

Module Handbook

Master of Science (M. Sc.)

Microsystems Engineering

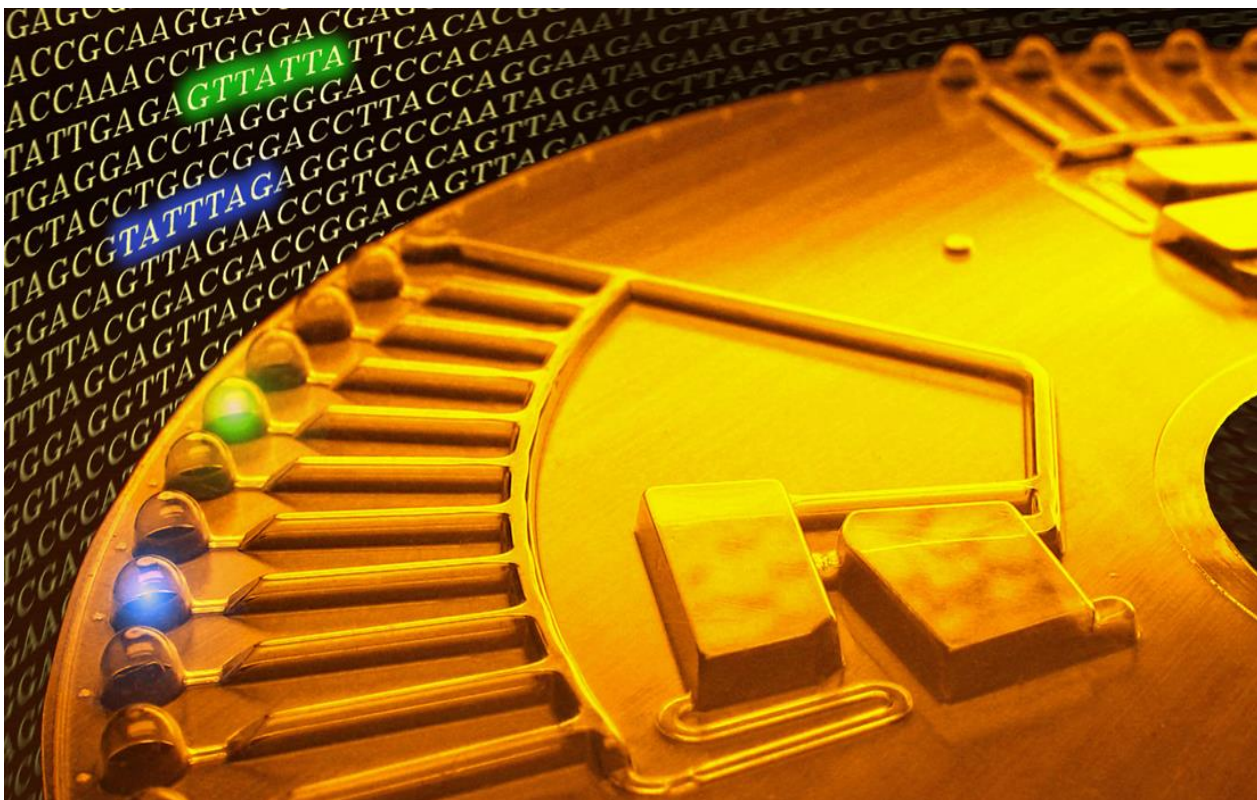
Subject-specific Examination Regulations 2021

Department of Microsystems Engineering (IMTEK)
Faculty of Engineering
University of Freiburg

27th of April 2021



**UNI
FREIBURG**



Content

THE MASTER'S PROGRAM	4
Overview.....	4
Department / IMTEK	6
Chairs at IMTEK	6
Profile and Qualification Goals.....	7
Technical qualification goals	8
General qualification goals.....	8
Peculiarities (international cooperation, studying abroad, internships)	8
Examination Regulations and Module Handbook.....	9
Teaching and Learning Methods.....	10
Assessment Types	10
Summary of assessments.....	11
Framework.....	11
Program Structure, Specialisation and Concentration Areas.....	11
Master's Section	12
Framework shown in a table	13
STUDY ORGANIZATION	15
Course Information and Registration.....	15
Examination Registration	16
Repetition of Examinations	16
MODULE DESCRIPTIONS	17
Master of Science in Microsystems Engineering PO 2021	17
Master's Modul	18
Pflichtbereich / Mandatory Modules M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021)	19
Micro-electronics	20
Micromechanics.....	24
MST Design Lab I for Microsystems Engineering.....	28
MST technologies and processes	32
Signal processing	36
Wahlpflichtbereich / Elective Modules Microsystems Engineering PO 2021	40
Advanced Microsystems	41
Assembly and packaging technology.....	42
Micro-optics	46
Modelling and System Identification.....	50
Probability and statistics	54
Sensors	58

Biomedical Microsystems	62
Micro-actuators	66
Micro-fluidics.....	70
Concentration Areas	74
Concentration Areas	74
Circuits and Systems	74
Materials and Fabrication.....	75
Biomedical Engineering	76
Photonics.....	76
Customized Course Selection	77
Courses offered by IMTEK.....	78
Ergebnisse wissenschaftlich präsentieren / Scientific writing and presentation	79
Projektmanagement für Ingenieure / Project management for engineers	83
Courses offered by other departments of the University of Freiburg	87
Language courses	88
GLOSSARY	89
EDITION NOTICE	90

THE MASTER'S PROGRAM

Overview

University	University of Freiburg (Albert-Ludwigs-Universität Freiburg)
Faculty	Faculty of Engineering
Institute	Department of Microsystems Engineering Institut für Mikrosystemtechnik, IMTEK
Subject	Microsystems Engineering (MSE)
Degree	Master of Science (M.Sc.)
Duration	4 semesters / 2 years, standard duration of studies
Type/Format	Consecutive, full-time studies on campus
ECTS	120 ECTS credits
Language(s)	English (no German skills necessary; however, some elective modules are offered in German)
Profile	<p>The Master of Science program 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.</p>
Educational Goals/Professional Prospects	<p>M.Sc. MSE students will have the opportunity to</p> <ul style="list-style-type: none"> • be involved in state-of-the-art research with internationally renowned professors, • benefit from state-of-the-art equipment on a modern campus and pioneering laboratories at partner institutes, • benefit from a European campus (www.eucor-uni.org), • live in one of Germany's most appealing and green cities.

	<p>Successful students will be enabled to explore, design and apply 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>
Admission Requirements	<ul style="list-style-type: none"> • A bachelor's degree in engineering or in science with a total of 180 ECTS and a duration of at least 3 years • An average grade of 2.9 or better on the German grading scale • Advanced English language skills at the level of CEFR C1 on the Common European Framework of Reference for Languages
Intake	Winter semester
Further information	www.imtek.uni-freiburg.de

Department / IMTEK

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

Chairs at IMTEK

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

Buse, Karsten	Optical Systems
Dehé, Alfons	Georg H. Endress Chair for Smart Systems Integration
Diehl, Moritz	Systems Control and Optimization
Eberl, Christoph	Micro and Materials Mechanics
Egert, Ulrich	Biomicrotechnology
Manoli, Yiannos/Dr. Matthias Keller	Microelectronics
Pastewka, Lars	Simulation
Paul, Oliver	Microsystem Materials
Rapp, Bastian	Process Technology
Rohrbach, Alexander	Bio- and Nanophotonics
Rupitsch, Stefan	Electrical Instrumentation and Embedded Systems
Rühe, Jürgen	Chemistry and Physics of Interfaces
Stieglitz, Thomas	Biomedical Microtechnology
Urban, Gerald	Sensors
Wallrabe, Ulrike	Microactuators
Wilde, Jürgen	Assembly and Packaging Technology
Wöllenstein, Jürgen	Thin-film Gas Sensors
Woias, Peter	Design of Microsystems
Zacharias, Margit	Nanotechnology

Zappe, Hans	Gisela and Erwin Sick Chair of Micro-optics
Zengerle, Roland	MEMS Applications
Adjunct Professors	In German: Außerplanmäßiger Professor
apl. Prof. Dr. Hanemann, Thomas	Materials Processing
apl. Prof. Dr. von Stetten, Felix	Hahn-Schickard Institute of Mikroanalysis Systems
Junior Research Group Leaders	
Asplund, Maria	BrainLinks-BrainTools Junior Research Group Leader
Lienkamp, Karen	Emmy Noether Junior Research Group Lead
Osorio, Anayancy	Margarete von Wrangell Junior Research Group Leader
Vierrath, Severin	Research Junior Group Leader

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 2nd official supervisor is mostly to consult and to perform a redundant evaluation of the master's thesis. If the student wishes, she/he can perform an external master thesis when certain conditions of supervision and quality control are met. Here external refers to a hosting organisation outside the 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 active participation (85 % to 100 % mandatory attendance), completion of exercises or project work, written reports (e.g. protocols, posters), written exams, oral exams, oral presentations, conducting experiments, development of software programs or demonstrators.

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 - credits	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

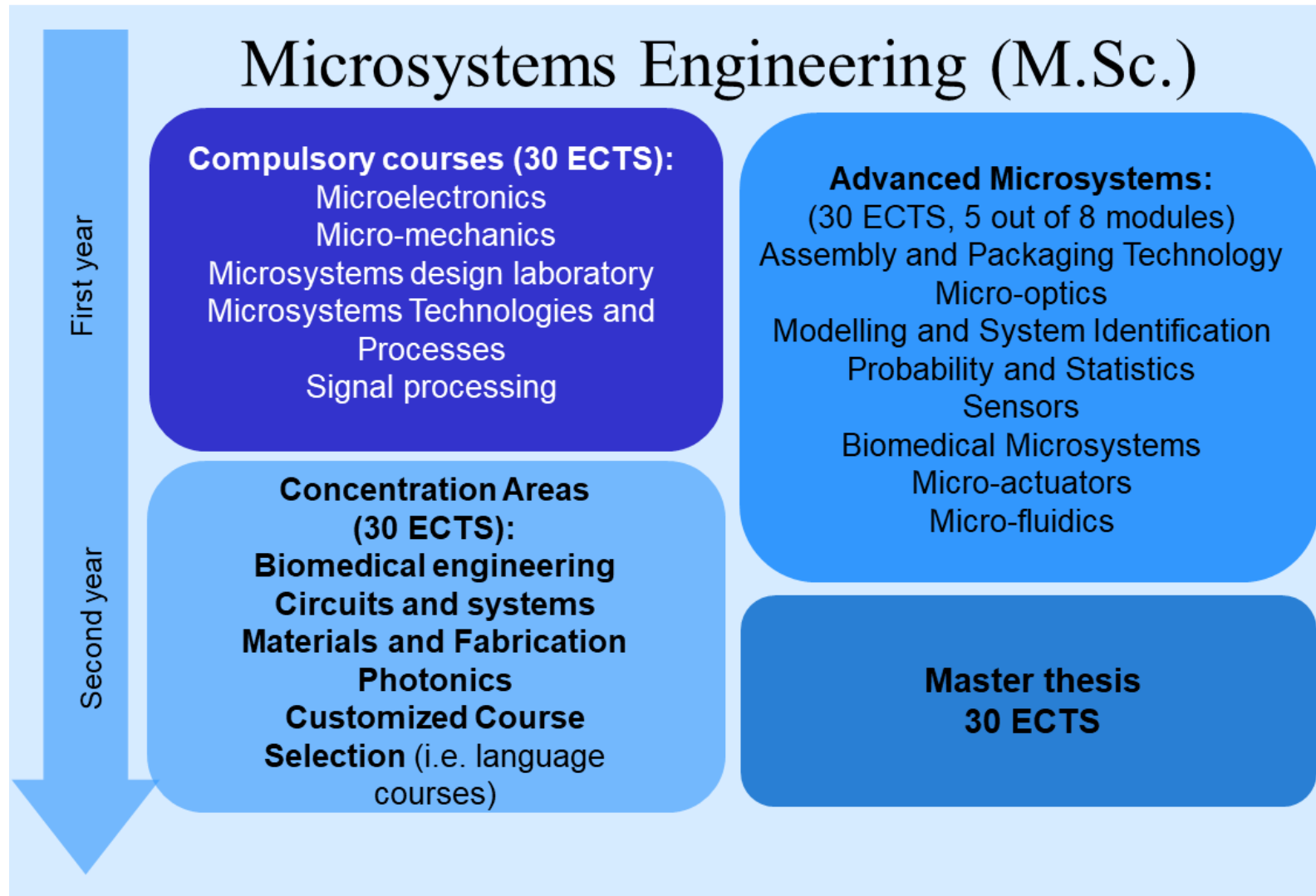
Tabelle 2: Elective mandatory area Advanced Microsystems (30 ECTS-Punkte)

Module	Type	SWS	ECTS-credits	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) 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.

MODULE DESCRIPTIONS

Name des Kontos	Nummer des Kontos
Master of Science in Microsystems Engineering PO 2021	11LE50K- T-9000-MSc-986-2021
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
ECTS-Punkte	120,0
Benotung	A- Berechnung 1 NachK

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

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

Teilnahmevoraussetzung

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload

Qualifikationsziel
<p>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.</p> <p>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.</p>

↑

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
ECTS-Punkte	60,0
Benotung	A- Berechnung 1 NachK

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	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Mikroelektronik	
Fachbereich / Fakultät	
Institut für Mikrosystemtechnik, Mechanische Werkstatt	

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

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

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

Qualifikationsziel
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.

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

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

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

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

Teilnahmevoraussetzung

none

Empfohlene Voraussetzung

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

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

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

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

Inhalt
Zu erbringende Prüfungsleistung
Zu erbringende Studienleistung
none
Teilnahmevoraussetzung
none

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Teilnahmevoraussetzung

none

Empfohlene Voraussetzung

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

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

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

Inhalt
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.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Zu erbringende Studienleistung
none
Teilnahmevoraussetzung
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
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	1
Moduldauer	1 term
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
Workload	180 hours
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung
none
Empfohlene Voraussetzung
none

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
MST Design Lab I for Microsystems Engineering	Vorlesung	Pflicht	6,0	2.00	180 hours
MST Design Lab I for Microsystems Engineering - Praktische Übung	Praktikum	Pflicht		2.00	

Qualifikationsziel
<p>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 is done virtually, using methodical tools, mathematical models and calculations.</p>

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

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

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

Empfohlene Voraussetzung
none

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

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

Inhalt
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.
Zu erbringende Prüfungsleistung
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
Zu erbringende Studienleistung
Teilnahmevoraussetzung
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
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	1
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
Workload	180 Stunden
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung
keine

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

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

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

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

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

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

Teilnahmevoraussetzung

none

Empfohlene Voraussetzung

none

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

In German:

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

Teilnahmevoraussetzung

None

Empfohlene Voraussetzung

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

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

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

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

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

Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
ECTS-Punkte	60,0
Benotung	A- Berechnung 1 NachK

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
ECTS-Punkte	30,0
Benotung	A- Berechnung 1 NachK

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
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	180 Stunden
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
keine

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

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

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

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

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

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

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

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

Inhalt
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
Zu erbringende Studienleistung
The exercise is passed when the student obtains 50 % of the points that can be obtained from the exercise sheets.
Teilnahmevoraussetzung
keine

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

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

Teilnahmevoraussetzung
none

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Teilnahmevoraussetzung
keine
Empfohlene Voraussetzung
none

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

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

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

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

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

Empfohlene Voraussetzung

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

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

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

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

Name des Moduls	Nummer des Moduls
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
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	1
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	180 hours
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung
none
Empfohlene Voraussetzung
Basic knowledge in mathematics

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Probability and statistics	Vorlesung	Wahlpflicht		2.00	180 hours
Probability and statistics	Übung	Wahlpflicht		2.00	

Qualifikationsziel
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.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Probability and statistics	11LE50MO-6100 PO 2021
Veranstaltung	
Probability and statistics	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-6100
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Biomedizinische Mikrotechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

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

Inhalt
The topics of this course cover: <ul style="list-style-type: none"> ■ Probability theory: <ul style="list-style-type: none"> ■ Discrete random variables ■ Continuous random variables ■ Statistics: <ul style="list-style-type: none"> ■ Parameter estimation ■ Linear and nonlinear regression ■ Statistical tests ■ Random numbers and Monte-Carlo simulation ■ Experimental design ■ Statistical process control
Zu erbringende Prüfungsleistung
<ul style="list-style-type: none"> ■ Written exam with a duration of 90 minutes
Zu erbringende Studienleistung
see exercise
Literatur
1. M.R. Spiegel, L.J. Stephens, Theory and Problems of Statistics, Schaum's Outline Series, New York

2. J. Honerkamp, Stochastic Dynamical Systems, VCH, Weinheim
3. J. Pitman, Probability, Springer, Corr. 7th printing, 1993
4. D. Stoyan, Stochastik für Ingenieure und Naturwissenschaftler, Akademie Verlag, 1993
5. U. Krengel, Einführung in die Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik: Für Studium, Berufspraxis und Lehramt, Vieweg und Teubner 2005

Teilnahmevoraussetzung

none

Empfohlene Voraussetzung

Basic knowledge in mathematics

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Probability and statistics	11LE50MO-6100 PO 2021
Veranstaltung	
Probability and statistics	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-6100
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Biomedizinische Mikrotechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

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

Inhalt
Zu erbringende Prüfungsleistung
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.
Zu erbringende Studienleistung
Teilnahmevoraussetzung
none

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

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

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

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

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

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

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

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

Empfohlene Voraussetzung

Basic knowledge in physics, mathematics and materials

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Sensors	11LE50MO-7500/986 PO 2021
Veranstaltung	
Sensorik und Aktorik - Praktikum / Sensors - Laboratory	
Veranstaltungsart	Nummer
Praktikum	11LE50P-7500
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Sensoren	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

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

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

Name des Moduls	Nummer des Moduls
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
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	180 hours
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
none

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Biomedical Microsystems	Vorlesung	Wahlpflicht		2.00	180 hours
Biomedical Microsystems	Übung	Wahlpflicht		2.00	

Qualifikationsziel
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.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Biomedical Microsystems	11LE50MO-7900 PO 2021
Veranstaltung	
Biomedical Microsystems	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-7900
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Biomedizinische Mikrotechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

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

Inhalt
<p>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:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Introduction to Biomedical Microdevices ■ Medical Devices: Legal Framework and Classification ■ Glaucoma Monitoring Implant ■ Neural Implants to Restore Vision ■ Neural Implants to Record from the Brain ■ Sensors in Cardiac Pacemakers ■ Imaging Pills ■ Spectroscopic Billirubin Measurement ■ Trends for Intelligent Endoprostheses ■ Stability and Functionality Implantable MEMS ■ Packaging and Housing Concepts ■ Data and Energy Transmission in (Micro-)Implants <p>Finally, the content of the course and the learning targets will be summarized together with the students to facilitate the preparation of the examination.</p>

Zu erbringende Prüfungsleistung
Written examination with a duration of 90 minutes
Zu erbringende Studienleistung
see exercises
Literatur
Actual copies of the slides will be delivered accompanying to the lectures. Literature: ■ G. A. Urban (ed.) BioMEMS. Dordrecht: Springer 2006.
Teilnahmevoraussetzung
none

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Biomedical Microsystems	11LE50MO-7900 PO 2021
Veranstaltung	
Biomedical Microsystems	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-7900
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Biomedizinische Mikrotechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

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

Inhalt
Zu erbringende Prüfungsleistung
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.
Zu erbringende Studienleistung
Teilnahmevoraussetzung
none
Empfohlene Voraussetzung
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
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	180 hours
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
none
Empfohlene Voraussetzung
Basic knowledge in Physics, Electrical Engineering, Engineering Mechanics and Microsystems Technologies and Processes

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

Qualifikationsziel
<p>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.</p> <p>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.</p>

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Micro-actuators	11LE50MO-7300 PO 2021
Veranstaltung	
Micro-actuators - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-7300
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Mikroaktorik	
Fachbereich / Fakultät	
Institut für Mikrosystemtechnik	

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

Inhalt
<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>Electrostatics</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>Electromagnetics</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>Piezoelectricity</p> <p>Piezoelectric behavior is first introduced using the example of SiO₂, followed by PZT. Since piezo actuators are commonly obtained as modular parts, typical commercially available designs are presented and standard applications are discussed.</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.

