319
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Biomikrotechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 hours
Präsenzstudium	39 hours
Selbststudium	51 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
The lecture series conveys the foundations of various neuroscientific processes, structures and measuring techniques.
We emphasize processes that
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ influence the generation and properties of signals measurable with neuronal systems,</li> <li>■ influence the usability of MST components, such as sensors and implants,</li> <li>■ are relevant for typical fields of application of MST components, e.g. implantable sensors, prostheses, neurotechnology, etc..</li> </ul>
In the course of the lectures we will present and overview of central neuroscientific concepts, tools and applications
Main topics are:
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Structure of the nervous systems</li> <li>■ Biophysics of electrical potentials</li> <li>■ Neuronal networks and their signals</li> <li>■ Sensory systems</li> <li>■ Foundations of learning and memory</li> <li>■ Interaction with neuronal networks</li> </ul>
Zu erbringende Prüfungsleistung
see module details
Zu erbringende Studienleistung
none

Literatur
Literature will be presented during the lecture
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
None

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Neurowissenschaften für Ingenieure / Neuroscience for Engineers	11LE50MO-5319 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Neurowissenschaften für Ingenieure / Neuroscience for Engineers - Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5319
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Biomikrotechnik	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	1,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
Zu erbringende Prüfungsleistung
see lecture
Zu erbringende Studienleistung
None
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
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
Arbeitsaufwand	90 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
None

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Signalverarbeitung und Analyse von Gehirnsignalen / Signal processing and analysis in brain signals - Vorlesung	Vorlesung	Pflicht	3,0	2,0	90 hours

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
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). 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.
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.

Zu erbringende Prüfungsleistung
Oral exam (30 minutes)
Zu erbringende Studienleistung
none
Verwendbarkeit des Moduls
<p>Compulsory elective module for students of the study program</p> <ul style="list-style-type: none"><li>■ M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Biomedical Engineering</li><li>■ M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Biomedizinische Technik</li><li>■ M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area: Biomedical Engineering</li></ul>

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Signalverarbeitung und Analyse von Gehirnsignalen / Signal processing and analysis in brain signals	11LE50MO-5312 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Signalverarbeitung und Analyse von Gehirnsignalen / Signal processing and analysis in brain signals - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5312
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Biomedizinische Mikrotechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 hours
Präsenzstudium	26 hours
Selbststudium	64 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
<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.</p> <p>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> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Heuristics</li> <li>b) Template matching</li> <li>c) Wavelet transformation</li> <li>d) Hilbert transformation</li> <li>e) Background and target modelling</li> <li>f) Artificial neural networks</li> </ul> <p>A second focus of the module is related to the localization of generators of neuronal activity based on EEG and MEG measurements.</p>

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

see module details

Zu erbringende Studienleistung

None

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung

None

Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung

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
Arbeitsaufwand	90 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
none
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Advanced Silicon Technologies for MEMS and IC

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeits-aufwand
Siliziumbasierte Neurosonden / Silicon-based Neural Technology	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2,0	90 hours

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
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.
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)

**Verwendbarkeit des Moduls**

Compulsory elective module for students of the study program

- M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Biomedical Engineering
- M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Biomedizinische Technik
- M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area: Biomedical Engineering

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Siliziumbasierte Neurosonden / Silicon-based Neural Technology	11LE50MO-5116 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Siliziumbasierte Neurosonden / Silicon-based Neural Technology	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5116
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Materialien der Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 hours
Präsenzstudium	30
Selbststudium	60
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	5
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

<b>Inhalte</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Introduction - Basic requirements in neuroscience</li> <li>■ Electrical probes</li> <li>■ Fluidic probes</li> <li>■ Optical probes</li> <li>■ Chemotrodes</li> <li>■ IC Technologies for Signal Amplification and Processing</li> <li>■ Packaging and interconnection technologies</li> </ul>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
see module details
<b>Literatur</b>
current conference and journal articles
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
none
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
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
Arbeitsaufwand	90 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	3,0
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
None

Zugehörige Veranstaltungen						
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeits-aufwand	
Technologien der Implantatfertigung / Implant Manufacturing Technologies - Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2,0	90 hours	
Technologien der Implantatfertigung / Implant Manufacturing Technologies - Übung	Übung	Wahlpflicht		1,0		

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
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. 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.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Written examination (90 minutes)

Zu erbringende Studienleistung
none
Verwendbarkeit des Moduls
<p>Compulsory elective module for students of the study program</p> <ul style="list-style-type: none"><li>■ M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Biomedical Engineering</li><li>■ M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Biomedizinische Technik</li><li>■ M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area: Biomedical Engineering</li></ul>

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Technologien der Implantatfertigung / Implant Manufacturing Technologies	11LE50MO-5313 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Technologien der Implantatfertigung / Implant Manufacturing Technologies - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5313
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Biomedizinische Mikrotechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 hours
Präsenzstudium	45 hours
Selbststudium	45 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
<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"> <li>■ Overview of active implants &amp; neuroprostheses in clinical and research settings.</li> <li>■ Definitions and classification of electrically active implants</li> <li>■ Biocompatibility testing and biostability (corrosion and degradation)</li> <li>■ Electrodes</li> <li>■ Design of electrically active implants (components, interfaces)</li> <li>■ Silicone as material for encapsulation</li> <li>■ Materials for hermetically sealed housings</li> <li>■ Connections and joining techniques</li> <li>■ Requirements for implant development and production (risk management, FMEA, production rooms, documentation)</li> <li>■ Thin-film technology in implant development</li> <li>■ Manufacturing of microimplants using the example of a BION</li> </ul> <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
see module details
Zu erbringende Studienleistung
None

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
None

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Technologien der Implantatfertigung / Implant Manufacturing Technologies	11LE50MO-5313 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Technologien der Implantatfertigung / Implant Manufacturing Technologies - Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5313
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Biomedizinische Mikrotechnik	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	1,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
Zu erbringende Prüfungsleistung
see module details
Zu erbringende Studienleistung
none
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
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
Arbeitsaufwand	90 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	4,0
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Successful completion of the module "Technologien der Implantatfertigung / Implant manufacturing technologies".
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Basic knowledge in mathematics and sciences.

Zugehörige Veranstaltungen
Name Art P/WP ECTS SWS Arbeits-aufwand
Technologien der Implantatfertigung - Praktikum / Implant Manufacturing Laboratory Praktikum Wahlpflicht 3,0 4,0 90 hours

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
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.
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.

**Verwendbarkeit des Moduls**

Compulsory elective module for students of the study program

- M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Biomedical Engineering
- M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Biomedizinische Technik
- M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area: Biomedical Engineering

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Technologien der Implantatfertigung - Praktikum / Implant Manufacturing Technologies - Laboratory	11LE50MO-5314 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Technologien der Implantatfertigung - Praktikum / Implant Manufacturing Laboratory	
Veranstaltungsart	Nummer
Praktikum	11LE50P-5314
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Biomedizinische Mikrotechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 hours
Präsenzstudium	52 hours
Selbststudium	38 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	4,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

<b>Inhalte</b>
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:
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Laser marking and cutting</li> <li>■ Screen printing</li> <li>■ Hybrid implant assembly</li> <li>■ Design of printed circuit boards</li> <li>■ Development and etching of printed circuit boards</li> <li>■ Cleansing and cleaning of substrates</li> <li>■ Silicone encapsulation or electronic circuits</li> <li>■ Packaging and sterilization</li> <li>■ Technical implant function test</li> </ul>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
see module details
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
Successful completion of the module "Technologien der Implantatfertigung / Implant manufacturing technologies".
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
Basic knowledge in mathematics and sciences.

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Wearable and Implantable Computing (WIC)	11E13MO-1402_PO 2020
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Oliver Amft	
Veranstalter	
Institut für Informatik Intelligente Eingebettete Systeme	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Arbeitsaufwand	180 Stunden   hours
Präsenzstudium	32 Stunden / Hours
Selbststudium	116 Stunden / Hours
Semesterwochenstunden (SWS)	4,0
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
keine   none
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Basic timeseries analysis methods, basic programming skills, coding in Python

Zugehörige Veranstaltungen						
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand	
Wearable and Implantable Computing (WIC)	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	2,0	180 Stunden / Hours	
Wearable and Implantable Computing (WIC)	Übung	Wahlpflicht		2,0		

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
Students are able to
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Understand design concepts and apply/analyse wearable and implantable system design methods.</li> <li>■ Analyse physical principles, select and optimise on-body energy harvesting and power management techniques.</li> <li>■ Create context recognition and energy-efficient pattern analysis pipelines using sparse sampling and pattern processing methods.</li> <li>■ Build wearable system prototypes and apply system evaluation methods, including design for biocompatibility.</li> </ul>

Zu erbringende Prüfungsleistung
mündliche Prüfung (i.d.R. 30 oder 45 Minuten)   Oral exam (usually 30 or 45 minutes)
If there are too many students for a reasonably organized oral exam, it will be held as a written exam instead, announced well in advance.
Zu erbringende Studienleistung
Durchführung von Versuchen und Ergebnisprotokoll   Execution of experiments and written report of results
Verwendbarkeit des Moduls
<p>Compulsory elective module for students of the study program</p> <ul style="list-style-type: none"><li>■ M.Sc. Informatik / Computer Science (2020) in Spezialvorlesung   Specialization Courses</li><li>■ M.Sc. Embedded Systems Engineering (ESE) (2021) in Elective Courses in Computer Science <b>OR</b> in Microsystems Engineering Concentrations Area Circuits and Systems/Biomedical Engineering</li><li>■ M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Circuits and Systems/Biomedical Engineering</li><li>■ M.Sc.Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Schaltungen und Systeme/Biomedizinische Technik</li></ul> <p>Part of the specialization Artificial Intelligence (AI) in Master of Science Informatik/Computer Science resp. MSc Embedded Systems Engineering <b>and</b> Part of the specialization Cyber-Physical Systems (CPS) in Master of Science Informatik/Computer Science resp. MSc Embedded Systems Engineering</p>

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Wearable and Implantable Computing (WIC)	11E13MO-1402_PO 2020
<b>Veranstaltung</b>	
Wearable and Implantable Computing (WIC)	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11E13V-1402_PO 2020
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Informatik Intelligente Eingebettete Systeme	

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

<b>Inhalte</b>
The course provides students with a comprehensive overview and in-depth skills on system design of sensor-based wearable and implantable computing systems. Course covers frequent sensors and actuators and their system integration, context recognition methods and selected algorithms, powering and energy management concepts (task scheduling, sparse sampling, and on-demand signal processing), energy harvesting methods, and system design topics (flexible electronics, electronics textile integration, multiprocess additive manufacturing), as well as principles of system validation.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
see module details
<b>Literatur</b>
Up-to-date literature recommendations are provided during the lectures.
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
None
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
Basic timeseries analysis methods, basic programming skills, coding in Python

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Wearable and Implantable Computing (WIC)	11E13MO-1402_PO 2020
<b>Veranstaltung</b>	
Wearable and Implantable Computing (WIC)	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11E13Ü-1402_PO 2020
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Informatik Intelligente Eingebettete Systeme	

ECTS-Punkte	
Präsenzstudium	32 Stunden / Hours
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
Student groups will investigate concrete cases including context recognition, energy-efficient signal processing, and digital design of wearable systems. A wearable device prototype will be realised per student group.
Zu erbringende Prüfungsleistung
see module details
Zu erbringende Studienleistung
see module details
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
none

↑

Name des Kontos	Nummer des Kontos
Photonics	11LE50KO-WP-MSc-986-2021 WP2 P
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Gassensorik / Gas sensors_PO 2009_2	11LE50MO-5704 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Jürgen Wöllenstei	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Dünnschicht-Gassensorik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
keine

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeits-aufwand
Gassensorik / Gas sensors	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2,0	90 Stun-den

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
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.
The aim of this module is to teach the physical, chemical and electrical functions of gas sensors. Building on the fundamentals taught, typical sensor arrangements, manufacturing processes with a focus on microsystems technology and applications of the sensors in practice are presented. The students should learn the connection between the measuring principle, design, manufacturing processes and the application of the sensors.

Zu erbringende Prüfungsleistung
mündliche Abschlussprüfung (30 Minuten)/oral examination (duration 30 mins.)
Zu erbringende Studienleistung
keine/none
Verwendbarkeit des Moduls
<p>Compulsory elective module for students of the study program</p> <ul style="list-style-type: none"><li>■ M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Photonics</li><li>■ M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Photonik</li><li>■ M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area Photonics</li></ul>

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Gassensorik / Gas sensors_PO 2009_2	11LE50MO-5704 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Gassensorik / Gas sensors	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5704
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Dünnschicht-Gassensorik	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Präsenzstudium	30 Stunden
Selbststudium	60 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	deutsch

<b>Inhalte</b>
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:
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Wechselwirkung Gas-Halbleiter, Adsorption, Elektrische Auswirkungen von adsorbierten Gasen</li> <li>■ Wärmeleitung u. -kapazität, Paramagnetismus von Gasen</li> <li>■ Schwingungs- und Rotationsspektren im IR, Druck- und Dopplerverbreiterung, Linienformen</li> <li>■ Interferometer, Schwarzkörperstrahlung, Elektrochemie</li> </ul>
Folgende Bauelemente und Messsysteme werden vorgestellt:
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Metalloxidgassensoren, Lambdasonde, Gassensitive Feldeffekttransistoren</li> <li>■ Wärmeleitfähigkeitssensoren, Pelistoren</li> <li>■ Paramagnetischer Sauerstoffsensor</li> <li>■ Optische Systeme (Laserspektrometer, Filterphotometer, Photoakustik, Wellenleiter), Fourier Transformations Infrarot Spektrometer</li> <li>■ Elektrochemische Sensoren, Elektronische Nasen</li> </ul>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
siehe Modulebene
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
keine
<b>Literatur</b>
Begleitend zur Vorlesung wird ein Folien-Skriptum zur Verfügung gestellt.