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

written examination with a duration of 120 minutes or oral examination with a duration of 45 minutes

Zu erbringende Studienleistung

See exercise.

Teilnahmevoraussetzung

none

Empfohlene Voraussetzung

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
Veranstaltung	
Micro-actuators	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-7300
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Mikroaktorik	
Fachbereich / Fakultät	
Institut für Mikrosystemtechnik	

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

Inhalt
Zu erbringende Prüfungsleistung
see lecture
Zu erbringende Studienleistung
To successfully pass the assessment of the exercise, each student has to pass one short test of 45 min. with a grade of better than 4.0. In addition each student has to present once an exercise solution on the black board.
Teilnahmevoraussetzung
none
Empfohlene Voraussetzung
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
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	180 hours
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
keine
Empfohlene Voraussetzung
Basic knowledge in physics

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

Qualifikationsziel
<p>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.</p> <p>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.</p> <p>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.</p>

Name des Moduls		Nummer des Moduls	
Micro-fluidics		11LE50MO-7152 PO 2021	
Veranstaltung			
Micro-fluidics			
Veranstaltungsart		Nummer	
Vorlesung		11LE50V-7152	
Veranstalter			
Institut für Mikrosystemtechnik, Anwendungsentwicklung			
Fachbereich / Fakultät			
Institut für Mikrosystemtechnik			

ECTS-Punkte	6
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	52
Selbststudium	128
Workload	180 hours

Inhalt
<p>The topics of this course are:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Basic fluid properties ■ Fluid dynamics including the Navier-Stokes-Equation ■ Diffusion ■ Surface tension ■ Electrokinetics ■ The design of microfluidic chips ■ Basic fluidic elements
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
See exercise.
Literatur
Literatur: <ul style="list-style-type: none">■ Nguyen, Wereley; Microfluidics, Artech House■ Geschke, Klank, Telleman; Microsystem Eng. of Lab-on-a-Chip Devices, Wiley-VCh, 2nd edition■ Bruus; Theoretical Microfluidics, Oxford Univ. Press
Teilnahmevoraussetzung
none
Empfohlene Voraussetzung
Basic knowledge in physics

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Micro-fluidics	11LE50MO-7152 PO 2021
Veranstaltung	
Micro-fluidics	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-7152
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Anwendungsentwicklung	
Fachbereich / Fakultät	
Institut für Mikrosystemtechnik	

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

Inhalt	
Zu erbringende Prüfungsleistung	
Zu erbringende Studienleistung	
Participation in the exercises (Participation at 50% of the exercises is required).	
Teilnahmevoraussetzung	
none	
Empfohlene Voraussetzung	
none	

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

Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
ECTS-Punkte	30,0
Benotung	A- Berechnung 1 NachK

Kommentar
<p>There are four different concentration areas: Circuits and Systems, Materials and Fabrication, Biomedical Engineering und Photonics. Students will choose one of these four areas and complete 30 ECTS points in the same area. Up to 9 of these 30 ECTS points may be completed in the Customized Course Selection area. The modules belonging to the concentration areas are described in detail in a separate document which is enclosed in the set of files. Below, please find a list of the concentration modules in alphabetical order.</p>

Concentration Areas

The Modules and courses of the four concentration areas

- Circuits and Systems (Schaltungen und Systeme),
- Materials and Fabrication (Materialien und Herstellungsprozesse),
- Biomedical Engineering (Biomedizinische Technik) and
- Photonics (Photonik)

are open for all three master programs Master of Science Microsystems Engineering, Master of Science Mikrosystemtechnik and Master of Science Embedded Systems Engineering under the constraints of the respective rules for concentration or specialisation. Furthermore these modules and courses are open for students of other master programs of the Faculty of Engineering after clearance by the respective deans of studies. In order to avoid redundance, these module/course descriptions are summarised in a single document that is referenced in the module handbooks of these programs and that is attached separately. Therefore these modules, which are typically held every second semester, are just listed here.

Circuits and Systems

- Angewandte Sensorschaltungstechnik
- CMOS-Integrierte Mikrosysteme / CMOS MEMS
- Drahtlose Sensordsysteme / Wireless Sensor Systems
- Energiegewinnung / Energy harvesting
- Entwurf Analoger CMOS Schaltungen / Analog CMOS Circuit Design
- Entwurf von CMOS Mixed-Signal Schaltungen / Mixed-Signal CMOS Circuit Design
- Flugregelung Praktikum / Flight Control Laboratory
- Fortgeschrittene Aufbau- und Verbindungstechnik / Advanced Assembly and Packaging Technology
- Fortgeschrittenes Mikrocontroller-Praktikum / Advanced Microcontroller Lab
- Leistungselektronik für die Elektromobilität/Power Electronics for E-Mobility
- Mikroakustische Wandler / Micro Acoustical Transducers
- Mikrocomputertechnik/ Microcontroller Techniques - Praktikum

- Model Predictive Control and Reinforcement Learning
- MST Design Lab II for Microsystems Engineering
- Numerische Optimale Steuerung - Projekt / Numerical Optimal Control in Engineering - Project
- Numerische Optimierung / Numerical Optimization
- Numerische Optimierung Projekt / Numerical Optimization Project
- Rennautoregelung Praktikum / Race Car Control Laboratory
- RF- und Mikrowellen Bauelemente und Schaltungen / RF- and Microwave Devices and Circuits
- RF- und Mikrowellen Schaltungen und Systeme / RF- and Microwave Circuits and Systems
- RF- und Mikrowellen Systeme - Design Kurs / RF- and Microwave Systems- Design Course
- Sensors and actuators circuit technology
- Sensor-Aktor-Schaltungstechnik
- State Space Control Systems
- Thermoelektrik und thermische Messtechnik
- Windenergiesysteme / Wind Energy Systems
- Zuverlässigkeitstechnik / Reliability Engineering

Materials and Fabrication

- Computational physics: material science
- Disposable sensors
- Electrochemical energy applications: fuel cells and electrolysis
- Elektrochemische Methoden für Ingenieure / Electrochemical Methods for Engineers
- Energiespeicherung und Wandlung mittels Brennstoffzellen / Energy storage and conversion using fuel cells
- Fortgeschrittene Siliziumtechnologie / Advanced Silicon Technology
- Funktionale Sicherheit - Aktive Resilienz / Functional Safety, Security and Sustainability: Active Resilience
- Hardware-Entwicklung mit der Finite-Elemente-Methode / Hardware Design with the Finite-Element-Method
- Keramische Werkstoffe der Mikrotechnik / Ceramic Materials for microsystems
- Kontakt, Adhäsion, Reibung / Contact, Adhesion, Friction
- Kontinuumsmechanik I mit Übungen / Continuum mechanics I with exercises
- Kontinuumsmechanik II mit Übungen / Continuum mechanics II with exercises
- Konstitutive Gleichungen und Diskretisierungsverfahren zur Versagensmodellierung / Physics of Failure
- Lithographie / Lithography
- Materials for Electronic Systems
- Mechanische Eigenschaften und Degradationsmechanismen / Mechanical Properties and Degradation Mechanisms
- Methoden der Materialanalyse / Methods of Material Analysis
- Mikrostrukturierte Kunststoffkomponenten / Microstructured Polymer Components
- Nanomaterialien / Nanomaterials
- Nanotechnologie / Nanotechnology
- Nano - Praktikum / Nano - Laboratory
- Oberflächenanalyse / Surface Analysis
- Oberflächenanalyse – Praktikum / Surface Analysis Laboratory
- Optimierung
- Optimierung von Fertigungsverfahren / Advanced engineering
- Polymer Processing and Microsystems Engineering
- Quantenmechanik für Ingenieur*innen / Quantum Mechanics for Engineers
- Reinraumlaborkurs für Ingenieure / Clean Room Laboratory for Engineers
- Resilienzquantifizierung / Quantification of Resilience
- Solare Energie / Solar Energy
- Techniken zur Oberflächenmodifizierung / Surface coating Techniques
- Verbindungshalbleiter / Compound semiconductor devices
- Von Mikrosystemen zur Nanowelt / From Microsystems to the Nanoworld
- Werkstoffdynamik / Dynamics of Materials: Material Characterization

Biomedical Engineering

- Analyse von Life Science Hochdurchsatzdaten mit Galaxy
- Ausgewählte Problemstellungen in Biosignalverarbeitung / Selected Problems in Biosignal Processing
- Biofunktionelle Materialien - für medizinische Mikrosystemtechnik und Gesundheitsvorsorge / Biofunctional Materials - for medical microsystems and healthcare
- Biointerfaces I - Basics for Bioanalytical Systems
- Biomedizinische Messtechnik I / Biomedical Instrumentation I
- Biomedizinische Messtechnik II / Biomedical Instrumentation II
- Biomedizinische Messtechnik - Praktikum / Biomedical Instrumentation - Laboratory
- BioMEMS
- Bionische Sensoren / Bionic Sensors
- Biophysics of cardiac function and signals
- Biophysik - Grundlagen und Konzepte

- Biotechnologie für Ingenieure I: Einführung, Molekular- und Mikrobiologie / Biotechnology for Engineers I: Introduction, Molecular- and Microbiology
- Biotechnologie für Ingenieure II / Biotechnology for Engineers II
- Ethische Aspekte der Neurotechnologie / Ethical Aspects of Neurotechnology
- Grundlagen der Elektrostimulation / Fundamentals of electrical stimulation
- Introduction to data driven life sciences
- Introduction to physiological control systems
- Machine Learning
- 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
- Mikrosystemtechnik in der Medizin / Microsystems technology in Medicine
- Nanobiotechnologie / Nanobiotechnology
- Neurophysiologie - Praktikum / Neurophysiology - Laboratory
- Neuroprothetik / Neuroprosthetics
- Neurowissenschaften für Ingenieure / Neuroscience for Engineers
- Signalverarbeitung und Analyse von Gehirnsignalen / Signal processing and analysis in brain signals
- Siliziumbasierte Neurosonden / Silicon-based Neural Technology
- Technologien der Implantatfertigung / Implant Manufacturing Technologies
- Technologien der Implantatfertigung - Praktikum / Implant Manufacturing Technologies - Laboratory

Photonics

- Gassensorik / Gas sensors_PO 2009_2
- Lasers
- Microscopy and Optical Image Formation
- Nano-Photonik – Optische Manipulation und Partikeldynamik
- Optik-Praktikum Grundlagen / Basic Optics Laboratory
- Optik-Praktikum Fortgeschritten / Advanced Optics Laboratory
- Optische Materialien / Optical Materials
- Optische MEMS / Optical MEMS
- Optische Messverfahren: Grundlagen und Anwendungen in der Praxis / Optical measurement techniques
- Optical metrology for quality assurance in sustainable production
- Optoelektronik / Optoelectronics
- Spektroskopische Methoden
- Wellenoptik / Wave Optics

Name des Kontos	Nummer des Kontos
Customized Course Selection	11LE50KO-WP-MSc-986-2021 CCS
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
Benotung	A- Berechnung 1 NachK

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
Benotung	A- Berechnung 1 NachK

Kommentar
In this area you will find modules which are not part of any of the four concentration areas.

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
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Präsenzstudium	28 Stunden
Selbststudium	62 Stunden
Workload	90 Stunden, 90 hours
Angebotsfrequenz	in jedem Semester

Teilnahmevoraussetzung
keine

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Ergebnisse wissenschaftlich präsentieren / Scientific writing and presentation - Seminar	Seminar	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 h

Qualifikationsziel
<p>Die Studierenden werden</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ über die Bedeutung der Einhaltung der guten wissenschaftlichen Praxis informiert ■ in die Lage versetzt, ein Labortagebuch (Laborjournal) und einfache wissenschaftliche Berichte zu schreiben ■ über das Erstellen einer Master- bzw. Promotionsarbeit informiert ■ in die Lage versetzt, einen wissenschaftlichen Vortrag (15 min), einen Kurzvortrag (3 min), ein wissenschaftliches Poster sowie ein Werbeposter zu erstellen und zu präsentieren.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Schriftliche oder mündliche Prüfungsleistung

Verwendbarkeit der Veranstaltung

- 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
 - PO 2021: Individuelle Ergänzung
- Master of Science im Fach Microsystems Engineering
 - Personal Profile
 - PO 2021: Customized Course Selection

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Ergebnisse wissenschaftlich präsentieren / Scientific writing and presentation	11LE50MO-5801 PO 2021
Veranstaltung	
Ergebnisse wissenschaftlich präsentieren / Scientific writing and presentation - Seminar	
Veranstaltungsart	Nummer
Seminar	11LE50S-5801
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik, Werkstoffprozesstechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	4
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprachen	deutsch, englisch
Präsenzstudium	28 Stunden

Inhalt
The following topics will be covered during the course: <ul style="list-style-type: none"> ■ Ancient and current scientific malpractice ■ Rules for safeguarding good scientific practice ■ Laboratory journal, Scientific reports (from project reports to dissertation thesis) ■ Lecture presentation ■ Oral poster presentation (3 minutes lecture) ■ Scientific poster presentation, "Advertisement" poster
Zu erbringende Prüfungsleistung
Die Leistungen werden während der Veranstaltung erbracht: <ul style="list-style-type: none"> ■ 15 min Vortrag (50%) ■ Kurzvortrag (20%) ■ wissenschaftliches Poster (20%) ■ Werbeposter (10%) The following course work has to be done: <ul style="list-style-type: none"> ■ a 15-minute oral presentation (50%) ■ a short presentation (20%) ■ a scientific poster (20%) ■ a marketing poster (10%)
Zu erbringende Studienleistung

Literatur
<ul style="list-style-type: none">■ C. Ascheron, Die Kunst des wissenschaftlichen Präsentierens und Publizierens, Elsevier, München, 2007, ISBN-13: 978-3-8274-1741-1■ H.F. Ebel, C. Bliefert, W.E. Russey, The Art of Scientific Writing, Wiley-VCH, Weinheim, 2004, ISBN: 978-3-527-29829-7
Teilnahmevoraussetzung
keine
Lehrmethoden
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
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Präsenzstudium	28 oder 32 Stunden
Selbststudium	58 oder 62 Stunden
Workload	90 Stunden
Angebotsfrequenz	in jedem Semester

Teilnahmevoraussetzung
none

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Projektmanagement für Ingenieure / Project management for engineers - Seminar	Seminar	Wahlpflicht		2.00	

Qualifikationsziel
Lernziele / Lernergebnisse
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
Schriftliche Prüfungsleistung

Benotung
Die Modulnote errechnet sich zu 100% aus der schriftlichen oder mündlichen Abschlussprüfung.
Zusammensetzung der Modulnote
<ul style="list-style-type: none"> ■ Bachelor of Science im Fach Embedded Systems Engineering, Prüfungsordnungsversion 2009: Die Modulnote wird nach ECTS-Punkten dreifach gewichtet in die Gesamtnote eingerechnet. ■ Bachelor of Science im Fach Embedded Systems Engineering Prüfungsordnungsversion 2011: Die Modulnote wird nach ECTS-Punkten dreifach gewichtet in die Gesamtnote eingerechnet. ■ 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 Informatik, Prüfungsordnungsversion 2005: Die Modulnote wird nach ECTS-Punkten einfach gewichtet in die Gesamtnote eingerechnet. ■ Master of Science im Fach Informatik, Prüfungsordnungsversion 2011: 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. ■ Master of Science im Fach Mikrosystemtechnik, Prüfungsordnungsversion 2009: Die Modulnote wird nach ECTS-Punkten einfach gewichtet in die Gesamtnote eingerechnet.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
<p>Wahlmodul für Studierende des Studiengangs</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Bachelor of Science im Fach Embedded Systems Engineering ■ Master of Science im Fach Informatik <ul style="list-style-type: none"> - Fachfremdes Wahlmodul Mikrosystemtechnik ■ Master of Science im Fach Embedded Systems Engineering <ul style="list-style-type: none"> - Personal Profile ■ Master of Science im Fach Mikrosystemtechnik <ul style="list-style-type: none"> - Personal Profile - PO 2021: Individuelle Ergänzung ■ Master of Science im Fach Microsystems Engineering <ul style="list-style-type: none"> - Personal Profile - PO 2021: Customized Course Selection

Name des Moduls		Nummer des Moduls	
Projektmanagement für Ingenieure / Project management for engineers		11LE50MO-5803 PO 2021	
Veranstaltung			
Projektmanagement für Ingenieure / Project management for engineers - Seminar			
Veranstaltungsart		Nummer	
Seminar		11LE50P-5803	
Veranstalter			
Institut für Mikrosystemtechnik, Mikroaktorik			
Fachbereich / Fakultät			
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik			

ECTS-Punkte	3
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	4
Angebotsfrequenz	in jedem Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprachen	deutsch, englisch
Präsenzstudium	28 oder 32 Stunden

Inhalt	
<p>The course comprises a mixture of lecture and group work with short presentations of the obtained project plans.</p> <p>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.</p> <p>Various planning techniques and plans will be introduced: project environment analysis, risk analysis, work breakdown structure, Gantt chart and SWOT analysis.</p> <p>The financial budgeting of a project will be shown: existing cost factors, their estimation and what exactly has to be considered.</p> <p>In addition, the more technical aspect of project planning will be supplemented with soft skills, like how to lead a discussion, mediation, etc.</p> <p>MS Project will be used to make the project management simpler. With its help project plans for fictitious projects will be developed.</p> <p>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.</p>	
Zu erbringende Prüfungsleistung	
Zu erbringende Studienleistung	
Literatur	
Regularly updated lecture notes are available.	