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Keine

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Laser	11LE50MO-5283 PO 2021
Verantwortliche/r	
PD Dr. Ingo Breunig	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Optische Systeme	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Arbeitsaufwand	180 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	4,0
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
keine

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeits-aufwand
Laser	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	2,0	180 Stunden / 180 hours
Laser	Übung	Pflicht		2,0	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
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"> <li>- Select an appropriate laser for a given task</li> <li>- Better design microsystems including lasers</li> <li>- Easier understand already existing systems</li> </ul>
Zu erbringende Prüfungsleistung
Klausur / written exam (Dauer/duration 120 Mins.)
Zu erbringende Studienleistung
keine   none

**Verwendbarkeit des Moduls**

Compulsory elective module for students of the study program

- M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Photonics
- M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Photonik
- M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area Photonics



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Laser	11LE50MO-5283 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Laser	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5283 PO 2021
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Optische Systeme	

ECTS-Punkte	6,0
Arbeitsaufwand	180 Stunden / 180 hours
Präsenzstudium	52 Stunden
Selbststudium	128 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprachen	deutsch, englisch

<b>Inhalte</b>
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,...)
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
siehe Modulebene
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
siehe Modulebene
<b>Literatur</b>
A. E. Siegman, "Lasers" D. Meschede, "Optics, Light and Lasers" A. Yariv, "Photonics: Optical Electronics in Modern Communications"
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
None
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
It is recommended to have attended the "Micro-optics" lecture before attending this course.

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Laser	11LE50MO-5283 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Laser	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5283 PO 2021
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Optische Systeme	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
Lehrsprachen	deutsch, englisch

Inhalte
In the tutorials, the content of the lectures will be applied using practical examples. Here, we emphasize the importance of knowing which approximations/assumptions are made when describing the underlying effects. Furthermore, we cover relevant engineering-based questions like: Why do semiconductor-laser materials have a refractive index of 3 and beyond? or Why do we need tens of amplifiers for transatlantic laser-based telecommunication?
Zu erbringende Prüfungsleistung
see module details
Zu erbringende Studienleistung
see module details
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
none

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Physics of Microscopy and Optical Image Formation	11LE50MO-5902 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
Arbeitsaufwand	180 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	5,0
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
none
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
none

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeits-aufwand
Physics of Microscopy and Optical Image Formation	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	3,0	180 hours
Physics of Microscopy and Optical Image Formation	Übung	Wahlpflicht		2,0	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
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). 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.

Zu erbringende Prüfungsleistung
Up to 6 students: oral exam (40 minutes) 7 or more students: written exam (120 minutes)
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.
Verwendbarkeit des Moduls
Compulsory elective module for students of the study program ■ M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Photonics ■ M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Photonik ■ M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area Photonics

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Physics of Microscopy and Optical Image Formation	11LE50MO-5902 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Physics of Microscopy and Optical Image Formation	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5902
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Bio- und Nano-Photonik	

ECTS-Punkte	6,0
Arbeitsaufwand	180 hours
Präsenzstudium	75 hours
Selbststudium	105 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	3,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht

Inhalte
<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> <p>4.1 Image formation with phase objects</p> <p>4.2 Phase contrast according to Zernike</p> <p>4.3 Dark field microscopy and amplitude spatial filters</p> <p>4.4 Generating contrast by polarization</p> <p>4.5 Holographic microscopy</p>

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 far fields
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
see module details
Zu erbringende Studienleistung
see module details
Literatur
An additional scriptum with defined blank areas (white boxes), accompanying the lecture contents, will be provided.
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
none
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
none

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Physics of Microscopy and Optical Image Formation	11LE50MO-5902 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Physics of Microscopy and Optical Image Formation	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5902
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Bio- und Nano-Photonik	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht

<b>Inhalte</b>
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.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
see module details
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
None
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
None

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Nano-Photonics - Optical manipulation and particle dynamics	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
Arbeitsaufwand	180 h
Semesterwochenstunden (SWS)	5,0
Mögliche Fachsemester	4
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Basic courses in mathematics and physics, foundations of optics

Zugehörige Veranstaltungen						
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeits-aufwand	
Nano-Photonics - Optical manipulation and particle dynamics	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	3,0	180 h	
Nano-Photonics - Optical manipulation and particle dynamics	Übung	Wahlpflicht		2,0		

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
You think basic physics research and applied research leading to a social benefit cannot be well combined? When particles or macro-molecules undergo thermal collisions with smaller molecules in (complex) fluids or in air, thermal (Brownian) motion with stochastic changes in positions and velocities take place - beyond our imagination. Such particles can be viruses or particulates from combustion engines in the air that get into contact with e.g. lung cells. How can a limited number of photons be generated in such a way that they scatter efficiently at the small, fast particles and carry the maximum information with them. How can the particle information encoded by the scattered photons be amplified by intelligent detection mechanisms? How can rare but important interaction events be manipulated by photon momentum transfer and optical forces?
Zu erbringende Prüfungsleistung
Written exam (120 minutes)

#### Zu erbringende Studienleistung

There are exercises at regular intervals that have to be worked on and handed in. These are corrected and assessed with points. 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.

#### Verwendbarkeit des Moduls

Wahlpflichtmodul für Studierende des Studiengangs

- Bachelor of Science in Mikrosystemtechnik (PO 2018) im Wahlpflichtbereich, Bereich Mikrosystemtechnik

Compulsory elective module for students of the study program

- Master of Science in Microsystems Engineering (PO 2021), concentration area Photonics
- Master of Science in Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Photonik
- Master of Science in Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area Photonics



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Nano-Photonics - Optical manipulation and particle dynamics	11LE50MO-5281 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Nano-Photonics - Optical manipulation and particle dynamics	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5281
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Bio- und Nano-Photonik	

ECTS-Punkte	6,0
Arbeitsaufwand	180 h
Präsenzstudium	65 h
Selbststudium	115 h
Semesterwochenstunden (SWS)	3,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
Motivation:
You think basic physics research and applied research leading to a social benefit cannot be well combined? When particles or macro-molecules undergo thermal collisions with smaller molecules in (complex) fluids or in air, thermal (Brownian) motion with stochastic changes in positions and velocities take place - beyond our imagination. Such particles can be viruses or particulates from combustion engines in the air that get into contact with e.g. lung cells. How can a limited number of photons be generated in such a way that they scatter efficiently at the small, fast particles and carry the maximum information with them. How can the particle information encoded by the scattered photons be amplified by intelligent detection mechanisms? How can rare but important interaction events be manipulated by photon momentum transfer and optical forces?
In this lecture you will learn
- the transfer from the Maxwell equations and the electromagnetic force density to optical forces and optical tweezers, which allow to control molecular processes relevant to cellular biology and medicine
- the basics of light scattering, how photons transfer momentum to microscopic objects and how scattered photons transfer information about the state of the objects. In contrast to incoherent photons, coherent light encodes significantly more information about small objects, which, driven by thermal forces, continuously change their position and orientation relative to their environment. All this can be directly measured through $\mu\text{-nm}$ 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 interactions of probes with living cells give new insights into cellular diseases, such as bacterial and viral infections, but also exposure of particulate matter to lung cells.
The summer term lecture "Wave Optics" is quite helpful to hear, but not mandatory.
Contents
■ Introduction

- Light – Carrier of Information and Actor
- Microscopy und Light Focussing
- Light Scattering
- Manipulation by Optical Forces
- Particle Tracking beyond the Uncertainty Regime
- Thermal Motion and Calibration
- Photonic Force Microscopy
- Applications in Biophysics and Medicine
- Time-Multiplexing and holographic optical traps
- Applications in Micro- and Nano-Technology
- Appendix

Zu erbringende Prüfungsleistung

see module details

Zu erbringende Studienleistung

see module details

Literatur

Accompanying to the lecture printed lecture notes with defined gaps (white boxes) are distributed.

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung

None

Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung

Basic courses in mathematics and physics, foundations of optics

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Nano-Photonics - Optical manipulation and particle dynamics	11LE50MO-5281 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Nano-Photonics - Optical manipulation and particle dynamics	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5281
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Bio- und Nano-Photonik	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

<b>Inhalte</b>
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.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
see module details
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
None
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
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
Arbeitsaufwand	90 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
BSc. level in physics and mathematics; MSc. course Micro-optics.

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Optik-Praktikum Grundlagen / Basic Optics Laboratory	Praktikum	Wahlpflicht	3,0	2,0	90 hours

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
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.
At the completion of the course, the successful student should possess:
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ the ability to analyze measurement data and estimate errors;</li> <li>■ the ability to apply error propagation methods;</li> <li>■ the ability to assemble and align optical systems;</li> <li>■ a basic understanding of optical design methods;</li> <li>■ the ability to apply optical measurement techniques;</li> <li>■ the ability to apply analytical and graphical techniques for analyzing optical images.</li> </ul>

Zu erbringende Prüfungsleistung

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.

Zu erbringende Studienleistung

none

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

- M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Photonics
- M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Photonik
- M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area Photonics

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Optik-Praktikum Grundlagen / Basic Optics Laboratory	11LE50MO-5213 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Optik-Praktikum Grundlagen / Basic Optics Laboratory	
Veranstaltungsart	Nummer
Praktikum	11LE50P-5213-2
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Mikrooptik	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 hours
Präsenzstudium	26 hours
Selbststudium	64 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	4
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

<b>Inhalte</b>
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.
Table of contents:
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Statistics and data analysis</li> <li>2. Error propagation</li> <li>3. Focal length of lenses</li> <li>4. Focal length of lens systems</li> <li>5. Construction of a microscope</li> <li>6. Diffraction from gratings</li> <li>7. Newton's rings</li> <li>8. Fiber optics</li> <li>9. Construction of an interferometer</li> <li>10. Polarization</li> </ol>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
None
<b>Literatur</b>
<p>In German:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ E. Hecht: Optik</li> <li>■ Walcher: Praktikum der Physik</li> </ul>

- Westphal: Physikalisches Praktikum
- Geschke: Physikalisches Praktikum

In English:

- 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 laut Prüfungsordnung

None

Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung

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	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	30 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
none
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Successful participation in the 'Basic Optics Laboratory' is a prerequisite.

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeits-aufwand
Optik-Praktikum Fortgeschritten / Advanced Optics Laboratory	Praktikum	Wahlpflicht	3,0	2,0	90 hours

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
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"> <li>■ the ability to design optical systems</li> <li>■ the ability to assemble and align complex optical systems</li> <li>■ the ability to analyze the properties of optical systems</li> <li>■ an insight into modern optical experiments</li> <li>■ advanced knowledge in analyzing experimental results</li> <li>■ an understanding of physics in optical setups</li> </ul>

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
Verwendbarkeit des Moduls
<p>Compulsory elective module for students of the study program</p> <ul style="list-style-type: none"><li>■ M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Photonics</li><li>■ M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Photonik</li><li>■ M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area Photonics</li></ul>

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Optik-Praktikum Fortgeschritten / Advanced Optics Laboratory	11LE50MO-5280 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Optik-Praktikum Fortgeschritten / Advanced Optics Laboratory	
Veranstaltungsart	Nummer
Praktikum	11LE50P-5217-2
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Mikrooptik	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 hours
Präsenzstudium	30 hours
Selbststudium	60 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

<b>Inhalte</b>
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.
Table of contents:
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Anamorphic imaging</li> <li>■ Dynamically addressable gratings</li> <li>■ Whispering gallery resonators</li> <li>■ Michelson interferometer and coherence</li> <li>■ Three dimensional light distribution in a 6f system</li> <li>■ Diode pumped solid state laser</li> </ul>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
None
<b>Literatur</b>
In German:
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Naumann/Schröder: Bauelemente der Optik</li> <li>■ E. Hecht: Optik</li> <li>■ Walcher: Praktikum der Physik</li> <li>■ Westphal: Physikalisches Praktikum</li> <li>■ Geschke: Physikalisches Praktikum</li> </ul>
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 laut Prüfungsordnung

Successful participation in the 'Basic Optics Laboratory' is a prerequisite

Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung

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
Arbeitsaufwand	180 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	4,0
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
It is strongly recommended to attend the Micro-optics lecture before attending this course.

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Optische Materialien / Optical Materials - Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	2,0	180 hours	
Optische Materialien / Optical Materials - Übung	Übung	Wahlpflicht	2,0		

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
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.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Written exam (150 minutes)

Zu erbringende Studienleistung
none
Verwendbarkeit des Moduls
<p>Compulsory elective module for students of the study program</p> <ul style="list-style-type: none"><li>■ M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Photonics</li><li>■ M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Photonik</li><li>■ M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area Photonics</li></ul>

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Optische Materialien / Optical Materials	11LE50MO-5113-2 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Optische Materialien / Optical Materials - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5113
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Optische Systeme	

ECTS-Punkte	
Arbeitsaufwand	180 hours
Präsenzstudium	60 hours
Selbststudium	120 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

<b>Inhalte</b>
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
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
None
<b>Literatur</b>
■ B. E. A. Saleh, M. C. Teich, „Grundlagen der Photonik“ ■ A. Yariv, "Photonics: Optical Electronics in Modern Communications"
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
None

**Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung**

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
<b>Veranstaltung</b>	
Optische Materialien / Optical Materials - Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5113
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Optische Systeme	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
Zu erbringende Prüfungsleistung
See lecture
Zu erbringende Studienleistung
None
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
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
Arbeitsaufwand	90 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	4
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
It is strongly recommended to successfully complete the Micro-optics module before taking this course.