Teilnahmevoraussetzung
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
Benotung	A- Berechnung 1 NachK

Name des Kontos	Nummer des Kontos
Language courses	11LE50KO-WP-MSc-986-2021 KT 3
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
Benotung	A- Berechnung 1 NachK

Kommentar
<p>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.</p>

GLOSSARY

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

EDITION NOTICE

1st Edition, as of 28th April 2021

Editor:

Program Coordination *Microsystem Engineering*
Svenja Andresen

Please send bug reports to studiengangkoordination.mst@imtek.uni-freiburg.de

Publisher:

The Dean of Academic Affairs *Microsystem Engineering*
Prof. Dr.-Ing. Jürgen Wilde
Faculty of Engineering
IMTEK – Department of Microsystems Engineering
Georges-Koehler-Allee 103
79110 Freiburg
Germany
www.imtek.uni-freiburg.de

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Fahnenbergplatz
79085
Freiburg
www.uni-freiburg.de





Anhang/Appendix zu den Modulhandbüchern

Concentration Areas - Vertiefungsbereiche
der Studiengänge

Master of Science im Fach Microsystems Engineering PO 2021
Master of Science im Fach Mikrosystemtechnik PO 2021
Master of Science im Fach Embedded Systems Engineering -
Bereich/Area Microsystems Engineering

Weitere Master of Science Studiengänge der Technischen Fakultät
nach Freigabe durch den jeweiligen Studiendekan

Content

Concentration Areas	5
Circuits and Systems	6
Angewandte Sensorschaltungstechnik	7
CMOS-Integrierte Mikrosysteme / CMOS MEMS	9
Drahtlose Sensorsysteme / Wireless Sensor Systems	14
Energiegewinnung / Energy harvesting	18
Entwurf Analoger CMOS Schaltungen / Analog CMOS Circuit Design	22
Entwurf von CMOS Mixed-Signal Schaltungen / Mixed-Signal CMOS Circuit Design	28
Flugregelung Praktikum / Flight Control Laboratory	32
Fortgeschrittene Aufbau- und Verbindungstechnik / Advanced Assembly and Packaging Technology	35
Fortgeschrittenes Mikrocontroller-Praktikum / Advanced Microcontroller Lab	39
Leistungselektronik für die Elektromobilität/Power Electronics for E-Mobility	42
Mikroakustische Wandler / Micro Acoustical Transducers	46
Mikrocomputertechnik/ Microcontroller Techniques - Praktikum	49
Model Predictive Control and Reinforcement Learning	51
MST Design Lab II for Microsystems Engineering	56
Numerische Optimale Steuerung - Projekt / Numerical Optimal Control in Engineering - Project..	63
Numerische Optimierung / Numerical Optimization.....	65
Numerische Optimierung Projekt / Numerical Optimization Project.....	69
Rennautoregelung Praktikum / Race Car Control Laboratory	71
RF- und Mikrowellen Bauelemente und Schaltungen / RF- and Microwave Devices and Circuits.	74
RF- und Mikrowellen Schaltungen und Systeme / RF- and Microwave Cir- cuits and Systems.....	77
RF- und Mikrowellen Systeme - Design Kurs / RF- and Microwave Systems- Design Course	80
Sensors and actuators circuit technology	83
Sensor-Aktor-Schaltungstechnik.....	86
State Space Control Systems	90
Thermoelektrik und thermische Messtechnik	94
Windenergiesysteme / Wind Energy Systems	96
Zuverlässigkeitstechnik / Reliability Engineering.....	99
Materials and Fabrication	104
Computational physics: material science	105
Disposable sensors	109
Electrochemical energy applications: fuel cells and electrolysis.....	112
Elektrochemische Methoden für Ingenieure / Electrochemical Methods for Engineers	114
Energiespeicherung und Wandlung mittels Brennstoffzellen / Energy sto- rage and conversion using fuel cells.....	117
Fortgeschrittene Siliziumtechnologie / Advanced Silicon Technology	120
Funktionale Sicherheit - Aktive Resilienz / Functional Safety, Security and Sustainability: Active	

Resilience.....	122
Hardware-Entwicklung mit der Finite-Elemente-Methode / Hardware Design with the Finite-Element-Method	127
Keramische Werkstoffe der Mikrotechnik / Ceramic Materials for microsystems.....	129
Kontakt, Adhäsion, Reibung / Contact, Adhesion, Friction	132
Kontinuumsmechanik I mit Übungen / Continuum mechanics I with exercises	136
Kontinuumsmechanik II mit Übungen / Continuum mechanics II with exercises	141
Konstitutive Gleichungen und Diskretisierungsverfahren zur Versagensmodellierung / Physics of Failure	146
Lithographie / Lithography	150
Materials for Electronic Systems.....	153
Mechanische Eigenschaften und Degradationsmechanismen / Mechanical Properties and Degradation Mechanisms	158
Methoden der Materialanalyse / Methods of Material Analysis	161
Mikrostrukturierte Kunststoffkomponenten / Microstructured Polymer Components.....	163
Nanomaterialien / Nanomaterials.....	167
Nanotechnologie / Nanotechnology	170
Nano - Praktikum / Nano - Laboratory	174
Oberflächenanalyse / Surface Analysis	176
Oberflächenanalyse – Praktikum / Surface Analysis Laboratory	178
Optimierung.....	181
Optimierung von Fertigungsverfahren / Advanced engineering	185
Polymer Processing and Microsystems Engineering	188
Quantenmechanik für Ingenieur*innen / Quantum Mechanics for Engineers	192
Reinraumlaborkurs für Ingenieure / Clean Room Laboratory for Engineers	197
Resilienzquantifizierung / Quantification of Resilience	201
Solare Energie / Solar Energy	205
Techniken zur Oberflächenmodifizierung / Surface coating Techniques	208
Verbindungshalbleiter / Compound semiconductor devices.....	210
Von Mikrosystemen zur Nanowelt / From Microsystems to the Nanoworld	213
Werkstoffdynamik / Dynamics of Materials: Material Characterization	216
Biomedical Engineering	221
Analyse von Life Science Hochdurchsatzdaten mit Galaxy.....	222
Ausgewählte Problemstellungen in Biosignalverarbeitung / Selected Problems in Biosignal Processing	225
Biofunktionelle Materialien - für medizinische Mikrosystemtechnik und Gesundheitsvorsorge / Biofunctional Materials - for medical microsystems and healthcare	230
Biomedizinische Messtechnik I / Biomedical Instrumentation I	233
Biomedizinische Messtechnik II / Biomedical Instrumentation II.....	238
Biomedizinische Messtechnik - Praktikum / Biomedical Instrumentation - Laboratory.....	243
BioMEMS	246
Bionische Sensoren / Bionic Sensors	249

Biophysics of cardiac function and signals.....	251
Biophysik - Grundlagen und Konzepte.....	254
Biotechnologie für Ingenieure I: Einführung, Molekular- und Mikrobiologie / Biotechnology for Engineers I: Introduction, Molecular- and Microbiology.....	259
Biotechnologie für Ingenieure II / Biotechnology for Engineers II	263
Ethische Aspekte der Neurotechnologie / Ethical Aspects of Neurotechnology	267
Grundlagen der Elektrostimulation / Fundamentals of electrical stimulation.....	269
Introduction to data driven life sciences	272
Introduction to physiological control systems	275
Machine Learning	279
Mikrofluidik II: Miniaturisieren, Automatisieren, und Parallelisieren biochemischer Analyseverfahren: Von der Idee zum Produkt / Microfluidics II: Miniaturize, automate and parallelize biochemical analysis: From idea to product launch.....	283
Mikrosystemtechnik in der Medizin / Microsystems technology in Medicine.....	288
Nanobiotechnologie / Nanobiotechnology.....	290
Neurophysiologie - Praktikum / Neurophysiology - Laboratory.....	293
Neuroprothetik / Neuroprosthetics	296
Neurowissenschaften für Ingenieure / Neuroscience for Engineers	299
Signalverarbeitung und Analyse von Gehirnsignalen / Signal processing and analysis in brain signals.....	304
Siliziumbasierte Neurosonden / Silicon-based Neural Technology	308
Technologien der Implantatfertigung / Implant Manufacturing Technologies.....	311
Technologien der Implantatfertigung - Praktikum / Implant Manufacturing Technologies - Laboratory	315
Biointerfaces I - Basics for Bioanalytical Systems.....	318
Photonics	320
Gassensorik / Gas sensors_PO 2009_2.....	321
Lasers	324
Microscopy and Optical Image Formation.....	326
Nano-Photonik – Optische Manipulation und Partikeldynamik	331
Optik-Praktikum Grundlagen / Basic Optics Laboratory	336
Optik-Praktikum Fortgeschritten / Advanced Optics Laboratory	340
Optische Materialien / Optical Materials.....	343
Optische MEMS / Optical MEMS	347
Optische Messverfahren: Grundlagen und Anwendungen in der Praxis / Optical measurement techniques.....	350
Optical metrology for quality assurance in sustainable production	353
Optoelektronik / Optoelectronics.....	357
Spektroskopische Methoden	361
Wellenoptik / Wave Optics.....	363

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

Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
ECTS-Punkte	30,0
Benotung	A- Berechnung 1 NachK

Kommentar
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
Benotung	A- Berechnung 1 NachK

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Angewandte Sensorschaltungstechnik	11LE50MO-5268 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Peter Woias	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Konstruktion von Mikrosystemen	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.5
Empfohlenes Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 Stunden
Angebotsfrequenz	in jedem Semester

Teilnahmevoraussetzung
Keine
Empfohlene Voraussetzung
Keine

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Angewandte Sensorschaltungstechnik - Praktische Übung	Praktikum	Wahlpflicht	3,0	2.50	180 Stunden

Qualifikationsziel
Die Studierenden haben praktisches "hands-on" Wissen zum Design, zur Simulation, zur Herstellung und zum Test einer elektronischen Sensorschaltung erworben. Sie sind in der Lage elektronische Schaltungen zu entwickeln, diese in PSPICE zu simulieren, ein Schaltungslayout zu entwerfen und die Schaltung als Platine aufzubauen. Sie können eine Schaltung messtechnisch charakterisieren und können ihre Ergebnisse in Form einer Kurzpräsentation vorstellen.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Unter anderem: Für Studierende im M.Sc. Mikrosystemtechnik oder M.Sc. Microsystems Engineering, PO 2021, Vertiefung Schaltungen und Systeme (Circuits and Systems).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Angewandte Sensorschaltungstechnik	11LE50MO-5268 PO 2021
Veranstaltung	
Angewandte Sensorschaltungstechnik - Praktische Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Praktikum	11LE50prÜ-5268
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Konstruktion von Mikrosystemen	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.5
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	in jedem Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	deutsch
Präsenzstudium	52 Stunden
Selbststudium	128 Stunden
Workload	180 Stunden

Inhalt
<p>Inhalte sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Entwurf des Schaltungskonzeptes für ein elektronisches Sensorinterface • PSPICE-Simulation des gefundenen Konzeptes, Optimierung der Schaltung • Platinenlayout • Platinenfertigung und -bestückung • Schaltungstest • Abschlußpräsentation
Zu erbringende Prüfungsleistung
Praktische Prüfungsleistung (Durchführung von Versuchen, Erstellung von Demonstratoren oder Software).
Zu erbringende Studienleistung
Durchführung von bzw. Teilnahme an Versuchen.
Literatur
<p>Tietze, Schenk, Gamm, Halbleiter-Schaltungstechnik, 15. Auflage, 2016, Springer, Berlin, ISBN 978-3-662-48354-1. Schrüfer, Reindl, Zagar, Elektrische Messtechnik, 11. Auflage, 2014, Carl-Vieweg-Verlag, München, ISBN 978-3-446-44208-5.</p>
Teilnahmevoraussetzung
keine

Name des Moduls	Nummer des Moduls
CMOS-Integrierte Mikrosysteme / CMOS MEMS	11LE50MO-5271 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Oliver Paul	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Materialien der Mikrosystemtechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

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

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
Knowledge of sensors, MEMS technologies, semiconductor physics

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
CMOS-Integrierte Mikrosysteme / CMOS MEMS	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	2.00	180 hours
CMOS-Integrierte Mikrosysteme / CMOS MEMS	Übung	Wahlpflicht		2.00	

Qualifikationsziel
<p>The commercially most successful microsystems to date have been based on silicon. Companies such as Bosch, Analog Devices, Texas Instruments, Sensirion, and other small and medium enterprises have built their success on this wise technological choice which allows to co-integrate microsystems compatible with silicon foundry services and commercial silicon technologies, in particular CMOS technologies. It will offer a healthy mix of technology, physical sensor principles and operating techniques, and will be enriched with examples that made it into the market and others that have remained scientific visions. In tune with the progress of the lecture material, home-work will be assigned, with the presentation and discussion of solutions by students during the course hours. In summary, the attendees will acquire a broad range of skills towards becoming productive engineers in the field of smart MEMS.</p>

Verwendbarkeit der Veranstaltung

Students enrolled in the M.Sc. programme Microsystems Engineering or Mikrosystemtechnik (2021 version of the exam regulations) can complete this module in the concentration area Circuits and Systems (=Schaltungen und Systeme).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
CMOS-Integrierte Mikrosysteme / CMOS MEMS	11LE50MO-5271 PO 2021
Veranstaltung	
CMOS-Integrierte Mikrosysteme / CMOS MEMS	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5271
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Materialien der Mikrosystemtechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	60 hours
Selbststudium	120 hours
Workload	180 hours

Inhalt
<ol style="list-style-type: none"> 1. Introduction 2. Basic technologies 3. Magnetic sensors 4. Stress sensors 5. Inertial sensors 6. Thermal sensors 7. Radiation sensors 8. Calibration
Zu erbringende Prüfungsleistung
Oral examination if there are 20 or fewer than 20 registered participants; written examination if there are more than 20 registered participants (minimum 60 and maximum 240 minutes). Details will be announced by the examiner in due time.
Zu erbringende Studienleistung
See exercise
Literatur
A script will be handed out during the course.
Teilnahmevoraussetzung
none

Empfohlene Voraussetzung

Knowledge of sensors, MEMS technologies, semiconductor physics

Name des Moduls	Nummer des Moduls
CMOS-Integrierte Mikrosysteme / CMOS MEMS	11LE50MO-5271 PO 2021
Veranstaltung	
CMOS-Integrierte Mikrosysteme / CMOS MEMS	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5271
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Materialien der Mikrosystemtechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

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

Inhalt
The exercises will deepen the topics treated during the lecture. They will allow the students to rethink and rework the more theoretical aspects and apply them to realistic examples inspired from commercial products and more academic ideas. Thereby they will see their vision sharpened for the challenges awaiting them in their future professional work in the area of smart MEMS. Solution approaches to the homework problems will be presented weekly by the participants and discussed and elaborated upon with the group of colleagues under the guidance of the professor. This discursive, participative approach allows to learn more than by being presented with up-front oral or written solutions.
Zu erbringende Prüfungsleistung
See lecture
Zu erbringende Studienleistung
The "Studienleistung" consists of (1) the documented, successful attempt to solve more than 60% of the homework problems (as checked weekly); "60% of the homework problems" means the fraction of the overall number of homework problems proposed during the course, not of each homework problem separately; "successful" means that the solution could be presented by the student in front of the class; (2) the presentation of a representative number of solutions of homework problems in front of the class.
Teilnahmevoraussetzung
none

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Drahtlose Sensorsysteme / Wireless Sensor Systems	11LE50MO-5230 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Leonhard Reindl	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Elektrische Mess- und Prüfverfahren	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	3.0
Empfohlenes Fachsemester	4
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 hours
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
Knowledge of metrology fundamentals, sensor principles, electronic circuit design, and wave physics.