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeits-aufwand
Optische MEMS / Optical MEMS - Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2,0	90 hours

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Theoretical understanding of fundamental optical phenomena exploited by the MOEMS technology</li> <li>■ Acquisition of the essential skills necessary for the design, microfabrication, modeling, and characterization of MEMS/MOEMS components</li> <li>■ A comprehensive knowledge of MOEMS based commercial systems and a basic understanding of the particular applications enabled by MOEMS</li> </ul>
Zu erbringende Prüfungsleistung
Written exam (100 minutes)
Zu erbringende Studienleistung
none

**Verwendbarkeit des Moduls**

Compulsory elective module for students of the study program

- M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Photonics
- M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Photonik
- M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area Photonics

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Optische MEMS / Optical MEMS	11LE50MO-5240 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Optische MEMS / Optical MEMS - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5240

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 hours
Präsenzstudium	26 hours
Selbststudium	64 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
<p>Module1: MOEMS Fundamentals</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Optics Review</li> <li>• MEMS Manufacturing Techniques</li> <li>• Actuators and Position Sensing</li> <li>• Design and Modeling</li> <li>• Test and Characterization</li> </ul>
<p>Module 2: MOEMS Devices</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Micromirrors</li> <li>• Tunable Gratings</li> <li>• Active Microlenses</li> <li>• Tunable Optical Resonators</li> </ul>
<p>Module 3: MOEMS Systems</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Display and Imaging Systems</li> <li>• MOEMS in Telecommunication Networks</li> <li>• Scientific Instrumentation</li> </ul>
Zu erbringende Prüfungsleistung
see module details
Zu erbringende Studienleistung
none
Literatur
<p>MEMS and MOEMS Related Books</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ An Introduction to Microelectromechanical Systems Engineering by N. Maluf</li> <li>■ Microsystem Design by Stephen Senturia</li> <li>■ Micromachined Transducers Sourcebook by G. Kovacs</li> <li>■ Fundamentals of Microfabrication by Marc Madou</li> </ul>

- 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. Motamed
- 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 laut Prüfungsordnung

None

Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung

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
Arbeitsaufwand	90 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
None

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Optische Messverfahren: Grundlagen und Anwendungen in der Praxis / Optical measurement techniques - Seminar	Seminar	Wahlpflicht	3,0	2,0	90 hours

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
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.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Written composition in the form of a short scientific paper (5-10 pages) and oral presentation (duration 30 minutes)

Zu erbringende Studienleistung
none
Verwendbarkeit des Moduls
<p>Compulsory elective module for students of the study program</p> <ul style="list-style-type: none"><li>■ M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Photonics</li><li>■ M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Photonik</li><li>■ M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area Photonics</li></ul>

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Optische Messverfahren: Grundlagen und Anwendungen in der Praxis / Optical measurement techniques	11LE50MO-5710 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Optische Messverfahren: Grundlagen und Anwendungen in der Praxis / Optical measurement techniques - Seminar	
Veranstaltungsart	Nummer
Seminar	11LE50V-5710
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Optische Systeme	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 hours
Präsenzstudium	26 hours
Selbststudium	64 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
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.
This semester, the following topics are available:
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 3d-shape determination</li> <li>■ Optical microresonators for sensing</li> <li>■ Terahertz waves for material characterization</li> <li>■ Photoacoustic spectroscopy</li> <li>■ Laser spectroscopy</li> <li>■ Fluorescence spectroscopy</li> <li>■ and more</li> </ul>
Zu erbringende Prüfungsleistung
see module details
Zu erbringende Studienleistung
None

Literatur
The advisor will provide literature as a starting package.
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
None

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Optical metrology for quality assurance in sustainable production	11LE50MO-4305 PO 2021
Verantwortliche/r	
Dr. Daniel Carl	
Veranstalter	
Institut für Nachhaltige Technische Systeme	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	unregelmäßig

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Fundamental knowledge about photonics

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeits-aufwand
Optical metrology for quality assurance in sustainable production	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2,0	90 h

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
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.
In detail, the students will learn
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Basic principles of geometrical optical measurements,</li> <li>■ Fundamentals of wave optics,</li> <li>■ Operation of optical sensors,</li> <li>■ Principles of digital data/image processing,</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"><li>■ Different optical measurement methods and their applications.</li><li>■ Schematics to identify opportunities to improve the efficiency of production processes by optical metrology</li></ul>
Zu erbringende Prüfungsleistung
Final written supervised exam (90 minutes) 5 topics with 3-5 questions on each topic
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"><li>■ Master of Science im Fach Sustainable Systems Engineering, Prüfungsordnungsversion 2016: Die Modulnote wird nach ECTS-Punkten einfach gewichtet in die Gesamtnote eingerechnet.</li></ul>
Literatur
- 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 des Moduls
Wahlmodul für Studierende des Studiengangs / Elective module for students in the programme <ul style="list-style-type: none"><li>■ Master of Science in Sustainable Systems Engineering -Resilienz / Resilience Engineering</li><li>■ M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Photonics</li><li>■ M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Photonik</li><li>■ M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area Photonics</li></ul>

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Optical metrology for quality assurance in sustainable production	11LE50MO-4305 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Optical metrology for quality assurance in sustainable production	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE68V-4305

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 h
Präsenzstudium	26 h
Selbststudium	64 h
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	unregelmäßig
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Basic principles of geometrical optical measurements</li> <li>■ Fundamentals of wave optics</li> <li>■ Optical Sensors</li> <li>■ Overview of optical measurement principles and their applications</li> <li>■ Incoherent methods (Triangulation, Fringe projection, ...)</li> <li>■ Coherent methods (Interferometry, Speckle, Holography, ...)</li> <li>■ Confocal methods</li> <li>■ Examples for successful implementation of optical metrology in industry, with economical and sustainability win-win situations</li> </ul> <p>The lecture includes an excursion to production control laboratories at Fraunhofer IPM.</p>
Zu erbringende Prüfungsleistung
See module
Zu erbringende Studienleistung
See module
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ LEACH, Richard (Hg.). Optical measurement of surface topography. Berlin: Springer, 2011.</li> <li>■ Saleh, Bahaa EA, and Malvin Carl Teich. Fundamentals of photonics. John Wiley &amp; Sons, 2019.</li> </ul>
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Fundamental knowledge about photonics
Lehrmethoden
Lecture

↑

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
Arbeitsaufwand	90 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	4
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Students need to have passed the final exam in Micro-optics.
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
BSc. level physics and mathematics; MSc course Micro-optics

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Optoelektronik / Optoelectronics	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2,0	90 hours

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
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.
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.
At the completion of the course, the successful student should possess:
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ the ability to understand and analyze the essential properties of lasers;</li> <li>■ the ability to understand and analyze the essential properties of photodetectors and modulators;</li> <li>■ an understanding of the basics of III-V materials and their fabrication;</li> </ul>

- |   |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>■ an awareness of the important physical phenomena on which optoelectronics relies;</li><li>■ a basic understanding of the physical processes underlying quantum electronics;</li><li>■ the ability to understand and apply optoelectronic components to microsystems applications;</li><li>■ the ability to research, plan, and write a technical paper of a standard required for a scientific publication.</li></ul> |
|---|

<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
--

To receive credit for the course, the student will be required to research, write and submit a four-page written paper, using the style of international scientific journals, on a topic related to optoelectronics.
--

<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
---------------------------------------

The course work is passed if students have earned at least 25 points on the lecture quizzes (10 quizzes, maximum 3 points each)
---

<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>
----------------------------------

Compulsory elective module for students of the study program
--

- |   |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>■ M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Photonics</li><li>■ M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Photonik</li><li>■ M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area Photonics</li></ul> |
|---|



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Optoelektronik / Optoelectronics	11LE50MO-5229 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Optoelektronik / Optoelectronics	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5229
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Mikrooptik	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 hours
Präsenzstudium	26 hours
Selbststudium	64 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	4
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

<b>Inhalte</b>
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.
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Quantum light</li> <li>2. Materials</li> <li>3. Light-emitting diodes</li> <li>4. Lasers</li> <li>5. Macroscopic lasers</li> <li>6. Laser diodes</li> <li>7. Characterization</li> <li>8. Photodetectors</li> <li>9. Modulators</li> <li>10. Applications: communications &amp; medicine</li> </ol>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
see module details
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ A. Yariv: Optical Electronics</li> <li>■ A. Siegmann: Lasers</li> <li>■ H. Zappe: Laser Diode Microsystems</li> <li>■ M. Fukuda: Optical Semiconductor Devices W.T. Silfvast: Laser Fundamentals</li> </ul>

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
BSc. level physics and mathematics; MSc course Micro-optics

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Optische Mikrosensoren / Optical Micro-Sensors	11LE50MO-5711 PO 2021
Verantwortliche/r	
PD Dr.-Ing. Albrecht Brandenburg	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
keine

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeits-aufwand
Optische Mikrosensoren / Optical Micro-Sensors - Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2,0	90 Stunden

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
Kenntnis der Prinzipien miniaturisierter optischer Sensoren, Vertiefung bei den Gebieten Wegsensorik, Drehratensensoren sowie chemische und biochemische Sensoren.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Je nach Teilnehmeranzahl schriftliche (Klausur, Dauer 90 Minuten) oder mündliche (Dauer 30 Minuten) Abschlussprüfung
Zu erbringende Studienleistung
keine

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Optische Mikrosensoren / Optical Micro-Sensors	11LE50MO-5711 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Optische Mikrosensoren / Optical Micro-Sensors - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5711

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	deutsch

Inhalte
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Vorbereitende Inhalte: Grundlagen der Optik (kurze Wiederholung), Lichtwellenleiter.</li> <li>■ Optische Grundlagen für die Sensorik: Interferometrie, Sagnac-Effekt, Spektroskopie, Fluoreszenz.</li> <li>■ Detaillierte Darstellung der Funktion und der technologischen Realisierung von Wegsensoren, Drehrate-sensoren, Miniaturspektrometern und fluoreszenzoptischen Sensoren sowie Microarray-Technolo-gien.</li> </ul>
Zu erbringende Prüfungsleistung
siehe Modulebene
Zu erbringende Studienleistung
keine
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ G. Schröder: Technische Optik, Vogel-Verlag, Würzburg 1980</li> <li>■ T. Tamir (Hrsg.): Guided wave optoelectronics, Springer-Verlag 1988</li> <li>■ W. Bludau: Lichtwellenleiter in Sensorik und optischer Nachrichtentechnik, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1998</li> <li>■ W. Schmidt: Optische Spektroskopie, VCH Verlagsgesellschaft Weinheim 1994</li> </ul>
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
keine

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Spektroskopische Methoden	11LE50MO-5717 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Jürgen Wöllenstei	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Dünnschicht-Gassensorik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
keine
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
keine

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeits-aufwand
Spektroskopische Methoden	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2,0	90 Stun-den

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
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.
The aim of the module is to teach the physical fundamentals and components of modern spectroscopic systems. Building on the fundamentals taught, typical systems, module technologies and applications are presented. Students will understand the operation and design of spectroscopic devices and learn their application areas and requirements.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Oral exam (30 minutes) If the number of participants is rather high, a written exam may be held instead. The students will informed in good time.

Zu erbringende Studienleistung
keine/none
Verwendbarkeit des Moduls
Compulsory elective module for students of the study program ■ M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Photonics ■ M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Photonik ■ M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area Photonics

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Spektroskopische Methoden	11LE50MO-5717 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Spektroskopische Methoden	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5717
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Dünnschicht-Gassensorik	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Präsenzstudium	26 Stunden
Selbststudium	64 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	deutsch

<b>Inhalte</b>
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.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
siehe Modulebene
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
keine
<b>Literatur</b>
Begleitend zur Vorlesung werden die verwendeten Folien zur Verfügung gestellt.
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
keine
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
keine

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
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
Arbeitsaufwand	180 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	5,0
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
None

Zugehörige Veranstaltungen						
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeits-aufwand	
Wave Optics	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	3,0	180 hours	
Wave Optics	Übung	Wahlpflicht		2,0		

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
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.
Zu erbringende Prüfungsleistung
For 6 or less students oral exam (40 min.), for 7 or more students written exam (120 min.)
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.

**Verwendbarkeit des Moduls**

**Wahlpflichtmodul für Studierende des Studiengangs**

- Bachelor of Science in Mikrosystemtechnik (PO 2018), im Wahlpflichtbereich, Bereich Mikrosystemtechnik

**Compulsory elective module for students of the study program**

- M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), concentration area Photonics
- M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Photonik
- M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area Photonics

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Wave Optics	11LE50MO-5221 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Wave Optics	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5221
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Bio- und Nano-Photonik	

ECTS-Punkte	6,0
Arbeitsaufwand	180 hours
Präsenzstudium	65 hours
Selbststudium	115 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	3,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
--- in English ---
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.
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.
The new lecture is a fusion of the two former lectures "Moderne Optik I & II" and is now organized in 6 chapters.
<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 How does a wave transforms 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?</p> <p>4. Wave-optical Light Propagation and Diffraction</p>

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 expand 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. 6

#### 1.1. Motivation. 6

#### 1.2. Literature. 6

#### 1.3. Historical abstract. 7

### 2. From Electromagnetic Theory to Optics. 9

#### 2.1. What is Light?. 9

#### 2.2. The Maxwell equations. 12

#### 2.3. The change of Light in Matter. 14

##### 2.3.1. The Material Equations. 14

##### 2.3.2. Dispersion. 16

##### 2.3.3. Metal Optics. 19

#### 2.4. Wave equation and Helmholtz equation. 20

##### 2.4.1. Wave equation. 20

##### 2.4.2. Phase and group velocity. 21

##### 2.4.3. Helmholtz equation and wave vector. 22

##### 2.4.4. Eikonal and Fermat's Principle. 23

##### 2.4.5. Damped waves. 24

#### 2.4.6. Wave equation in conducting materials – Telegrapher's equation. 24

### 2.5. Wave functions in space and frequency domain. 26

#### 2.5.1. Representation of a plane wave in real space: 27

#### 2.5.2. Representation in $k$ -space. 27

### 3. Fourier Optics. 29

3.1.	Fourier introduction.	29
3.1.1.	Fourier-Series Decomposition.	31
3.1.2.	Basics of Fourier transformations.	33
3.1.3.	Fourier properties and theorems.	34
3.1.4.	The Delta function $\delta(x)$ .	35
3.1.5.	Examples for Fourier transformation pairs.	36
3.1.6.	Two-dimensional Fourier-Transformation.	38
3.1.7.	Fourier transform of a circular aperture.	39
3.2.	Linear optical systems.	45
3.2.1.	The amplitude transfer function: Ewald spherical cap.	47
3.2.2.	Lateral and axial widths of the point-spread function.	48
3.2.3.	The optical transfer function as frequency filter.	49
3.3.	Spatial frequency filtering.	51
3.4.	The sampling theorem..	53
3.5.	The discrete Fourier transform (DFT).	56
4.	Wave optical light propagation and diffraction.	57
4.1.	Paraxial light propagation by Gaussian beams.	57
4.1.1.	The concept of Gaussian beams.	58
4.1.2.	Transport of intensity.	61
4.2.	Wave propagation and diffraction.	61
4.2.1.	Light propagation in frequency space.	61
4.2.2.	Diffraction theory in space domain	70
4.3.	Waves at interfaces.	72
4.4.	Evanescence waves.	73
4.4.1.	Basics of evanescent waves.	73
4.4.2.	Surface Plasmon Resonance, SPR.	77
4.5.	Diffraction at thin amplitude and phase objects.	78
4.5.1.	The Kirchhoff approximation.	78
4.5.2.	Transform of a wavefront.	81
4.6.	Light propagation in inhomogeneous media.	82
4.7.	Diffraction at gratings.	83
4.8.	Acousto-optics.	87