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Drahtlose Sensorsysteme / Wireless Sensor Systems	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 hours
Drahtlose Sensorsysteme / Wireless Sensor Systems	Übung	Wahlpflicht		1.00	

Qualifikationsziel
Graduates of the course have knowledge of typical assemblies, methods and application areas of wireless sensor systems (DSS). They can make appropriate design decisions for different scenarios independently and know common terminologies to communicate them. Using current examples, such as inductive interfaces to implants and ultrasound localization systems, they will learn about the current state of research and technology and be able to reflect this together with the problems. They are able to transfer specialized knowledge from other engineering-typical courses to DSS.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students enrolled in the M.Sc. programme Microsystems Engineering or Mikrosystemtechnik (2021 version of the exam regulations) can complete this module in the concentration area Circuits and Systems (=Schaltungen und Systeme).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Drahtlose Sensorsysteme / Wireless Sensor Systems	11LE50MO-5230 PO 2021
Veranstaltung	
Drahtlose Sensorsysteme / Wireless Sensor Systems	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5230
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Elektrische Mess- und Prüfverfahren	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	5
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	39 hours
Selbststudium	51 hours
Workload	90 hours

Inhalt
At the beginning, wireless sensor systems, their design and application fields are discussed in more general terms, to be considered in detail in later lectures. This includes circuit design, power sources and management, sensors and transducers, communication methods and hardware related network layers.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Written examination.
Zu erbringende Studienleistung
See exercise.
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> ■ R. Selmic, V. Phoha and A. Serwadda, „Wireless Sensor Networks : Security, Coverage, and Localization”, Springer, 2016. ■ W. Dargie and C. Poellabauer, „Fundamentals of Wireless Sensor Networks: Theory and Practice”, Wiley Series on Wireless Communications and Mobile Computing, 2010. ■ N. Bulusu and S. Jha, “Wireless Sensor Networks A Systems Perspective”, Artech Print on Demand, 2005. <p><i>// more recommendations will be given in the lecture.</i></p>
Teilnahmevoraussetzung
None

Empfohlene Voraussetzung

Knowledge of metrology fundamentals, sensor principles, electronic circuit design, and wave physics.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Drahtlose Sensorsysteme / Wireless Sensor Systems	11LE50MO-5230 PO 2021
Veranstaltung	
Drahtlose Sensorsysteme / Wireless Sensor Systems	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5230
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Elektrische Mess- und Prüfverfahren	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

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

Inhalt
In der Übung werden kompetenzorientierte Fragen zur Vorlesung der letzten Woche besprochen, die vorher über ILIAS an die Studierenden kommuniziert wurden. Die Teilnahme ist nicht verpflichtend, jedoch sehr empfohlen um frühzeitig Fragen zu klären und das tiefere Verständnis zu fördern.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Zu erbringende Studienleistung
keine
Teilnahmevoraussetzung

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Energiegewinnung / Energy harvesting	11LE50MO-5703 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Peter Woias	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Konstruktion von Mikrosystemen	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

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

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
None

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Energiegewinnung / Energy harvesting	Vorlesung	Wahlpflicht		2.00	180 hours
Energiegewinnung / Energy harvesting	Übung	Wahlpflicht		2.00	

Qualifikationsziel
The students know the basic principles of (micro) energy harvesting. They know several energy conversion techniques, energy storage concepts and power management strategies in detail. The students are able to estimate the energy generation of different harvesting techniques and to work on the design of energy autonomous embedded systems. The importance of the system-level design in these systems is, in general, a central objective in this class.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students enrolled in the M.Sc. programme Microsystems Engineering or Mikrosystemtechnik (2021 version of the exam regulations) can complete this module in the concentration area Circuits and Systems (=Schaltungen und Systeme).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Energiegewinnung / Energy harvesting	11LE50MO-5703 PO 2021
Veranstaltung	
Energiegewinnung / Energy harvesting	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5703
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Konstruktion von Mikrosystemen	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	6
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	52 hours
Selbststudium	128 hours
Workload	180 hours

Inhalt
<ul style="list-style-type: none"> ■ Harmonical Oscillator (with bending beams) ■ Piezoelectric Energy Harvesters ■ Electrodynamical Energy Harvesters ■ Electrostatic Energy Harvesters ■ Non-Resonant Generators ■ Thermoelectric Generators & Processes ■ Thermomechanic Generators ■ Capacitive Storages and Accumulators ■ Step-up Converters and Advanced Step-up Converter Design ■ Energy Harvesting Applications
Zu erbringende Prüfungsleistung
Written or oral exam.
Zu erbringende Studienleistung
None
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> ■ S. Roundy et al, "Energy Scavenging for Wireless Sensor Networks: with Special Focus on Vibrations", 2004, Kluwer Academic Publishers Group, The Netherlands

- D. Priya, S. Shank, "Energy Harvesting Technologies", 2009, Springer Science+Business Media LLC, New York

Teilnahmevoraussetzung

None

Empfohlene Voraussetzung

None

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Energiegewinnung / Energy harvesting	11LE50MO-5703 PO 2021
Veranstaltung	
Energiegewinnung / Energy harvesting	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5703
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Konstruktion von Mikrosystemen	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	4
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalt
Zu erbringende Prüfungsleistung
See lecture.
Zu erbringende Studienleistung
None
Teilnahmevoraussetzung

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

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

Teilnahmevoraussetzung
A good understanding of the knowledge imparted in the Micro-electronics module (5070) is crucial for a successful completion of this module. In addition, the MST PC lab only has got 20 seats. A mandatory requirement for participation in this module is therefore the successful completion of the Micro-electronics module with a minimum mark of 2.7. The limited number of 20 seats will be distributed among applying students based on the ranking of achieved marks in Micro-electronics.

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Entwurf Analoger CMOS Schaltungen / Analog CMOS Circuit Design	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	2.00	180 hours
Entwurf Analoger CMOS Schaltungen - Praktikum / Analog CMOS Circuit Design - Laboratory	Praktikum	Wahlpflicht		2.00	

Qualifikationsziel
<p>The module is divided in a lecture and a practical course.</p> <p>Lecture Illustrated by the examples of simple analog circuits, e.g., amplifiers or reference circuits, this lecture puts its focus on a systematic approach to the analysis of analog circuits. After a successful participation in this course, the student will thus be able to analyze even complex systems.</p> <p>Another focus is put on two of the most demanding building blocks for mixed-signal circuit design: the analog-to-digital and the digital-to-analog converter. With steadily advancing digitalization, these components have to satisfy the demands for ever increasing bandwidth, resolution and optimum power efficiency. The student will be in the position to choose the right principle for an application based on the different state-of-the-art architectures as well as the major non-idealities which limit their performance.</p> <p>Finally, sensor readout circuits will be considered as examples of complex electromechanical systems in which the concepts and components considered thus far are put into application. Therewith, the student will be able to break down complex systems to simpler sub-systems and thus reduce the analysis of complex systems to the analysis and interaction of their simpler sub-systems.</p> <p>Practical exercise</p> <p>Based on the example of a two-stage amplifier with RC compensation, this practical exercise illustrates the typical design flow of an analog integrated circuit. According to the specifications of the amplifier, all transistors will be dimensioned based on hand calculations at first. Thus, a deeper understanding of this analog circuit will be developed. Next, the circuit will be implemented and simulated on transistor level using the software Cadence Spectre whereby its functionality will be verified. This approach represents an iterative task since the transistor parameters must be varied until all specifications are met. The student will thus learn that hand calculations are an absolute must in order to gain a first insight into the circuit while they also result in a first cut of the circuit for simulations. However, the results of the hand calculations do not present the final cut of the transistor sizes; on the contrary, they may considerably deviate from them.</p> <p>The last task consists in finalizing the circuit while taking real-life conditions and nonidealities into account, e.g., temperature-, process and parameter variations. The student will thus learn that a successful implementation of an integrated circuit is only possible with a deeper understanding of the circuit's parameters and their interaction.</p> <p>At the end of the term, a presentation is to be given which covers the design on transistor level. Therein, the most critical design issues for meeting the specifications are to be explained. Thus, the student will also learn to present his/her results.</p>
Lernziele / Lernergebnisse
Verwendbarkeit der Veranstaltung
<p>Students enrolled in the M.Sc. programme Microsystems Engineering or Mikrosystemtechnik (2021 version of the exam regulations) can complete this module in the concentration area Circuits and Systems (=Schaltungen und Systeme).</p>

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Entwurf Analoger CMOS Schaltungen / Analog CMOS Circuit Design	11LE50MO-5202 PO 2021
Veranstaltung	
Entwurf Analoger CMOS Schaltungen / Analog CMOS Circuit Design	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5202
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Mikroelektronik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	52 hours
Selbststudium	128 hours
Workload	180 hours

Inhalt
<p>Illustrated by the examples of simple analog circuits, e.g., amplifiers or reference circuits, this lecture puts its focus on a systematic approach to the analysis of analog circuits. After a successful participation in this course, the student will thus be able to analyze even complex systems.</p> <p>Another focus is put on two of the most demanding building blocks for mixed-signal circuit design: the analog-to-digital and the digital-to-analog converter. With steadily advancing digitalization, these components have to satisfy the demands for ever increasing bandwidth, resolution and optimum power efficiency. The student will be in the position to choose the right principle for an application based on the different state-of-the-art architectures as well as the major non-idealities which limit their performance.</p> <p>Finally, sensor readout circuits will be considered as examples of complex electromechanical systems in which the concepts and components considered thus far are put into application. Therewith, the student will be able to break down complex systems to simpler sub-systems and thus reduce the analysis of complex systems to the analysis and interaction of their simpler sub-systems.</p>
Zu erbringende Prüfungsleistung
written or oral exam on the content of the module
Zu erbringende Studienleistung
See lab course.
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> ■ Script

- P. E. Allen and D. R. Holberg, CMOS Analog Circuit Design, Oxford Press, 2002
- B. Rhazavi, Design of Analog CMOS Integrated Circuits, McGraw-Hill, 2001

Teilnahmevoraussetzung

A good understanding of the knowledge imparted in the Micro-electronics module (5070) is crucial for a successful completion of this module. In addition, the MST PC lab only has got 20 seats. A mandatory requirement for participation in this module is therefore the successful completion of the Micro-electronics module with a minimum mark of 2.7. The limited number of 20 seats will be distributed among applying students based on the ranking of achieved marks in Micro-electronics.

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

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

Inhalt
<p>Based on the example of a two-stage amplifier with RC compensation, this practical exercise illustrates the typical design flow of an analog integrated circuit. According to the specifications of the amplifier, all transistors will be dimensioned based on hand calculations at first. Thus, a deeper understanding of this analog circuit will be developed. Next, the circuit will be implemented and simulated on transistor level using the software Cadence Spectre whereby its functionality will be verified. This approach represents an iterative task since the transistor parameters must be varied until all specifications are met. The student will thus learn that hand calculations are an absolute must in order to gain a first insight into the circuit while they also result in a first cut of the circuit for simulations. However, the results of the hand calculations do not present the final cut of the transistor sizes; on the contrary, they may considerably deviate from them.</p> <p>The last task consists in finalizing the circuit while taking real-life conditions and nonidealities into account, e.g., temperature-, process and parameter variations. The student will thus learn that a successful implementation of an integrated circuit is only possible with a deeper understanding of the circuit's parameters and their interaction.</p> <p>At the end of the term, a presentation is to be given which covers the design on transistor level. Therein, the most critical design issues for meeting the specifications are to be explained. Thus, the student will also learn to present his/her results.</p>
Zu erbringende Prüfungsleistung
See lecture
Zu erbringende Studienleistung
<ul style="list-style-type: none"> ■ five graded reports, presentation (at the end of the term) ■ The course is successfully passed if the final presentation is passed and an average grade of 70% is achieved in the five written reports.

Teilnahmevoraussetzung

A good understanding of the knowledge imparted in the Micro-electronics module (5070) is crucial for a successful completion of this module. In addition, the MST PC lab only has got 20 seats. A mandatory requirement for participation in this module is therefore the successful completion of the Micro-electronics module with a minimum mark of 2.7. The limited number of 20 seats will be distributed among applying students based on the ranking of achieved marks in Micro-electronics.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Entwurf von CMOS Mixed-Signal Schaltungen / Mixed-Signal CMOS Circuit Design	11LE50MO-5208 PO 2021
Verantwortliche/r	
Dr.-Ing. Matthias Keller	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Mikroelektronik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

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

Teilnahmevoraussetzung
This course is a continuation of module 5202 Analog CMOS Circuit Design, since the layout for the micro-electronic circuit designed at transistor level in module 5202 is to be designed in module 5208. Therefore, successful completion of the module Analog CMOS Circuit Design (offered in the summer term) is mandatory for participation in this module.

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Entwurf von CMOS Mixed-Signal Schaltungen / Mixed-Signal CMOS Circuit Design - Praktikum	Praktikum	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 hours

Qualifikationsziel
<p>This practical exercise deals with the layout of the two-stage amplifier with RC compensation which was designed on transistor level in the practical exercise Analog CMOS Circuit Design. It thus represents the second major task in the chain of the design flow of an integrated circuit consisting of "Design on transistor level", "Layout" and "Fabrication and Verification".</p> <p>Students are able to apply basic layout techniques for transistors, resistors, capacitors, and metal layers using industry standard layout und simulation software. They can employ techniques for the reduction of mismatch such as unit elements, multi-finger transistors, interdigitation, common centroid, or guard rings. At the end of the course, the students are able to compare the results of simulations on transistor and layout level so that they can extract the influence of parasitic resistors and capacitors on the overall performance of the amplifier. At the same time, they learn to optimize the layout with respect to these non-idealities.</p>

Verwendbarkeit der Veranstaltung

Students enrolled in the M.Sc. programme Microsystems Engineering or Mikrosystemtechnik (2021 version of the exam regulations) can complete this module in the concentration area Circuits and Systems (=Schaltungen und Systeme).

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

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	5
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	30 hours
Selbststudium	60 hours
Workload	90 hours

Inhalt
<ul style="list-style-type: none"> ■ Layout of analog CMOS integrated circuits (basics) ■ Introduction of the layout tool Cadence VirtuosoXL (industry standard)
Zu erbringende Prüfungsleistung
Graded reports, presentation (at the end of the term).
Zu erbringende Studienleistung
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> ■ Script ■ R. J. Baker, CMOS Circuit Design, Layout, and Simulation, IEEE Press Series, 2008 ■ A. Hastings, The Art of Analog Layout, Pearson Education 2005
Teilnahmevoraussetzung
This course is a continuation of module 5202 Analog CMOS Circuit Design, since the layout for the micro-electronic circuit designed at transistor level in module 5202 is to be designed in module 5208. Therefore, successful completion of the module Analog CMOS Circuit Design (offered in the summer term) is mandatory for participation in this module.

Bemerkung / Empfehlung

In case of comments and/or questions regarding the practical exercise "Mixed Signal CMOS Circuit Design", please contact Dr.-Ing. M. Keller (mkeller@tf.uni-freiburg.de).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Flugregelung Praktikum / Flight Control Laboratory	11LE50MO-5222 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Moritz Diehl	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Systemtheorie, Regelungstechnik und Optimierung	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

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

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
The lab course includes topics as part of the HIGHWIND project (Simulation, Optimimization and Control of High-Altitude Wind Power Generators). As the HIGHWIND project offers a large variety of project topics, students may be assigned topics meeting best their interests and academic background. Prior studies of "Modelling and System Identification" and/or "Optimal Control and Estimation" are recommended.

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Flugregelung Praktikum / Flight Control Laboratory	Praktikum	Wahlpflicht	6,0	4.00	180 hours

Qualifikationsziel
The students will be able to use a theoretical background for real applications in a scientific project. They will be able to find creative solutions to problems and to perform hands-on testing/verification of soft- and hardware. Furthermore, they will have gained experience of working in an international team.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students enrolled in the M.Sc. programme Microsystems Engineering or Mikrosystemtechnik (2021 version of the exam regulations) can complete this module in the concentration area Circuits and Systems (=Schaltungen und Systeme).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Flugregelung Praktikum / Flight Control Laboratory	11LE50MO-5222 PO 2021
Veranstaltung	
Flugregelung Praktikum / Flight Control Laboratory	
Veranstaltungsart	Nummer
Praktikum	11LE50P-5222
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Systemtheorie, Regelungstechnik und Optimierung	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	4
Angebotsfrequenz	unregelmäßig
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	84 hours
Selbststudium	96 hours
Workload	180 hours

Inhalt
<p>In order to register to this course please write a mail to us (moritz.diehl@imtek.uni-freiburg.de, tommaso.sartor@imtek.uni-freiburg.de) including:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Short motivation statements, - A brief summary of your relevant achievements in the field of engineering, exams, university projects, personal projects. - If you already have an idea for a project on which you are interested to work on feel free to add that. <p>Focus of the lab course is making a real flight control system work for small aerial vehicles equipped with a variety of sensing and actuation equipment. These vehicles, airplanes, quadrotors or helicopters, might be remote controlled or autonomous. They might flight freely or be connected to the ground via a tether. The course will be accompanied by weekly meetings with one or more team members working on complementary projects addressing the same real world control problem. In the last two to three weeks of the lab course, when the main project aims are achieved, the participants will start to work on a short report for documentation and give a final oral presentation to share their findings with all team members.</p>
Zu erbringende Prüfungsleistung
<p>Project work: A working project result project documentation and oral presentation</p>
Zu erbringende Studienleistung
None

Teilnahmevoraussetzung

None

Empfohlene Voraussetzung

The lab course includes topics as part of the HIGHWIND project (Simulation, 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
Fortgeschrittene Aufbau- und Verbindungstechnik / Advanced Assembly and Packaging Technology	11LE50MO-5601 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Jürgen Wilde	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Aufbau- u. Verbindungstechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 Stunden
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
Good knowledge of the contents of the module "Aufbau- und Verbindungstechnik / Assembly and packaging technologies"

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Fortgeschrittene Aufbau- und Verbindungstechnik / Advanced Assembly and Packaging Technology - Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 hours

Qualifikationsziel
It is the aim, that after this module the students will be able to understand advanced problems in the field of assembly and packaging. Furthermore, it is intended that the students will have capabilities to resolve A&P-related research tasks for micro-systems. The employed methods will start with system concepts and comprise thermal, electrical and mechanical modelling and optimisation. As a basis the student will know the fundamental elements of A&P as well as the specific technologies for interconnection, assembly and protection. Also, the students will become familiar with the materials, their processing and properties. In this way they have the abilities for own research on micro-systems.

Verwendbarkeit der Veranstaltung

Students enrolled in the M.Sc. programme Microsystems Engineering or Mikrosystemtechnik (2021 version of the exam regulations) can complete this module in the concentration area Circuits and Systems (=Schaltungen und Systeme).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Fortgeschrittene Aufbau- und Verbindungstechnik / Advanced Assembly and Packaging Technology	11LE50MO-5601 PO 2021
Veranstaltung	
Fortgeschrittene Aufbau- und Verbindungstechnik / Advanced Assembly and Packaging Technology - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5601
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Aufbau- u. Verbindungstechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	26 hours
Selbststudium	64 hours
Workload	90 hours

Inhalt
The contents of teaching are mainly based on actual research projects in the chair Aufbau- und Verbindungstechnik. Organization of the lecture: 1. Introduction 2. Thermal management using novel materials 3. Packaging of MEMS pressure sensors 4. Fatigue analysis of soldered joints 5. Adhesive bonding of power electronics 6. Computation of packaging stress in Hall sensors 7. Concepts for sensors for mechanical properties 8. High-temperature packaging 9. Materials modelling in A&P 10. Reliability modelling in A&P
Zu erbringende Prüfungsleistung
Written or oral exam.
Zu erbringende Studienleistung
None

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
Good knowledge of the contents of the module "Aufbau- und Verbindungstechnik / Assembly and packaging technologies"

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Fortgeschrittenes Mikrocontroller-Praktikum / Advanced Microcontroller Lab	11LE50MO-5235 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Stefan Rupitsch	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik-VB Institut für Mikrosystemtechnik, Professur für Elektrische Messtechnik und Eingebettete Systeme	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	3.0
Empfohlenes Fachsemester	4
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	180 hours
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung	
Successful participation in the laboratory course Mikrocomputertechnik / Microcontroller Techniques.	
Empfohlene Voraussetzung	
None	

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Fortgeschrittenes Mikrocontroller-Praktikum	Praktikum	Wahlpflicht	6,0	3.00	180 hours

Qualifikationsziel	
<p>The students:</p> <ul style="list-style-type: none"> • have got advanced knowledge in the field of microcontroller architectures and peripheral hardware. • are familiar with the workflow of creating hardware-oriented and complex microcontroller applications. • know solution strategies to perform own embedded hard- and software projects. 	
Verwendbarkeit der Veranstaltung	
Students enrolled in the M.Sc. programme Microsystems Engineering or Mikrosystemtechnik (2021 version of the exam regulations) can complete this module in the concentration area Circuits and Systems (=Schaltungen und Systeme).	

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Fortgeschrittenes Mikrocontroller-Praktikum / Advanced Microcontroller Lab	11LE50MO-5235 PO 2021
Veranstaltung	
Fortgeschrittenes Mikrocontroller-Praktikum	
Veranstaltungsart	Nummer
Praktikum	11LE50P-5235
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Professur für Elektrische Messtechnik und Eingebettete Systeme	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	3.0
Empfohlenes Fachsemester	4
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	39 hours
Selbststudium	141 hours
Workload	180 hours

Inhalt
<p>Using a MSP430 development board with advanced peripherals add-ons, the students will practically learn the relevant steps in the creation of a microcontroller application. This involves:</p> <ul style="list-style-type: none"> • creating microcontroller applications of extended size and complexity • implementing hardware drivers and custom libraries • understanding hardware documentation and circuit schematics • utilizing advanced debugging tools (e.g. logic analyzers) • understanding and implementing bus systems like SPI, I2C and UART • interfacing complex peripheral units (sensors, ADCs, DACs, FLASH memories etc.) • interfacing I/O devices (LCD displays, joysticks etc.) <p>The practical exercise will be performed autonomously at home using dedicated hardware boxes; support is provided by the online forums and in form of an optional weekly course session.</p>
Zu erbringende Prüfungsleistung
<p>The exam consists in the submission of four exercise sheets, one project and a final project presentation. The module grade is calculated from the results of the four exercise sheets (1/6 each) and the result of the final project (2/6).</p> <p>Explanation: This lab course is a hands-on course with an emphasis on the continuous development of microprocessor programming. Since these development processes represent the essential course work, their results will be collected and evaluated throughout the semester. In case of failure to hand in one of these deliverables due to illness, an extension of the deadline will be granted.</p>
Zu erbringende Studienleistung
None

Literatur
<ul style="list-style-type: none">■ John H. Davies: MSP430 Microcontroller Basics.■ Tietze, Schenk, Gamm: Electronic Circuits - Handbook for Design and Application.
Teilnahmevoraussetzung
Successful participation in the laboratory course Mikrocomputertechnik / Microcontroller Techniques.
Empfohlene Voraussetzung
None

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Leistungselektronik für die Elektromobilität/Power Electronics for E-Mobility	11LE68MO-4106 PO 2021
Verantwortliche/r	
Stefan Reichert	
Veranstalter	
Institut für Nachhaltige Technische Systeme-VB	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Präsenzstudium	30 Stunden
Selbststudium	60 Stunden
Workload	90 Stunden
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung
Power Electronic Circuits and Devices (elective module)

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Leistungselektronik für die Elektromobilität/Power Electronics for E-Mobility-Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 hours

Qualifikationsziel
Lernziele / Lernergebnisse
It is the aim of this module to get a fundamental understanding of power electronic circuits used in E-Mobility applications like traction inverters, bidirectional chargers and onboard energy management. The students will learn different circuit topologies and basic control structures for power electronic circuits. The interaction between the power grid and electric vehicles will be discussed.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Oral examination (<i>Prüfungsgespräch</i>), approx. 30 min. The examination takes place at the end of the winter semester.
Benotung
The module grade is calculated 100% from the final oral exam.

Zusammensetzung der Modulnote
■ Master of Science im Fach Sustainable Systems Engineering, Prüfungsordnungsversion 2016: Die Modulnote wird nach ECTS-Punkten einfach gewichtet in die Gesamtnote eingerechnet.
Zielgruppe
M.Sc. SSE, MSE und MST Studierende
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Wahlmodul für Studierende des Studiengangs <ul style="list-style-type: none">■ Master of Science in Sustainable Systems Engineering - Energiesysteme / Energy Systems■ Master of Science Mikrosystemtechnik, PO 2018, concentration areas Circuits & Systems, Sensors & Actuators, Personal Profile■ Master of Science Microsystems Engineering, PO 2018, concentration areas Circuits & Systems, Sensors & Actuators, Personal Profile■ Master of Science Mikrosystemtechnik, PO 2021, Vertiefungsrichtung Circuits & Systems■ Master of Science Microsystems Engineering, PO 2021, concentration area Circuits & Systems

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Leistungselektronik für die Elektromobilität/Power Electronics for E-Mobility	11LE68MO-4106 PO 2021
Veranstaltung	
Leistungselektronik für die Elektromobilität/Power Electronics for E-Mobility-Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE68V-4106
Veranstalter	
Institut für Nachhaltige Technische Systeme-VB	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	30 hours
Selbststudium	60 hours
Workload	90 hours

Inhalt
<p>Power Electronics for E-Mobility applications:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Conductive and inductive chargers for electric vehicles ■ Traction inverters and electric motors ■ DC/DC converters for onboard energy management ■ Control of grid connected inverters ■ E-Mobility as an instrument for a better grid integration of renewable energies <p>Exercises/Tutorials are included in the lecture (WS 2020: 3 exercises x 2hrs, conducted by Benjamin Stickan).</p>
Qualifikationsziel
<p>Power electronics circuits convert the DC power of PV modules to grid compatible AC power. Wind turbines produce AC power with variable frequency, which has to be converted to AC with grid frequency. The commonly used hardware topologies of power electronic converters for renewable energies are shown and explained in detail. Additional aspects like MPP-tracking, supply of reactive power, low voltage ride through (LVRT) etc. are discussed.</p>
Zu erbringende Prüfungsleistung
<p>Oral examination (<i>Prüfungsgespräch</i>), approx. 30 min. The examination takes place at the end of the winter semester.</p>

Zu erbringende Studienleistung
none
Literatur
■ Teodorescu R., Liserre M., Rodriguez P.; Grid Converters for Photovoltaic and Wind Power Systems, Wiley-IEEE, 2011
Teilnahmevoraussetzung
Power Electronic Circuits and Devices (elective module)
Empfohlene Voraussetzung
Knowledge in Electrical Components (Semiconductors, Inductors, Capacitors)
Zielgruppe
SSE Master Studierende

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Mikroakustische Wandler / Micro Acoustical Transducers	11LE50MO-5257 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr.-Ing. Alfons Dehe	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Professur für Smart Systems Integration	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

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

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
None

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Mikroakustische Wandler / Micro Acoustical Transducers	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 hours

Qualifikationsziel
This lecture introduces into the fundamentals of air born sound propagation and effects in conjunction with the interaction of MEMS systems. You familiarize with the principles of sound transducers such as microphones and microspeakers as well as their design, key performance parameters and fabrication. Silicon microphones are the most widely spread MEMS systems worldwide and keep growing in volume as well as applications. As a role model for an integrated system, the Si microphone development will open insight into the needs and constraints of consumer product development.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Mikroakustische Wandler / Micro Acoustical Transducers	11LE50MO-5257 PO 2021
Veranstaltung	
Mikroakustische Wandler / Micro Acoustical Transducers	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5257
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Professur für Smart Systems Integration	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	in jedem Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprachen	deutsch, englisch
Präsenzstudium	28 hours
Selbststudium	62 hours
Workload	90 hours

Inhalt	
Lectures on:	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Acoustic field and effects 2. General acoustical transducer principles 3. Modeling in acoustical, mechanical and electrical domain 4. Example of capacitive transducer and identification of key performance parameters 5. Different MEMS microphone concepts and their pros and cons 6. MEMS fabrication 7. Aspects of assembly and packaging 8. Acoustical measurement techniques 9. From microphone to microspeaker 10. Future trends 11. Applications of MEMS acoustical transducers 	
Zu erbringende Prüfungsleistung	
Oral examination (20 minutes)	
Zu erbringende Studienleistung	
None	
Teilnahmevoraussetzung	
None	

Empfohlene Voraussetzung
None
Lehrmethoden
Will be taught in English if there is at least one international participant.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Mikrocomputertechnik/ Microcontroller Techniques - Praktikum	11LE50MO-760MScPr PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Stefan Rupitsch	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Professur für Elektrische Messtechnik und Eingebettete Systeme	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

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

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
Basic knowledge of electronics, binary arithmetics, C programming and the structure of microcontrollers.

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload

Qualifikationsziel
Students have obtained practical knowledge in using microcontrollers. By means of Texas Instrument's MSP430 microcontroller as an example, the students have learned the basics of low-level C programming and the usage of the most important peripheral modules such as I/Os, analog-to-digital converters, timers, etc. Finally, the students will be able to use microcontroller hard- and software concepts in their own projects.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students enrolled in the PO 2021 of the M.Sc. Microsystems Engineering or Mikrosystemtechnik can select this module in the concentration area Circuits and Systems.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Mikrocomputertechnik/ Microcontroller Techniques - Praktikum	11LE50MO-760MScPr PO 2021
Mikrocomputertechnik / Microcontroller Techniques - Praktikum	
Veranstaltungsart	Nummer
Fachbereich / Fakultät	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

Inhalt
Zu erbringende Prüfungsleistung
Zu erbringende Studienleistung
Teilnahmevoraussetzung

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Model Predictive Control and Reinforcement Learning	11LE50MO-5720 PO 2021
Verantwortliche/r	
JProf. Dr. Joschka Bödecker Prof. Dr. Moritz Diehl	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Systemtheorie, Regelungstechnik und Optimierung Institut für Informatik, Professur für Neurorobotik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

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

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
Prior Knowledge in Systems and Control, State Space Control Systems, Numerical Optimization, Numerical Optimal Control, Reinforcement Learning and Machine Learning is an advantage.

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Model Predictive Control and Reinforcement Learning	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	1.00	90 h
Model Predictive Control and Reinforcement Learning	Übung	Wahlpflicht		1.00	

Qualifikationsziel
Participants understand the concepts of model predictive control (MPC) and reinforcement learning (RL) as well the similarities and differences between the two approaches. They are able to apply the methods to practical optimal control problems from science and engineering.

Verwendbarkeit der Veranstaltung

Concentration course for MSc. Embedded Systems Engineering students in the concentration areas Robotic and Computer Vision, Zuverlässige Eingebettete Systeme, Circuits and Systems, Design and Simulation.
Concentration course for MSc. Microsystems Engineering (PO 2018) in the concentration areas Circuits and Systems, Design and Simulation.
Concentration course for MSc. Mikrosystemtechnik (PO 2018) students in the concentration areas Circuits and Systems, Design and Simulation.
Concentration course for MSc. Microsystems Engineering (PO 2021) in the concentration areas Circuits and Systems.
Concentration course for MSc. Mikrosystemtechnik (PO 2021) students in the concentration areas Circuits and Systems.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Model Predictive Control and Reinforcement Learning	11LE50MO-5720 PO 2021
Veranstaltung	
Model Predictive Control and Reinforcement Learning	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5720_PO20091
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Systemtheorie, Regelungstechnik und Optimierung Institut für Informatik, Professur für Neurorobotik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	1.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	unregelmäßig
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	26
Selbststudium	64
Workload	90 h

Inhalt
Lectures cover: optimal control problem formulations (constrained, infinite horizon, discrete time, stochastic, robust), dynamic programming, model predictive control formulations and stability, reinforcement learning formulations, MPC algorithms, RL algorithms, similarities and differences between MPC and RL
Towards the end of the course, participants will work on application projects which apply at least one of the MPC and RL methods to self-chosen application problems from any area of science or engineering. The results of the projects, that can be performed in teams, will be presented in a public presentation on the last day of the course and a short report to be submitted two weeks after the course. The report will determine the final grade of the course.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Towards the end of the course, participants will work on application projects which apply at least one of the MPC and RL methods to self-chosen application problems from any area of science or engineering. The results of the projects, that can be performed in teams, will be presented in a public presentation on the last day of the course and a short report to be submitted two weeks after the course. The final course grade (Prüfungsleistung) is based on the final project report.
Zu erbringende Studienleistung
See exercise.
Literatur
“Reinforcement Learning: An Introduction” by Richard S. Sutton and Andrew G. Barto

“Model Predictive Control: Theory, Computation, and Design” by James B. Rawlings, David Q. Mayne, and Moritz M. Diehl

“Optimal Control and Reinforcement Learning” by Dimitri Bertsekas

Teilnahmevoraussetzung

None

Empfohlene Voraussetzung

Prior Knowledge in Systems and Control, State Space Control Systems, Numerical Optimization, Numerical Optimal Control, Reinforcement Learning and Machine Learning is an advantage.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Model Predictive Control and Reinforcement Learning	11LE50MO-5720 PO 2021
Veranstaltung	
Model Predictive Control and Reinforcement Learning	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5720_PO20091
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Systemtheorie, Regelungstechnik und Optimierung Institut für Informatik, Professur für Neurorobotik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

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

Inhalt
Computer exercises based on MATLAB, Octave or Python will accompany the lectures in order to gain hands-on-knowledge on method of MPC and RL
Zu erbringende Prüfungsleistung
See lecture
Zu erbringende Studienleistung
A mandatory requirement for passing (Studienleistung) is based on the written microexam at the end of the course.
Teilnahmevoraussetzung

Name des Moduls	Nummer des Moduls
MST Design Lab II for Microsystems Engineering	11LE50MO-7005 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Peter Woias	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Konstruktion von Mikrosystemen	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 term
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	180 hours
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung	
Successful completion of either the module "MST Design Lab I" (M.Sc. Microsystems Engineering) or "Konstruktionsmethodik" (B.Sc. Mikrosystemtechnik).	
Empfohlene Voraussetzung	
none	

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
MST Design Lab II for Microsystems Engineering - Praktische Übung	Praktikum	Wahlpflicht	3,0	4.00	180 hours

Qualifikationsziel
<p>The MST Design Lab II is an add-on to the lectures "MST Design Lab I" in the International Master course "Microsystems Engineering" or the lecture "Konstruktionsmethodik" in the German Bachelor course "Mikrosystemtechnik". It is not part of the mandatory curriculum, but can be taken by students as elective course only. The aim of this lab course is to build the product ideas designed in the above-mentioned courses in hardware, to achieve a working device. They may also, as a newly formed team, bring in their own idea for a product development. During this course, students will develop skills in project management, task distribution, time scheduling, project execution, report writing and presenting their results in an oral presentation. They also learn to work with appropriate hardware and software tools (e.g. 3D printing, laser machining, μC programming, soldering, PCB board design software...). To start in this module, students have to re-form groups by themselves or start as the project team formed before in the above-mentioned courses. This design lab is organized by one microsystems laboratory of the faculty, however tutoring is happening per group by all microsystems labs on a freelance basis, i.e. every lab and professor decides per semester, whether a tutoring will be offered or not. It is then an essential part of the teaching goals that the students convince a lab to act as a host for their project. If successful, the project teams receive a limited financial fund for their project and will use capabilities available in the respective host laboratories. Usually, a tutor is assigned to every group to guide the teams throughout the semester.</p>
Verwendbarkeit der Veranstaltung
<p>Students of the M.Sc. programme Microsystems Engineering (PO 2021) can select this module in the concentration area Circuits and Systems (Schaltungen und Systeme).</p>

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

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	52 hours
Selbststudium	128 hours
Workload	180 hours

Inhalt
The aim of this lab course is to build the product ideas designed in the lectures "MST Design Lab I" in the International Master course "Microsystems Engineering" or the lecture "Konstruktionsmethodik" in the German Bachelor course "Mikrosystemtechnik", to achieve a working device.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Students have to submit a written report covering the project goals, the execution of the project and a documentation of the results.
Zu erbringende Studienleistung
Oral presentation and presentation of realized hardware at the end of the semester thus demonstrating the achieved results.
Teilnahmevoraussetzung
Successful completion of either the module "MST Design Lab I" (M.Sc. Microsystems Engineering) or "Konstruktionsmethodik" (B.Sc. Mikrosystemtechnik).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Numerical Optimal Control in Science and Engineering	11LE50MO-5249 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Moritz Diehl	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Systemtheorie, Regelungstechnik und Optimierung	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	6.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	180 hours
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
Mathematics 1 and 2 for Engineers or basic Linear Algebra and Calculus courses. Numerical Optimization (NUMOPT), Modelling and System Identification (MSI), Systems and Control Bachelor or Master lectures.

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Numerical Optimal Control in Science and Engineering	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	4.00	180 hours
Numerical Optimal Control in Science and Engineering	Übung	Wahlpflicht		2.00	

Qualifikationsziel
The students can formulate optimal control problems and implement and analyze several numerical methods for solving them.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students of the M.Sc. programmes Microsystems Engineering and Mikrosystemtechnik (PO 2021) can select this module in the concentration area Circuits and Systems.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Numerical Optimal Control in Science and Engineering	11LE50MO-5249 PO 2021
Veranstaltung	
Numerical Optimal Control in Science and Engineering	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5249
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Systemtheorie, Regelungstechnik und Optimierung	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	78 hours
Selbststudium	102 hours
Workload	180 hours

Inhalt
<ul style="list-style-type: none"> ■ Introduction: Dynamic Systems and Optimization ■ Rehearsal of Numerical Optimization ■ Rehearsal of Parameter Estimation ■ Discrete Time Optimal Control ■ Dynamic Programming ■ Continuous Time Optimal Control ■ Numerical Simulation Methods ■ Hamilton-Jacobi-Bellmann Equation ■ Pontryagin and the Indirect Approach ■ Direct Optimal Control ■ Differential Algebraic Equations ■ Periodic Optimal Control ■ Real-Time Optimization for Model Predictive Control
Zu erbringende Prüfungsleistung
Written exam (180 minutes)
Zu erbringende Studienleistung
see exercise

Literatur
1. Manuscript "Numerical Optimal Control" by M. Diehl and S. Gros 2. Biegler, L.T., Nonlinear Programming, SIAM, 2010
Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
Mathematics 1 and 2 for Engineers or basic Linear Algebra and Calculus courses. Numerical Optimization (NUMOPT), Modelling and System Identification (MSI), Systems and Control Bachelor or Master lectures.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Numerical Optimal Control in Science and Engineering	11LE50MO-5249 PO 2021
Veranstaltung	
Numerical Optimal Control in Science and Engineering	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5249
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Systemtheorie, Regelungstechnik und Optimierung	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

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

Inhalt
In the tutorial, the contents of the lecture will be deepened by means of theoretical examples and computer exercises.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Zu erbringende Studienleistung
The course work is completed if students pass the mid-term online quiz.
Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
Mathematics 1 and 2 for Engineers or basic Linear Algebra and Calculus courses. Numerical Optimization (NUMOPT), Modelling and System Identification (MSI), Systems and Control Bachelor or Master lectures.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Numerische Optimale Steuerung - Projekt / Numerical Optimal Control in Engineering - Project	11LE50MO-5250 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Moritz Diehl	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Systemtheorie, Regelungstechnik und Optimierung	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	1.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 hours
Angebotsfrequenz	unregelmäßig

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
None

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Numerical Optimal Control - Project	Projekt	Wahlpflicht	3,0	1.00	90 hours