4.9.	Spatial light modulators.	89
4.9.1.	Functioning of spatial light modulators (SLM).	89
4.9.2.	Fraunhofer diffraction behind the SLM...	90
4.9.3.	The problem of discretization.	93
4.9.4.	Digital mirror device (DMD) as phase and amplitude modulator.	96
4.9.5.	How to generate a desired intensity in Fourier space.	97
4.10.	Adaptive optics and phase conjugation.	98
4.10.1.	Adaptive optics principles.	98
4.10.2.	Optical phase conjugation.	99
5.	Interference, Coherence and Holography.	100
5.1.	Basics of interference.	100
5.2.	Two-beam interferometry.	101
5.2.1.	Interference intensity and phase.	102
5.2.2.	Phase reconstruction.	103
5.2.3.	Types of interferometers.	105
5.3.	Basics of coherence theory.	106
5.3.1.	General considerations.	106
5.3.2.	The van Cittert - Zernike Theorem..	110
5.3.3.	Temporal coherence and white light interferometry.	112
5.3.4.	Applications.	114
5.4.	Principles of Holography.	116
6.	Light Scattering and Plasmonics.	118
6.1	Basics of light scattering.	118
6.2	Scattering matrix and polar plots.	121
6.3	Fluorescence excitation und emission.	122
6.4	Plasmons.	123
6.4.1.	The Drude Sommerfeld (DS) model	123
6.4.2.	Surface plasmons <> .	124
7.	Nonlinear Optics.	131
7.1.	Nonlinear polarization.	131
7.1.1.	Second Harmonic Generation.	132
7.1.2.	Frequency mixing.	134

7.1.3.	Parametric Down Conversion (PDC).	135
7.1.4.	Two-photon fluorescence microscopy.	137
7.1.5.	Focusing of pulsed light.	138
8.	Appendix.	139
8.1.	Imaging through lenses.	139
8.2.	Das Fabry-Pérot-Etalon.	141
8.3.	Signal and Noise.	142
8.4.	Calculation of dipole near-fields.	146
8.5.	Reduction of fringe contrast.	147

--- 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 farbenvollen 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 evanescente 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. Evanescente 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. Spatiale 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

see module details

#### Zu erbringende Studienleistung

see module details

#### Literatur

Lecture notes with defined voids (white boxes) will be provided.

#### Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung

None

Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung

None

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Wave Optics	11LE50MO-5221 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Wave Optics	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5221
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Bio- und Nano-Photonik	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

<b>Inhalte</b>
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.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
see module details
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
None
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
None

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Seminar Integrated Photonics	11LE50MO-5721 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Karsten Buse	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Optische Systeme	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 Stunden   hours
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
keine   none
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
keine   none

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeits-aufwand
Seminar Integrated Photonics	Seminar	Wahlpflicht	3,0	2,0	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
<ul style="list-style-type: none"> <li>- professional search of scientific and technical information</li> <li>- assembly of a story for a presentation, considering the targeted audience</li> <li>- selection of information</li> <li>- professional composition of viewgraphs</li> <li>- successfull presentation and then also discussion of a scientific or technical topic</li> <li>- writing of a one-page summary</li> <li>- understanding of selected timely topics of integrated photonics</li> </ul>
Zu erbringende Prüfungsleistung
mündlicher Vortrag / oral presentation
Zu erbringende Studienleistung
regelmäßige Teilnahme gemäß §13 (2) der Rahmenprüfungsordnung Master of Science/ regular attendance according to § 13 (2) of the framework examination regulations

Verwendbarkeit des Moduls

As compulsory elective in

- M.Sc. Embedded Systems Engineering (ESE) in Microsystems Engineering Concentrations Area: Photonics
- M.Sc. Microsystems Engineering in Microsystems Engineering Concentrations Area: Photonics
- M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Photonik

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Seminar Integrated Photonics	11LE50MO-5721 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Seminar Integrated Photonics	
Veranstaltungsart	Nummer
Seminar	11LE50S-5721 PO 2021
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Optische Systeme	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprachen	deutsch, englisch

Inhalte
Topics from the area of integrated photonics will be provided for seminar talks. In a tutorial, an introduction to professional literature search and to the presentation of excellent talks will be given. Then individual support will be available for each talk: A starting package of literature will be provided. Assistance will be given for shaping a clear and convincing story and for selection of information that should make it into the speech. Then the viewgraphs will be made and commented. Finally, there will be the presentation, followed by a dicussion about the content and a second discussion, focussed onto the quality of the presentation itself. In addition, a one-page summary will be assembled, to be used as a hand-out.
Zu erbringende Prüfungsleistung
siehe Modulebene/see module details
Zu erbringende Studienleistung
siehe Modulebene/see module details
Literatur
Will be provided for each talk individually.
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung

↑

Name des Kontos	Nummer des Kontos
Customized Course Selection	11LE50KO-WP-MSc-986-2021 CCS
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht

↑

Name des Kontos	Nummer des Kontos
Courses offered by IMTEK	11LE50KO-WP-MSc-986-2021 KT 1
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Ergebnisse wissenschaftlich präsentieren / Scientific writing and presentation	11LE50MO-5801 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Thomas Hanemann	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Werkstoffprozesstechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 Stunden, 90 hours
Präsenzstudium	28 Stunden
Selbststudium	62 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	in jedem Semester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
keine

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Ergebnisse wissenschaftlich präsentieren / Scientific writing and presentation - Seminar	Seminar	Wahlpflicht	3,0	2,0	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
Die Studierenden werden
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ über die Bedeutung der Einhaltung der guten wissenschaftlichen Praxis informiert</li> <li>■ in die Lage versetzt, ein Labortagebuch (Laborjournal) und einfache wissenschaftliche Berichte zu schreiben</li> <li>■ über das Erstellen einer Master- bzw. Promotionsarbeit informiert</li> <li>■ in die Lage versetzt, einen wissenschaftlichen Vortrag (15 min), einen Kurzvortrag (3 min), ein wissenschaftliches Poster sowie ein Werbeposter zu erstellen und zu präsentieren.</li> </ul>

### Zu erbringende Prüfungsleistung

In diesem Seminar wird der Ablauf und die Teilnahme an einer wissenschaftlichen Konferenz "simuliert". Die Studierenden müssen nach einer Inputphase durch den Lehrenden folgende Bestandteile während des Semesters erarbeiten und auf ILIAS hochladen:

1. Abstract (halbe Seite)
2. 15 min Vortrag
3. 3 min Kurzvortrag
4. Wissenschaftliches Poster
5. Poster für einen Tag der offenen Tür
6. 6 Seiten Paper

Inhaltlich dürfen die Teilnehmenden ihre jeweilige Bachelorarbeit verwenden. Die Vorträge und die Poster werden in der Gruppe präsentiert, diskutiert und anschließend gibt es ein Feedback durch die Gruppe und den Lehrenden. Am Ende werden nach einem Gewichtungsschlüssel die Einzelbeiträge zu einer Note zusammengefasst.|

In this seminar, the process and participation in a scientific conference is "simulated". After an input phase by the lecturer, students have to work on the following components during the semester and upload them on ILIAS:

1. abstract (half a page)
2. 15 min presentation
3. 3 min short presentation
4. scientific poster
5. poster for an open day
6. 6 page paper

In terms of content, participants are allowed to use their respective bachelor theses. The presentations and the posters will be presented and discussed in the group and afterwards there will be a feedback by the group and the lecturer. The final grade is calculated by combining the individual components according to their respective weight.

### Zu erbringende Studienleistung

keine/none

### Verwendbarkeit des Moduls

#### Wahlmodul für Studierende des Studiengangs

- Bachelor of Science im Fach Embedded Systems Engineering
- Master of Science im Fach Informatik
  - Fachfremdes Wahlmodul Mikrosystemtechnik
- Master of Science im Fach Embedded Systems Engineering
  - Personal Profile
- Master of Science im Fach Mikrosystemtechnik
  - Personal Profile
- Master of Science im Fach Microsystems Engineering
  - Personal Profile



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Ergebnisse wissenschaftlich präsentieren / Scientific writing and presentation	11LE50MO-5801 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Ergebnisse wissenschaftlich präsentieren / Scientific writing and presentation - Seminar	
Veranstaltungsart	Nummer
Seminar	11LE50S-5801

ECTS-Punkte	3,0
Präsenzstudium	28 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	4
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprachen	deutsch, englisch

<b>Inhalte</b>
The following topics will be covered during the course:
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Ancient and current scientific malpractice</li> <li>■ Rules for safeguarding good scientific practice</li> <li>■ Laboratory journal, Scientific reports (from project reports to dissertation thesis)</li> <li>■ Lecture presentation</li> <li>■ Oral poster presentation (3 minutes lecture)</li> <li>■ Scientific poster presentation, "Advertisement" poster</li> </ul>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
see module details
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ C. Ascheron, Die Kunst des wissenschaftlichen Präsentierens und Publizierens, Elsevier, München, 2007, ISBN-13: 978-3-8274-1741-1</li> <li>■ H.F. Ebel, C. Bliefert, W.E. Russey, The Art of Scientific Writing, Wiley-VCH, Weinheim, 2004, ISBN: 978-3-527-29829-7</li> </ul>
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
keine
<b>Lehrmethoden</b>
In the summer semester in German, in the winter semester in English.

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Projektmanagement für Ingenieure / Project management for engineers	11LE50MO-5803 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr.-Ing. Ulrike Wallrabe	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Mikroaktorik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Präsenzstudium	28 oder 32 Stunden
Selbststudium	58 oder 62 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	in jedem Semester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
keine

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Projektmanagement für Ingenieure / Project management for engineers - Seminar	Seminar	Wahlpflicht		2,0	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
Students shall learn the basic ideas and techniques of project management and apply them to representative examples. They shall realize that planning tasks isn't always as clear-cut as in engineer courses. A project can be structured in different ways. One plan isn't necessarily better than the other. Instead, one approach might be more practical or provide a better overview than another. Additionally, the students shall gain insight into the soft skills of project management, i.e. how to deal with operating persons, namely the project team as a social system.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Klausur (Dauer 90 Minuten)  written exam (duration 90 minutes)
Zu erbringende Studienleistung
keine/none

<b>Benotung</b>
Die Modulnote errechnet sich zu 100% aus der schriftlichen oder mündlichen Abschlussprüfung.
<b>Zusammensetzung der Modulnote</b>
<b>Bemerkung / Empfehlung</b>
WS: English, SS: German
<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>
<p>Wahlmodul für Studierende des Studiengangs</p> <ul style="list-style-type: none"><li>■ Bachelor of Science im Fach Embedded Systems Engineering</li><li>■ Master of Science im Fach Informatik<ul style="list-style-type: none"><li>- Fachfremdes Wahlmodul Mikrosystemtechnik</li></ul></li><li>■ Master of Science im Fach Embedded Systems Engineering<ul style="list-style-type: none"><li>- Personal Profile</li></ul></li><li>■ Master of Science im Fach Mikrosystemtechnik<ul style="list-style-type: none"><li>- Personal Profile</li></ul></li><li>■ -PO 2021: Individuelle Ergänzung</li><li>■ Master of Science im Fach Microsystems Engineering<ul style="list-style-type: none"><li>- Personal Profile</li></ul></li><li>■ - PO 2021: Customized Course Selection</li></ul>

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Projektmanagement für Ingenieure / Project management for engineers	11LE50MO-5803 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Projektmanagement für Ingenieure / Project management for engineers - Seminar	
Veranstaltungsart	Nummer
Seminar	11LE50P-5803
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Mikroaktorik	

ECTS-Punkte	
Präsenzstudium	28 oder 32 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	4
Angebotsfrequenz	in jedem Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprachen	deutsch, englisch

<b>Inhalte</b>
The course comprises a mixture of lecture and group work with short presentations of the obtained project plans.
The different phases of a project and its respective project management, i.e. project assignment, planning, execution and completion of a project, is presented as an introduction into the field. The different roles of people coping with the project, i.e. initiator or customer, project manager and staff, and their duties are presented, and their responsibilities analysed.
Various planning techniques and plans will be introduced: project environment analysis, risk analysis, work breakdown structure, Gantt chart and SWOT analysis.
The financial budgeting of a project will be shown: existing cost factors, their estimation and what exactly has to be considered.
In addition, the more technical aspect of project planning will be supplemented with soft skills, like how to lead a discussion, mediation, etc.
MS Project will be used to make the project management simpler. With its help project plans for fictitious projects will be developed.
The presented lecture content will be visualized with two fictitious projects. The students will have to implement the learning matter in individual and team work. The projects are a journey round the world with fellow students after graduation and a virtual Master thesis.

<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
see module details
<b>Literatur</b>
Regularly updated lecture notes are available.
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
none

**Lehrmethoden**

This course is offered in English in the winter semester, in German in the summer semester.



Name des Kontos	Nummer des Kontos
Courses offered by other departments of the University of Freiburg	11LE50KO-WP-MSc-986-2021 KT 2
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht

↑

Name des Kontos	Nummer des Kontos
Language courses	11LE50KO-WP-MSc-986-2021 KT 3
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
----------------------------	---------

Kommentar
In this area, international students may complete one or two German language courses. The maximum amount of ECTS points that can be collected in this area is 9. German students may complete one or two English language courses.

↑