Qualifikationsziel
Students will be able to independently program, analyze, and apply numerical methods of optimal control.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students of the M.Sc. Microsystems Engineering or Mikrosystemtechnik programmes (PO 2021) can select this module in the concentration area Circuits and Systems (Schaltungen und Systeme).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Numerische Optimale Steuerung - Projekt / Numerical Optimal Control in Engineering - Project	11LE50MO-5250 PO 2021
Veranstaltung	
Numerical Optimal Control - Project	
Veranstaltungsart	Nummer
Projekt	11LE50Pro-5250
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Systemtheorie, Regelungstechnik und Optimierung	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	1.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	unregelmäßig
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprachen	deutsch, englisch
Präsenzstudium	14 hours
Selbststudium	76 hours
Workload	90 hours

Inhalt
The project consists of implementing one or more self-selected optimal control methods on the computer and applying them to one or more self-selected application problems. The focus may be more on algorithms and performance comparisons or on modeling a specific problem. The result of the project is a documented computer code, a report, and a public presentation.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Submission of a report incl. a documented computer code.
Zu erbringende Studienleistung
Oral presentation
Literatur
http://syscop.de/teaching/
Teilnahmevoraussetzung
None
Bemerkung / Empfehlung
It is strongly recommended to attend the Numerical Optimal Control lecture offered in the same semester.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Numerische Optimierung / Numerical Optimization	11LE50MO-5243 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Moritz Diehl	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Systemtheorie, Regelungstechnik und Optimierung	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	6.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	180 hours
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
Mathematics 1 and 2 for Engineers or basic Linear Algebra and Calculus courses

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Numerische Optimierung / Numerical Optimization	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	4.00	180 hours
Numerische Optimierung / Numerical Optimization	Übung	Wahlpflicht		2.00	

Qualifikationsziel
The students know different types of optimization problems and can discuss their theoretical background and implement and analyze numerical methods for solving them.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students of the M.Sc. programmes Microsystems Engg. and Mikrosystemtechnik can select this module in the concentration area Circuits and Systems (Schaltungen und Systeme).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Numerische Optimierung / Numerical Optimization	11LE50MO-5243 PO 2021
Veranstaltung	
Numerische Optimierung / Numerical Optimization	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5243
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Systemtheorie, Regelungstechnik und Optimierung	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	90 hours
Selbststudium	90 hours
Workload	180 hours

Inhalt
<p>The course is divided into four major parts:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Fundamental Concepts of Optimization: Definitions, Types, Convexity, Duality 2. Unconstrained Optimization and Newton Type Algorithms: Stability of Solutions, Gradient and Conjugate Gradient, Exact Newton, Quasi-Newton, BFGS and Limited Memory BFGS, and Gauss-Newton, Line Search and Trust Region Methods, Algorithmic Differentiation 3. Equality Constrained Optimization Algorithms: Newton Lagrange and Generalized Gauss-Newton, Range and Null Space Methods, Quasi-Newton and Adjoint Based Inexact Newton Methods 4. Inequality Constrained Optimization Algorithms: Karush-Kuhn-Tucker Conditions, Linear and Quadratic Programming, Active Set Methods, Interior Point Methods, Sequential Quadratic and Convex Programming, Quadratic and Nonlinear Parametric Optimization
Zu erbringende Prüfungsleistung
Written exam (180 minutes)
Zu erbringende Studienleistung
see exercise
Literatur
<ol style="list-style-type: none"> 1. Jorge Nocedal and Stephen J. Wright, Numerical Optimization, Springer, 2006 2. Amir Beck, Introduction to Nonlinear Optimization, MOS-SIAM Optimization, 2014 3. Stephen Boyd and Lieven Vandenberghe, Convex Optimization, Cambridge Univ. Press, 2004

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
Mathematics 1 and 2 for Engineers or basic Linear Algebra and Calculus courses

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Numerische Optimierung / Numerical Optimization	11LE50MO-5243 PO 2021
Veranstaltung	
Numerische Optimierung / Numerical Optimization	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5243
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Systemtheorie, Regelungstechnik und Optimierung	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

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

Inhalt
In der Übung werden die Inhalte der Vorlesung anhand theoretischer Beispielaufgaben sowie mit Rechnerübungen vertieft.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Zu erbringende Studienleistung
Successful participation/solution of at least 50% of the weekly exercise sheets.
Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
Mathematics 1 and 2 for Engineers or basic Linear Algebra and Calculus courses

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Numerische Optimierung Projekt / Numerical Optimization Project	11LE50MO-5244 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Moritz Diehl	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Systemtheorie, Regelungstechnik und Optimierung	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	1.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 hours
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung
None

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Numerische Optimierung / Numerical Optimization - Projekt	Projekt	Wahlpflicht	3,0	1.00	90 hours

Qualifikationsziel
Students will be able to independently program, analyze, and apply continuous optimization methods. The project consists of implementing one or more self-selected optimization methods on the computer and applying them to one or more self-selected application problems. The focus may be more on algorithms and performance comparisons or on modeling a specific problem. The result of the project is a documented computer code, a report, and a public presentation.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Numerische Optimierung Projekt / Numerical Optimization Project	11LE50MO-5244 PO 2021
Veranstaltung	
Numerische Optimierung / Numerical Optimization - Projekt	
Veranstaltungsart	Nummer
Projekt	11LE50Pr-5244
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Systemtheorie, Regelungstechnik und Optimierung	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	1.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	15 hours
Selbststudium	75 hours
Workload	90 hours

Inhalt
Zu erbringende Prüfungsleistung
Submission of a report incl. a documented computer code.
Zu erbringende Studienleistung
A short oral presentation at the end of the semester.
Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
None
Bemerkung / Empfehlung
It is strongly recommended to attend the Numerical Optimization lecture offered in the same semester.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Rennautoregelung Praktikum / Race Car Control Laboratory	11LE50MO-5224 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Moritz Diehl	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Systemtheorie, Regelungstechnik und Optimierung	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

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

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
The lab course includes topics as part of the Race Car project (Simulation, Optimization and Control of small race cars). The project offers a large variety of project topics, students may be assigned topics meeting their interests and academic background. Prior studies of "Modelling and System Identification" and/or "Optimal Control and Estimation" are recommended.

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Rennautoregelung Praktikum / Race Car Control Laboratory	Praktikum	Wahlpflicht	6,0	4.00	180 Stunden

Qualifikationsziel
Aim of this lab course is to use the theoretical background for real applications in a scientific project. Finding creative solutions to problems as well as hands-on testing/verification of soft- and hardware will be part of the projects. The lab course will also offer experience of working in an international team.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students of the M.Sc. programmes Microsystems Engg. and Mikrosystemtechnik (PO 2021) can select this module in the concentration area Circuits and Systems (Schaltungen und Systeme).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Rennautoregelung Praktikum / Race Car Control Laboratory	11LE50MO-5224 PO 2021
Veranstaltung	
Rennautoregelung Praktikum / Race Car Control Laboratory	
Veranstaltungsart	Nummer
Praktikum	11LE50P-5224
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Systemtheorie, Regelungstechnik und Optimierung	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	4
Angebotsfrequenz	unregelmäßig
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	56 hours
Selbststudium	126 hours
Workload	180 Stunden

Inhalt
<p>Focus of the lab course is setting up a race track and control system for autonomous driving cars. The set up consists of a track, cars, a color camera, which is tracking the cars and a computer, controlling the cars. The communication between the race cars and the computer will be carried out by hacking the remote control. The color camera can be seen as the sensor of the car, communicating its actual position to the computer.</p> <p>The course will be accompanied by weekly meetings with one or more team members working on complementary projects addressing the same real world control problem. In the last two to three weeks of the lab course, when the main project aims are achieved, the participants will start to work on a short report for documentation and give a final oral presentation to share their findings with all team members.</p>
Zu erbringende Prüfungsleistung
Written composition and oral presentation of the project results.
Zu erbringende Studienleistung
None
Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
<p>The lab course includes topics as part of the Race Car project (Simulation, Optimization and Control of small race cars). The project offers a large variety of project topics, students may be assigned topics meeting their interests and academic background.</p> <p>Prior studies of "Modelling and System Identification" and/or "Optimal Control and Estimation" are recommended.</p>

Name des Moduls	Nummer des Moduls
RF- und Mikrowellen Bauelemente und Schaltungen / RF- and Microwave Devices and Circuits	11LE50MO-5215 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Rüdiger Quay	
Veranstalter	
Institut für Nachhaltige Technische Systeme-VB	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 hours
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
None

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
RF- und Mikrowellen Bauelemente und Schaltungen / RF- and Microwave Devices and Circuits - Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 hours

Qualifikationsziel
The students will be able to understand concepts, devices, design, and functioning of modern RF- and microwave transceiver subsystems. This includes the understanding of basic RF-concepts, passive and active devices, circuits, functionalities, their critical figures-of-merit, and the inclusion into modules. The students will be competent to analyse passive and active RF-structures and circuits, which are relevant for any system with an RF-functionality. The competence includes the full understanding of a transmit/receive module needed for today's communication and sensing.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students of the M.Sc. programmes Microsystems Engg. and Mikrosystemtechnik (PO 2021) can select this module in the concentration area Circuits and Systems (Schaltungen und Systeme).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
RF- und Mikrowellen Bauelemente und Schaltungen / RF- and Microwave Devices and Circuits	11LE50MO-5215 PO 2021
Veranstaltung	
RF- und Mikrowellen Bauelemente und Schaltungen / RF- and Microwave Devices and Circuits - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE68V-5215
Veranstalter	
Institut für Nachhaltige Technische Systeme-VB	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	5
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	26 hours
Selbststudium	64 hours
Workload	90 hours

Inhalt
The lecture RF- and Microwave Devices and Circuits deals with the fundamentals of RF-devices and circuits. It comprises three parts: high-frequency/RF concepts and passive structures, active electronic RF-devices, and RF-circuits and modules. At the interface of modern electronics, dielectric wave propagation, circuit design, and advanced communication and sensing, advanced analysis and characterisation techniques are introduced in order to bridge the gap from modern electronics and modern passive RF-technology to the understanding of RF-communication and sensing systems. The methodologies of RF-analysis, design of devices and circuits, and their basic figures-of-merit, their modelling and characterisation are introduced along with the demonstration of their relevance to modern RF- components and microsystems. This also includes a discussion of the underlying technology and many examples supported by RF-design tools from the microwave oven to today's RF-applications in mobile communication in the iPod.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Oral examination (30 minutes)
Zu erbringende Studienleistung
None
Literatur
RF- and Microwave passives <ul style="list-style-type: none"> ■ Zinke/Brunswig, Hochfrequenztechnik, Band 1, Springer, 1999 RF-Devices <ul style="list-style-type: none"> ■ U.K. Mishra, J. Singh, Semiconductor Device Physics And Design, Springer, 2007

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
None
Lehrmethoden
Electronic handout will be provided during the lecture. Visit to the Fraunhofer IAF.
Bemerkung / Empfehlung
Electronic handout will be provided during the lecture. Visit to the Fraunhofer IAF.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
RF- und Mikrowellen Schaltungen und Systeme / RF- and Microwave Circuits and Systems	11LE50MO-5232 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Rüdiger Quay	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

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

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
None

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
RF- und Mikrowellen Schaltungen und Systeme / RF- and Microwave Circuits and Systems - Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 hours

Qualifikationsziel
<p>The students will be able to understand, design and layout modern RF- and microwave components and systems by means of the electronic design environment Agilent Advanced Design System including the two- and three dimensional electromagnetic simulators Momentum and EMPro 3D. The detailed use of a complex RF-software environment is a dedicated target of this course. This includes the numerical analysis of complex passive and active devices, the design and layout of hybrid and integrated circuits, and their packaging and signal flow. The students are competent to design and layout passive and active RF-structures including packages and interconnects and circuits of relevance to everyday communication and sensing. The competence includes in-depth understanding and treatment of complex microwave systems and of general system design including the treatment of complex modulated signal flows.</p>
Verwendbarkeit der Veranstaltung
<p>Students of the M.Sc. programmes Microsystems Engg. and Mikrosystemtechnik (PO 2021) can select this module in the concentration area Circuits and Systems (Schaltungen und Systeme).</p>

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

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	30 hours
Selbststudium	60 hours
Workload	90 hours

Inhalt
The lecture RF- and Microwave circuits and systems deals with the fundamentals and concepts of RF-circuits and systems. It comprises three parts: fundamental RF-concepts with focus on communications and sensing, more complex RF-circuits, and actual RFsystems. At the interface of modern electronics, wave propagation, circuit design, and advanced communication and sensing, advanced analysis and characterisation techniques are introduced in order to bridge the gap from modern integrated circuits to the understanding of RF-communication and sensing systems with all aspects of frequency conversion, amplification, noise, distortion, and detection. The methodologies of RF-analysis, design of circuits, complex signal flows, their modelling and their characterisation are introduced along with the demonstration of their relevance to real RF-components and (micro)-systems. Typical applications include a mobile handset such as the Smart Phone, automotive radar, and wireless data communication links for high-data-rate transmission.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Oral examination (30 minutes)
Zu erbringende Studienleistung
None
Literatur
RF- and Microwave passives <ul style="list-style-type: none"> ■ Zinke/Brunswig, Hochfrequenztechnik, Band 1, Springer, 1999 <p>Further literature for systems are presented during the lecture</p>

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
None
Lehrmethoden
Electronic handout will be provided during the lecture. Visit to the Fraunhofer IAF.
Bemerkung / Empfehlung
No prior knowledge of the software is required.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
RF- und Mikrowellen Systeme - Design Kurs / RF- and Microwave Systems- Design Course	11LE50MO-5344 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Rüdiger Quay	
Veranstalter	
Institut für Nachhaltige Technische Systeme-VB	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 hours
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
The prior or parallel participation in either module "RF- and microwave devices and circuits" or "RF- and microwave circuits and systems" is required. No prior knowledge of the software is required.
Empfohlene Voraussetzung
None

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
RF- und Mikrowellen Systeme - Design Kurs / RF- and Microwave Systems - Design Course	Praktikum	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 hours

Qualifikationsziel
The students will be enabled to understand, design and layout modern RF- and microwave components and systems by means of the electronic design environment Agilent Advanced Design System including the two- and three dimensional electromagnetic simulators Momentum and EMPro 3D. The detailed use of a complex RF-software environment is a dedicated target of this course. This includes the numerical analysis of complex passive and active devices, the design and layout of hybrid and integrated circuits, and their packaging and signal flow. The students will be competent to design and layout passive and active RF-structures including packages and interconnects and circuits of relevance to everyday communication and sensing. The competence includes in-depth understanding and treatment of complex microwave systems and of general system design including the treatment of complex modulated signal flows.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students of the M.Sc. programmes Microsystems Engg. and Mikrosystemtechnik (PO 2021) can select this module in the concentration area Circuits and Systems (Schaltungen und Systeme).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
RF- und Mikrowellen Systeme - Design Kurs / RF- and Microwave Systems - Design Course	11LE50MO-5344 PO 2021
Veranstaltung	
RF- und Mikrowellen Systeme - Design Kurs / RF- and Microwave Systems - Design Course	
Veranstaltungsart	Nummer
Praktikum	11LE68P-5344
Veranstalter	
Institut für Nachhaltige Technische Systeme-VB	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	26 hours
Selbststudium	64 hours
Workload	90 hours

Inhalt
The Design Course: RF- and Microwave Systems deals with the analysis and creation of RF-devices, circuits and systems. It comprises three aspects: the detailed electromagnetic design of high-frequency/RF passive and active structures, the modelling and layout and verification of active electronic RF-devices in circuit environments based on various semiconductor technologies, and the high-level combination of more complex microwave systems. This includes the simulation of printed circuit boards, of integrated circuits and of devices in package including RF-interconnects, and of behavioural system simulation. Advanced analysis of RF-problems, characterisation, modelling and linear and nonlinear simulation techniques are introduced in order to combine knowledge from modern electronics (from various technologies such as silicon complementary MOS and GaAs), from component analysis, RF-circuit design principles, and system engineering. The examples include simple printed circuits boards, integrated circuits, advanced communication transceivers in mobile communication based on UMTS and LTE and modern radar.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Students have to submit 5 out of 6 exercise sheets. The module grade results from the average of the grade of these exercise sheets. In case of failure to hand in more than one exercise sheet due to illness, a substitute performance will be offered.
Zu erbringende Studienleistung
None
Literatur
ADS Agilent Design System User Manual 2013 www.agilent.com search: ADS Skript: Design Course: RF- and Microwave Systems, R. Quay, 2014 (will be provided at the beginning of the lecture)
Teilnahmevoraussetzung
The prior or parallel participation in either module "RF- and microwave devices and circuits" or "RF- and microwave circuits and systems" is required. No prior knowledge of the software is required.
Empfohlene Voraussetzung
None

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Sensors and actuators circuit technology	11LE50MO-5282 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Peter Woias	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Konstruktion von Mikrosystemen	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

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

Teilnahmevoraussetzung
none
Empfohlene Voraussetzung
Undergraduate knowledge in electrical engineering and measurement technology.

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Sensors and actuators circuit technology	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	2.00	180 hours
Sensors and actuators circuit technology Veranstaltung	Übung	Wahlpflicht		2.00	

Qualifikationsziel
<ul style="list-style-type: none"> ■ Students are able to identify and describe the parts of an embedded electronic circuit ■ Students have an overview of sensor and actuator technology and the corresponding circuits for their signal acquisition and signal processing. ■ Students are able to distinguish among circuit designs in accordance to specifications and required performances. ■ Students know the critical aspects to take into consideration during the circuit design for a specific sensor or actuator
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students of the M.Sc. programme Microsystems Engg. (PO 2021) can select this module in the concentration area Circuits and Systems (Schaltungen und Systeme).

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

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	52 hours
Selbststudium	128 hours
Workload	180 hours

Inhalt
<ul style="list-style-type: none"> ■ Introduction to electronic components and function blocks ■ Sensors generating output currents (photodiode, amperometric electrode) ■ Sensors generating output voltages (ISFET) ■ Resistive sensors based on the Wheatstone bridge principle (pressure, acceleration) ■ Capacitive sensors (pressure, acceleration, humidity) ■ Capacitive actuators (electrostatic, piezoelectric)
Zu erbringende Prüfungsleistung
oral examination (30 minutes)
Zu erbringende Studienleistung
None
Literatur
Sedra, Smith, Microelectronic Circuits, New York: Oxford University Press, ISBN0199339147 Hayes, Horowitz, the Art of Electronics, Cambridge University Press, ISBN0521177235
Teilnahmevoraussetzung
none
Empfohlene Voraussetzung
none

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

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

Inhalt
The exercises deepen the subject through the analysis and design of electronic circuits for sensors and actuators.
Zu erbringende Prüfungsleistung
See lecture
Zu erbringende Studienleistung
None
Teilnahmevoraussetzung
None

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Sensor-Aktor-Schaltungstechnik	11LE50MO-5725 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Peter Woias	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Konstruktion von Mikrosystemen	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

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

Teilnahmevoraussetzung
keine
Empfohlene Voraussetzung
Wissen und Kenntnisse der vermittelten Lehrmodule "Einführung in die Elektrotechnik" und "Messtechnik" des Bachelor-Studiengangs Mikrosystemtechnik, alternativ aus vergleichbaren Lehrveranstaltungen anderer Hochschulen. Vertiefte Grundkenntnisse zu elektronischen Bauelementen.

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Sensor-Aktor-Schaltungstechnik	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	2.00	180 Stunden
Sensor-Aktor-Schaltungstechnik	Übung	Wahlpflicht		2.00	

Qualifikationsziel
Das Modul vermittelt grundlegendes Wissen zur elektronischen Schaltungstechnik der signalverarbeitenden Elektronik für verschiedene Mikrosensoren und Mikroaktuatoren. Es werden in einer Abfolge von Kapiteln zunächst die Grundlagen einiger wesentlicher elektronischer Bauelemente und Funktionsgruppen vermittelt. Anschließend werden kapitelweise verschiedene Sensor- und Aktormechanismen kurz vorgestellt, gefolgt von einer Erläuterung der wichtigsten Schaltungskonzepte für ihren Betrieb. Die Übung vertieft den Lehrstoff anhand der Präsentation und Diskussion exemplarischer Designbeispiele von elektronischen Schaltungen.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Studierende der Masterstudiengänge Microsystems Engineering und Mikrosystemtechnik (PO 2021) können dieses Modul im Vertiefungsbereich Schaltungen und Systeme wählen.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Sensor-Aktor-Schaltungstechnik	11LE50MO-5725 PO 2021
Veranstaltung	
Sensor-Aktor-Schaltungstechnik	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5725
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Konstruktion von Mikrosystemen	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	deutsch
Präsenzstudium	52 Stunden
Selbststudium	128 Stunden
Workload	180 Stunden

Inhalt
<p>Inhalte sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Einführung in elektronische Bauelemente und Funktionsblöcke (Diode, Bipolartransistor, Stromquellen, Stromspiegel, Bandgap-Referenz, Operationsverstärker) • Stromliefernde Sensoren (Photodiode, amperometrische Elektrode) • Spannungsliefernde Sensoren (Ionensensitiver Feldeffekttransistor) • Resistive Sensoren nach dem Wheatstone-Brückenprinzip (Druck, Beschleunigung) • Kapazitive Sensoren (Druck, Beschleunigung, Feuchte) • Kapazitive Aktoren (elektrostatisch, piezo)
Zu erbringende Prüfungsleistung
mündliche Prüfung
Zu erbringende Studienleistung
keine
Literatur
<p>Tietze, Schenk, Gamm, Halbleiter-Schaltungstechnik, 15. Auflage, 2016, Springer, Berlin, ISBN 978-3-662-48354-1. Schrüfer, Reindl, Zagar, Elektrische Messtechnik, 11. Auflage, 2014, Carl-Vieweg-Verlag, München, ISBN 978-3-446-44208-5.</p>
Teilnahmevoraussetzung
keine

Empfohlene Voraussetzung

Wissen und Kenntnisse der vermittelten Lehrmodule "Einführung in die Elektrotechnik" und "Messtechnik" des Bachelor-Studiengangs Mikrosystemtechnik, alternativ aus vergleichbaren Lehrveranstaltungen anderer Hochschulen.

Vertiefte Grundkenntnisse zu elektronischen Bauelementen.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Sensor-Aktor-Schaltungstechnik	11LE50MO-5725 PO 2021
Veranstaltung	
Sensor-Aktor-Schaltungstechnik	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5725
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Konstruktion von Mikrosystemen	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

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

Inhalt
Die Übung vertieft den Lehrstoff anhand der Präsentation und Diskussion von exemplarischen Problemstellungen und Designbeispielen elektronischer Schaltungen.
Zu erbringende Prüfungsleistung
siehe Vorlesung
Zu erbringende Studienleistung
keine
Teilnahmevoraussetzung

Name des Moduls	Nummer des Moduls
State Space Control Systems	11LE50MO-5267 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Moritz Diehl	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Systemtheorie, Regelungstechnik und Optimierung	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

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

Teilnahmevoraussetzung
Keine
Empfohlene Voraussetzung
Students are expected to have an undergraduate knowledge in mathematics. It is furthermore recommended to have a good knowledge of differential equations, system theory and control. Kenntnisse/Kompetenzen aus Mathematik I und II werden VORAUSGESETZT. Kenntnisse aus Differentialgleichungen, Systemtheorie und Regelungstechnik werden EMPFOHLEN.

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
State Space Control Systems	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	3.00	180 hours
State Space Control Systems	Übung	Wahlpflicht		1.00	

Qualifikationsziel
The students understand the mathematical foundations of state space control systems and are able to design and use state space control systems in engineering applications.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Dieses Modul ist auch für Studierende des Bachelor of Science Mikrosystemtechnik (PO 2018), im Wahlpflichtbereich, Bereich MST verwendbar.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
State Space Control Systems	11LE50MO-5267 PO 2021
Veranstaltung	
State Space Control Systems	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5267-
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Systemtheorie, Regelungstechnik und Optimierung	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	3.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	unregelmäßig
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	52 Stunden
Selbststudium	128 Stunden
Workload	180 hours

Inhalt
Review of linear system theory in continuous time and ordinary differential equations; nonlinear and linear systems; discrete time and continuous time systems; eigenvalues and stability; Lyapunov functions; controllability, stabilizability, observability and detectability; control and observer normal form, Kalman normal form; pole placement, linear quadratic regulator (LQR); Luenberger observer, Kalman filter (KF); linear quadratic Gaussian (LQG) control and separation principle; disturbance modelling and offset free control; model predictive control (MPC); robustness; Extended and Unscented Kalman Filter (EKF/UKF); moving horizon estimation (MHE)
Zu erbringende Prüfungsleistung
Written exam (120 minutes)
Zu erbringende Studienleistung
see exercise
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> ■ Karl J. Åström and Richard M. Murray, Feedback Systems, Princeton University Press, 2011 ■ Stengel, R. Optimal Control and Estimation, Dover Publications, 1994 ■ S. Skogestad, I. Postlethwaite: Multivariable Feedback Control. Analysis and Design. Chichester/ New York, 2006. ■ G.F. Franklin, J.D. Powell, A. Emami-Naeini: Feedback Control of Dynamic Systems, Pearson (ISBN-13: 978-0-13-601969-5) Rawlings, J. B., Mayne, D. Q., and Diehl, M. M. Model Predictive Control: Theory, Computation, and Design, 2nd edition ed. Nob Hill, 2017.

Teilnahmevoraussetzung

None

Empfohlene Voraussetzung

Students are expected to have an undergraduate knowledge in mathematics. It is furthermore recommended to have a good knowledge of differential equations, system theory and control.
Kenntnisse/Kompetenzen aus Mathematik I und II werden VORAUSGESETZT.
Kenntnisse aus Differentialgleichungen, Systemtheorie und Regelungstechnik werden EMPFOHLEN.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
State Space Control Systems	11LE50MO-5267 PO 2021
Veranstaltung	
State Space Control Systems	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5267
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Systemtheorie, Regelungstechnik und Optimierung	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

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

Inhalt
The weekly exercise sheets allows students to apply their acquired knowledge. During the voluntary weekly exercise sessions the content of both the lecture and the exercise sheets will be discussed in-depth and consolidated.
Zu erbringende Prüfungsleistung
see lecture
Zu erbringende Studienleistung
Work on the weekly exercise sheets and participation in the exercises is voluntary.
Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
Students are expected to have an undergraduate knowledge in mathematics. It is furthermore recommended to have a good knowledge of differential equations, system theory and control. Kenntnisse/Kompetenzen aus Mathematik I und II werden VORAUSGESETZT. Kenntnisse aus Differentialgleichungen, Systemtheorie und Regelungstechnik werden EMPFOHLEN.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Thermoelektrik und thermische Messtechnik	11LE50MO-5262 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Jürgen Wöllenstein	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Dünnschicht-Gassensorik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

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

Teilnahmevoraussetzung
keine
Empfohlene Voraussetzung
keine

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Thermoelektrik und thermische Messtechnik	Vorlesung	Wahlpflicht		2.00	90 Stunden

Qualifikationsziel
<p>Nach Absolvieren dieses Moduls "Thermoelektrik und thermische Messtechnik":</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ kennen die Studierenden die physikalischen, chemischen, elektrischen Grundlagen thermoelektrischer Bauelemente und Systeme ■ kennen die Studierenden die typische Materialsysteme, Modultechnologien und Anwendungen thermoelektrischer Bauelemente und Systeme ■ kennen die Studierenden die physikalischen und elektrischen Grundlagen thermischer Sensoren und Messsysteme und ihre Anwendungen ■ können die Studierenden einfache Schaltungen für thermoelektrische Systeme und thermische Sensoren entwerfen
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Studierende der Masterstudiengänge Microsystems Engineering und Mikrosystemtechnik (PO 2021) können dieses Modul im Vertiefungsbereich Schaltungen und Systeme wählen.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Thermoelektrik und thermische Messtechnik	11LE50MO-5262 PO 2021
Veranstaltung	
Thermoelektrik und thermische Messtechnik	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5262
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Dünnschicht-Gassensorik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	5
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	deutsch
Präsenzstudium	30 Stunden
Selbststudium	60 Stunden
Workload	90 Stunden

Inhalt
Thermoelektrische Anwendungen finden sich in der Temperaturmesstechnik, der Kalorimetrie, der Detektion von Strahlung, der Kühl- und Heiztechnik und der direkten Konversion von Wärmeenergie in elektrischer Energie, den Thermogeneratoren. In der Vorlesung wird ein grundlegendes Verständnis thermoelektrischer Effekte vermittelt und deren Abhängigkeit von verschiedenen Materialeigenschaften wie zum Beispiel Seebeck- und Peltier-Koeffizient, elektrische Leitfähigkeit und Wärmeleitfähigkeit abgeleitet. Es werden verschiedene Materialsysteme, die sich für die Thermoelektrik besonders eignen, vorgestellt und im Hinblick auf typische Anwendungen bewertet. Der Stand der Technik in der Umsetzung dieser verschiedenen thermoelektrischen Materialien in Module und Systeme wird vorgestellt. Anhand typischer Anwendungsbeispiele werden Modellierung und Entwurf thermoelektrischer Module erörtert.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Mündliche Prüfung (30 Minuten)
Zu erbringende Studienleistung
keine
Literatur
Begleitend zur Vorlesung werden die verwendeten Folien zur Verfügung gestellt.
Teilnahmevoraussetzung
keine

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Windenergiesysteme / Wind Energy Systems	11LE50MO-5256 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Moritz Diehl	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Systemtheorie, Regelungstechnik und Optimierung	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

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

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
Undergraduate knowledge in physics, mathematics as well as in systems and control.

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Windenergiesysteme / Wind Energy Systems	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	3.00	180 hours
Windenergiesysteme / Wind Energy Systems	Übung	Wahlpflicht		1.00	-

Qualifikationsziel
Students understand the physical principles of wind energy and the technology of modern wind energy systems.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students of the M.Sc. programmes Microsystems Engg. and Mikrosystemtechnik (PO 2021) can select this module in the concentration area Circuits and Systems (Schaltungen und Systeme).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Windenergiesysteme / Wind Energy Systems	11LE50MO-5256 PO 2021
Veranstaltung	
Windenergiesysteme / Wind Energy Systems	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5256
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Systemtheorie, Regelungstechnik und Optimierung	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	3.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	unregelmäßig
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	52 hours
Selbststudium	128 hours
Workload	180 hours

Inhalt
Global wind energy resource - aerodynamic principles of wind turbines - design of modern wind turbines - control of modern wind turbines - the electrical system of wind turbines - alternative concepts and high-altitude wind energy.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Written exam (180 minutes)
Zu erbringende Studienleistung
None
Literatur
"Wind Energy Handbook" by T. Burton, N. Jenkins, D. Sharpe, E. Bossanyi, 2nd edition, Wiley, 2011
Teilnahmevoraussetzung
Empfohlene Voraussetzung
Undergraduate knowledge in physics, mathematics as well as in systems and control.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Windenergiesysteme / Wind Energy Systems	11LE50MO-5256 PO 2021
Veranstaltung	
Windenergiesysteme / Wind Energy Systems	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5256
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Systemtheorie, Regelungstechnik und Optimierung	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

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

Inhalt
The tutorials deepen the understanding of the material of the lecture.
Zu erbringende Prüfungsleistung
See lecture
Zu erbringende Studienleistung
None
Teilnahmevoraussetzung
None

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Zuverlässigkeitstechnik / Reliability Engineering	11LE50MO-5214 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Jürgen Wilde	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Aufbau- u. Verbindungstechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

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

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
Basic understanding in mathematics (statistics) as well as materials sciences.

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Zuverlässigkeitstechnik / Reliability Engineering - Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	1.00	90 hours
Zuverlässigkeitstechnik / Reliability Engineering - Übung	Übung	Wahlpflicht		1.00	

Qualifikationsziel

The first qualification target is an understanding of terminology for dependability, reliability and safety in an engineering context.

To that purpose quantitative definitions are given, and a mathematical understanding of the statistical basics of reliability engineering are acquired.

A next step is the comprehension of the reliability of single mechanical and electronic components. To that purpose the fundamentals of fatigue and fracture mechanics will first be learned, followed by the testing and failure modelling of electronic devices. This allows to understand device degradation by environmental failure causes and to model stress-induced failures and reliability.

By the combination of several elements systems are generated. In order to predict the reliability and to validate the safety of systems, risk analyses are treated. These comprise reliability block-diagrams, failure-rate analyses, fault-tree-analyses, the state-space-method, failure-mode-and-effects-analysis, and Markoff analysis. The student will also gain specific knowledge in fields like software dependability, dependability of repairable systems, and functional safety.

The understanding of the respective techniques, also based on industrial standards gives the basic capabilities in order to develop safe systems. Application fields like automotive engineering, medical implants, or aerospace technology are of high relevance. In this way the lecture provides the basis for the understanding of state-of-the-art techniques and concepts of reliability engineering.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Zuverlässigkeitstechnik / Reliability Engineering	11LE50MO-5214 PO 2021
Veranstaltung	
Zuverlässigkeitstechnik / Reliability Engineering - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5214
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Aufbau- u. Verbindungstechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	1.0
Empfohlenes Fachsemester	5
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	30 hours
Selbststudium	60 hours
Workload	90 hours

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

- 6. Reliability of repairable systems
 - 6.1 Definitions
 - 6.2 Repair rate
 - 6.3 Availability
 - 6.4 Markov-Chains and Markov-Processes
- 7. Software reliability
 - 7.1 Examples of software-induced accidents
 - 7.2 Probability of software faults
 - 7.3 Reliability models for software
 - 7.4 Misjudgements concerning software use
- 8. Human factors
- 9. Pre-requisites for development processes
- 10. Standards and legislation for medical devices

Zu erbringende Prüfungsleistung

Oral exam (30 minutes)

Zu erbringende Studienleistung

None

Literatur

Short lecture notes and data files with existing ANSYS macros.

Teilnahmevoraussetzung

None

Empfohlene Voraussetzung

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

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Zuverlässigkeitstechnik / Reliability Engineering	11LE50MO-5214 PO 2021
Veranstaltung	
Zuverlässigkeitstechnik / Reliability Engineering - Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5214
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Aufbau- u. Verbindungstechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

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

Inhalt
Zu erbringende Prüfungsleistung
See lecture
Zu erbringende Studienleistung
None
Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
See lecture

Name des Kontos	Nummer des Kontos
Materials and Fabrication	11LE50KO-WP-MSc-986-2021 WP2 MaF
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
Benotung	A- Berechnung 1 NachK

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Computational physics: material science	11LE50MO-5270 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Joachim Dzubiella	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	9,0
Empfohlenes Fachsemester	
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	270 hours

Teilnahmevoraussetzung
none
Empfohlene Voraussetzung
Basic knowledge in programming (Python, C/C++) as well as statistical mechanics.

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Computational Physics: Materials Science	Vorlesung	Wahlpflicht	9,0	4.00	270

Qualifikationsziel
Application of computational simulation methods can help to discover or design new materials and investigate (microscopic) structure- (macroscopic) property relationships of a wide range of materials classes, such as metals, composites, nanostructures, ice/water, as well as polymers, surfactants, or colloidal dispersions. This course will introduce basic statistical concepts as well as programming and simulations techniques with particular focus on methods based on classical Hamiltonians spanning orders of length and time scales, such as Molecular Dynamics and coarse-grained Langevin Dynamics simulations. The students will become familiar with some examples for the different types of interatomic and coarse-grained potentials: e.g., Lennard-Jones, Born-Mayer, Embedded-Atom, (screened) Coulomb, Hamaker, etc. as well as bonded potentials for molecules and polymers. The course will consist of lectures and hands-on programming exercises and small projects, simulating mostly complex (interacting) fluids and molecules, using own written code.
Zu erbringende Prüfungsleistung
The Prüfungsleistung consists of a written exam, and only the result of the written exam contributes to the Prüfungsleistung.
Zu erbringende Studienleistung
Criteria for passing: For successfully completing the Studienleistung (SL), students must (i) obtain, at least, an average of 50% over all the tutorial sheets, (ii) not miss more than two tutorials (either digital or in presence), and (iii) present their results at least twice during the semester.

Verwendbarkeit der Veranstaltung

Students enrolled in the M.Sc. programme Microsystems Engineering or Mikrosystemtechnik (2021 version of the exam regulations) can complete this module in the concentration area Materials and Fabrication (=Materialien und Herstellungsprozesse).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Computational physics: material science	11LE50MO-5270 PO 2021
Veranstaltung	
Computational Physics: Materials Science	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	07LE33V-ADV_THEO_COMP-MAT
Fachbereich / Fakultät	
Physikalisches Institut-VB	

ECTS-Punkte	9,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	
Angebotsfrequenz	unregelmäßig
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	90
Selbststudium	180
Workload	270

Inhalt
<p>This lecture provides an introduction into basic concepts of atomistic computational materials science. The computational tools for different time and length scales will be introduced and it will be discussed how these tools can be combined in order to solve physical problems extending over too many scales for one single method alone. We will start with a brief introduction to density functional theory and more approximate methods such as tight binding. Quantum derived forces can be extracted from these methods and the short term dynamics of small nanosystems can be studied. For the simulation of larger systems and longer time scales, classical interatomic potentials are required. The students will become familiar with some examples for the different types of interatomic potentials: e.g. Lennard-Jones, Born-Mayer, Embedded-Atom, Bond-Order-potentials as well as bead-spring potentials for polymers. A brief introduction into the basic methodology of micro-canonical and thermostated molecular dynamics simulations will be given. The lecture is accompanied by a hands-on programming course. Classical molecular dynamics simulations will be used to study metallic and covalently bonded materials.</p>
Lernziele / Lernergebnisse
<ul style="list-style-type: none"> ■ Students have understood the basic Hamiltonian of CMS ■ Students are familiar with the various approximations that lead to different methods in CMS: Born-Oppenheimer approximation, classical approximation for the nuclei, local density approximation, tight-binding, semi-empirical interatomic potentials, coarse grained models, hydrodynamic limit ■ Students have a basic knowledge of density functional theory. ■ Students can set up simple molecular dynamics calculations. ■ Students are familiar with the different types of Born-Oppenheimer surfaces for the different types of interatomic binding. ■ Students are familiar with extended molecular dynamics methods.

Zu erbringende Prüfungsleistung
The Prüfungsleistung consists of a written exam, and only the result of the written exam contributes to the Prüfungsleistung.
Zu erbringende Studienleistung
Literatur
lecture script: A brief Introduction into Computational Materials Science
Teilnahmevoraussetzung
none

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

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 Stunden
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
keine
Empfohlene Voraussetzung
keine

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Disposable sensors	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 Stunden

Qualifikationsziel
<p>You understand the basics of different signal detection and amplification strategies.</p> <ul style="list-style-type: none"> - You know the materials and the fabrication techniques used for disposable sensors. - You learn various biorecognition elements and their working mechanisms. - You overview the recent advances in disposable sensors from different application fields. - You can apply these knowledge to develop new bioanalytical devices in future.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
<p>Students enrolled in the M.Sc. programme Microsystems Engineering or Mikrosystemtechnik (2021 version of the exam regulations) can complete this module in the concentration area Materials and Fabrication (=Materialien und Herstellungsprozesse).</p>

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Disposable sensors	11LE50MO-5259 PO 2021
Veranstaltung	
Disposable sensors	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5259
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Sensoren	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	26 Stunden
Selbststudium	64 Stunden
Workload	90 Stunden

Inhalt
<p>Disposable sensors are low-cost, single-use and easy-to-handle sensing devices. In recent years, they have become increasingly important for various applications. These include from environmental, forensic, pharmaceutical, agricultural, and food monitoring to wearables and clinical diagnostics, especially the point-of-care testing. This lecture deals with the materials, methods and applications of disposable sensors.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Introduction 2. Materials for disposable sensors 3. Biorecognition elements 4. Signal detection techniques 5. Signal amplification strategies 6. Lab-on-a-chip: integration into microfluidic systems 7. Application fields <ol style="list-style-type: none"> a. Diagnostics b. Food analysis c. Environmental monitoring 8. Future perspectives 9. Summary

Lernziele / Lernergebnisse
<ul style="list-style-type: none">■ You understand the basics of different signal detection and amplification strategies.■ You know the materials and the fabrication techniques used for disposable sensors.■ You learn various biorecognition elements and their working mechanisms.■ You overview the recent advances in disposable sensors from different application fields.■ You can apply these knowledge to develop new bioanalytical devices in future.
Zu erbringende Prüfungsleistung
written exam with a duration of 90 minutes
Zu erbringende Studienleistung
none
Teilnahmevoraussetzung
none

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Electrochemical energy applications: fuel cells and electrolysis	11LE50MO-5278 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Roland Zengerle	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Anwendungsentwicklung	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 hours
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
none
Empfohlene Voraussetzung
Knowledge in material science

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Electrochemical energy applications: fuel cells and electrolysis	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 Stunden

Qualifikationsziel
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
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students enrolled in the M.Sc. programme Microsystems Engineering or Mikrosystemtechnik (2021 version of the exam regulations) can complete this module in the concentration area Materials and Fabrication (=Materialien und Herstellungsprozesse).

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

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprachen	deutsch, englisch
Präsenzstudium	26
Selbststudium	64
Workload	90 Stunden

Inhalt	
Zu erbringende Prüfungsleistung	
schriftliche Ausarbeitung (z.B. Hausarbeit, Projektbericht, Poster)	
Zu erbringende Studienleistung	
keine	
Teilnahmevoraussetzung	
none	
Empfohlene Voraussetzung	
Knowledge in material science	

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Elektrochemische Methoden für Ingenieure / Electrochemical Methods for Engineers	11LE50MO-5719 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Gerald Urban	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Sensoren	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

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

Teilnahmevoraussetzung
none
Empfohlene Voraussetzung
<ul style="list-style-type: none"> ■ Introductory lecture to chemistry or similar knowledge ■ Introductory lecture to electronics or similar knowledge

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Elektrochemische Methoden für Ingenieure / Electrochemical Methods for Engineers - Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 hours

Qualifikationsziel
The students know the essential concepts and fundamental equations of electrochemical theory. The participants from different subjects link together the knowledge from physical chemistry and several engineering disciplines to get a sound understanding of the classical electrochemical methods and electrochemical impedance spectroscopy. The students can apply their knowledge and understanding of the electrochemical methods to tasks in the field of material science, microtechnology, microsystems and energy application.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students enrolled in the M.Sc. programme Microsystems Engineering or Mikrosystemtechnik (2021 version of the exam regulations) can complete this module in the concentration area Materials and Fabrication (=Materialien und Herstellungsprozesse).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Elektrochemische Methoden für Ingenieure / Electrochemical Methods for Engineers	11LE50MO-5719 PO 2021
Veranstaltung	
Elektrochemische Methoden für Ingenieure / Electrochemical Methods for Engineers - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5719
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Sensoren	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	30
Selbststudium	60
Workload	90 hours

Inhalt
<ul style="list-style-type: none"> ■ Electrochemical theory (cells, electrodes, fundamental equation and concepts) ■ Instrumentation (focus on the interplay between electrochemistry and electronics/data acquisition), equipment (electrodes, cells), and electrolytes ■ Classical methods (potentiometry, amperometry, CV, DPV, SWV, HDME, RDE, RRDE) ■ Electrochemical impedance spectroscopy (EIS) ■ Selected aspects: Material science (corrosion, hierarchical micro-/nanostructures) ■ Selected aspects: Microtechnology (electrodeposition, failure mechanism) ■ Selected aspects: Microsystems (electrochemical sensors and actuators) ■ Selected aspects: Energy application (fuel cells, batteries, super caps)
Zu erbringende Prüfungsleistung
written examination (90 minutes)
Zu erbringende Studienleistung
none
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> ■ Bard, Faulkner: Electrochemical Methods – Fundamentals and Applications, 2nd ed., 2001, Wiley, library: SB/I.1/1 ■ Hamann, Hamnett, Vielstich: Electrochemistry, 2nd ed., Wiley-VCH 2007, library: SB/H.2/13

- Zoski: Handbook of electrochemistry, 1st ed., Elsevier, 2007, available as ebook (campus license)

Teilnahmevoraussetzung

none

Empfohlene Voraussetzung

Introductory lecture to chemistry or similar knowledge
Introductory lecture to electronics or similar knowledge

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Energiespeicherung und Wandlung mittels Brennstoffzellen / Energy storage and conversion using fuel cells	11LE50MO-5203 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Claas Müller	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Prozesstechnologie	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

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

Teilnahmevoraussetzung
keine

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Energiespeicherung und Wandlung mittels Brennstoffzellen / Energy storage and conversion using fuel cells - Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 Stunden

Qualifikationsziel
Ziel des Moduls ist die Vermittlung der vertieften theoretischen Grundlagen und der spezifischen Kenntnisse zur Speicherung und Wandlung von Energie mittels Brennstoffzellen in mikrotechnischen Systemen.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students enrolled in the M.Sc. programme Microsystems Engineering or Mikrosystemtechnik (2021 version of the exam regulations) can complete this module in the concentration area Materials and Fabrication (=Materialien und Herstellungsprozesse).

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

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	deutsch
Präsenzstudium	26
Selbststudium	64
Workload	90 Stunden

Inhalt
<ul style="list-style-type: none"> ■ Physikalisch chemische Grundlagen Brennstoffzellen ■ Aufbau und Funktion von Brennstoffzellen ■ Vorstellung unterschiedlicher Brennstoffzellentypen ■ Physikalisch chemische Grundlagen der Wasserstoffspeicherung ■ Vorstellung von Wasserstoffspeichertypen und -mechanismen ■ Diskussion von Vor- und Nachteilen der Wasserstoffspeicher ■ Brennstoffzellensysteme im Automobil ■ PEM ■ DMFC ■ Miniaturisierung von Brennstoffzellen ■ Mikrobrennstoffzelle ■ Chipintegrierte Brennstoffzelle (I²Brenn) ■ Brennstoffzellenakkumulator ■ Miniaturisierung der Wasserstofferzeugung ■ Einsatz von Brennstoffzellensystemen in der MST
Zu erbringende Prüfungsleistung
Schriftliche Abschlussprüfung (90 Minuten)

Zu erbringende Studienleistung
keine
Literatur
Zur Vorlesung wird ein Skriptum zur Verfügung gestellt und regelmäßig aktualisiert.
Teilnahmevoraussetzung
keine

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Fortgeschrittene Siliziumtechnologie / Advanced Silicon Technology	11LE50MO-5112 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Oliver Paul	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Materialien der Mikrosystemtechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 hours
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
none
Empfohlene Voraussetzung
Basic knowledge in microsystems technology and semiconductor physics

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Fortgeschrittene Siliziumtechnologie / Advanced Silicon Technology - Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 hours

Qualifikationsziel
This module provides a more detailed description of silicon technologies exceeding the modules in Microsystemtechnology I and II. The basics in silicon technologies will be accomplished by the most recent results found in literature. Whenever possible, we will organize a visit of the Micronas GmbH in Freiburg and their CMOS Fab.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students enrolled in the M.Sc. programme Microsystems Engineering or Mikrosystemtechnik (2021 version of the exam regulations) can complete this module in the concentration area Materials and Fabrication (=Materialien und Herstellungsprozesse).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Fortgeschrittene Siliziumtechnologie / Advanced Silicon Technology	11LE50MO-5112 PO 2021
Veranstaltung	
Fortgeschrittene Siliziumtechnologie / Advanced Silicon Technology - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5112
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Materialien der Mikrosystemtechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	26
Selbststudium	64
Workload	90 hours

Inhalt
Substrate materials, oxidation, diffusion, implantation, polysilicon and epitaxy, silicides, metallisation, dielectric layers, SiGe, strained silicon, low- und high-k-dielectrics, photo lithography (immersion lithography, phase shift mask, EUV, chemical-mechanical polishing, process integration, CMOS-compatible micro mechanics
Zu erbringende Prüfungsleistung
Oral examination if there are 20 or fewer than 20 registered participants; written examination if there are more than 20 registered participants (minimum 60 and maximum 240 minutes). Details will be announced by the examiner in due time.
Zu erbringende Studienleistung
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> ■ Chang/Sze: ULSI Technology, Wiley ■ Semiconductor International: monatliche Technologie-Zeitschrift
Teilnahmevoraussetzung
none
Empfohlene Voraussetzung
Basic knowledge in microsystems technology and semiconductor physics

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Funktionale Sicherheit - Aktive Resilienz / Functional Safety, Security and Sustainability: Active Resilience	11LE68MO-5120 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Stefan Hiermaier	
Veranstalter	
Institut für Nachhaltige Technische Systeme, Professur für Nachhaltige Ingenieursysteme	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 h
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
Any basics in any of the following areas would be helpful but are not mandatory: <ul style="list-style-type: none"> ■ system description and modelling ■ graphical/ semiformal modelling ■ product and development life cycles ■ classical system analysis ■ reliability analysis for any engineering discipline, e.g. electronics, computer science, mechanical, civil and aerospace engineering

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Functional Safety: Active Resilience	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 h

Qualifikationsziel
<p>Main goals include:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Know main (emerging) application domains, e.g. digitalized production, transport, aerospace, AI safety, and renewable energy2. Knowledge how to achieve acceptable overall safety (risk control), security, sustainability, and resilience of socio-technical (safety relevant and critical) systems through reliable functions3. Knowledge and tailoring of definitions, types and effects of reliability functions4. Relation of functional safety to related concepts for security and sustainability generation5. Knowledge and tailoring of safety life cycle, development processes and process steps to plan, develop, verify and validate reliability or safety functions6. Knowledge, tailoring, process-driven application, quantification and evaluation, executive conclusions development, and litigable documentation of mainly quantitative system analysis methods7. Know how to efficiently combine and tailor modern system analysis methods8. Know failure types and how to avoid and control them with techniques and measures for hardware and software9. 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 level10. Knowledge of reliability prediction methods and related standards11. Applicable knowledge of related standardization landscape
Verwendbarkeit der Veranstaltung
<p>Elective Module for students of the study program</p> <ul style="list-style-type: none">■ Master of Science in Sustainable Systems Engineering (2021 version of the exam regulations):<ul style="list-style-type: none">■ Resilience Engineering■ Students enrolled in the M.Sc. programme Microsystems Engineering or Mikrosystemtechnik (2021 version of the exam regulations) can complete this module in the concentration area Materials and Fabrication (=Materialien und Herstellungsprozesse).■ Master of Embedded Systems Engineering<ul style="list-style-type: none">■ Zuverlässige eingebettete Systeme■ Design and Simulation

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Funktionale Sicherheit - Aktive Resilienz / Functional Safety, Security and Sustainability: Active Resilience	11LE68MO-5120 PO 2021
Veranstaltung	
Functional Safety, Security and Sustainability: Active Resilience	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE68V-5120
Veranstalter	
Institut für Nachhaltige Technische Systeme-VB	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	26 h
Selbststudium	64 h
Workload	90 h

Inhalt
<p>Main contents:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Definition of functional safety, safety functions, safety integrity level (SIL), safety related systems 2. Relation of functional safety to reliability, availability, resilience, safety and security 3. Safety and resilience life cycle models (development process for safety and resilience): general and phase-specific requirements 4. System definition and graphical/semi-formal modelling for system analysis, e.g. with UML and SysML 5. Overview on methods for SIL determination: graphical, numerical, analytical, statistical 6. Basic (inductive) analytical tabular system analysis methods: e.g. preliminary hazard list (PHL), hazard analyses (PHA, SSH, O&SHA, HAZOP), hazard log, failure mode and effects analysis (FMEA, FMEDCA), Double failure matrix 7. Basic (deductive) graphical system analysis methods: Reliability block diagram (RBDs), Fault tree analysis (FTA, TDFTA), Markov models, Petri nets, event tree analysis, Fishbone diagram 8. Application process of system analysis methods: qualitative and quantitative implementation, evaluation, e.g. risk priority numbers, parts count and parts stress using reliability prediction for FMEA, Boolean algebra and importance measures for FTA, quantitative measures for graph-based methods, computation approaches for Markov and Petri-Models 9. Key functional safety quantities, e.g. SIL, hardware failure tolerance, complexity, diagnostic coverage, safe failure fraction 10. Functional safety and resilience architecture allocation, e.g. MooN, MooND 11. Overview on techniques and measures for hardware and software to avoid and control systematic errors and to avoid and control statistic errors of hardware

12. Combination and tailoring of processes and methods
13. Application domains and examples: e.g. automation, production, automotive, transport, energy supply
14. Standardization landscape, e.g. functional safety standards IEC 61508, ISO 26262 and safety of intended function ISO 21448
15. Emerging standards, future risk control and resilience generation challenges, e.g. AI and superintelligence control

Qualifikationsziel

Zu erbringende Prüfungsleistung

Written examination

Zu erbringende Studienleistung

None

Literatur

Example literature/ Sample literature:

1. Satisfying safety goals by probabilistic risk analysis, Hiromitsu Kumamoto, Springer 2007
2. Modern statistical and mathematical methods in reliability, Alyson Wilson et. al. (eds.), World Scientific, 2005
3. Mathematical and statistical methods in reliability, Bo H Lindqvist and Kyell A Doksum, World Scientific, 2003
4. FRAM: the functional resonance analysis method, Erik Holnagel, Ashgate, 2012
5. Control systems safety evaluation and reliability, William M. Gobe, 2010
6. System reliability theory: models, statistical methods and applications, Marvin Rausand, Arnljot Hoyland, Wiley-Interscience, 2004
7. Risk assessment: theory, methods, and application, Marvin Rausand, Wiley, 2011
8. Reliability of safety-critical systems: theory and applications, Marvin Rausand, Wiley, 2014
9. Risk and resilience: methods and application in environment, cyber and social domains, Eds.: Igor Linkov, Jose Manuel Palma-Oliviera, Springer, 2017
10. Functional safety for road vehicles: new challenges and solutions for e-mobility and automated driving, Hans-Leo Ross, Springer, 2016
11. Functional safety in practice, Harvey T Dearden, CreateSpace Independent Publishing Platform, 2018
12. Modeling for reliability analysis: Markov modeling for reliability, maintainability, safety, and supportability analyses of complex systems, Jan van Pukite, Paul Pukite, Wiley-IEEE Press, 1998
13. Applied reliability engineering and risk analysis: probabilistic models and statistical inference, Editor(s): Ilia B. Frenkel, Alex Karagrigoriou, Anatoly Lisnianski, Andre Kleyner, John Wiley & Sons, 2013
14. Reliability engineering: theory and practice, Alessandro Birolini, Springer, 2013
15. Electronic safety systems: hardware concepts, models, calculations, Josef Börcsök, Hüthig, 2004.
16. Elektronische Sicherheitssysteme, Josef Börcsök, Hüthig, 2004
17. Funktionale Sicherheit: Grundzüge sicherheitstechnischer Systeme, Hüthig, 2014
18. Zuverlässigkeitstechnik, Arno Meyna and Bernhard Pauli, Hanser, 2010
19. The safety critical systems handbook, David J. Smith, Butterworth-Heinemann, 2010
20. Reliability and availability engineering: modeling, analysis, and applications, Kishor S. Trivedi, Andrea Bobbio, Cambridge University Press, 2017

Further information:

Sample related standards for information

<https://www.iec.ch/functionalsafety/>

<https://www.iso.org/standard/68383.html>

<https://www.iso.org/standard/70939.html>

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
Any basics in any of the following areas would be helpful but are not mandatory: <ul style="list-style-type: none">■ system description and modelling■ graphical/ semiformal modelling■ product and development life cycles■ classical system analysis■ reliability analysis for any engineering discipline, e.g. electronics, computer science, mechanical, civil and aerospace engineering.
Lehrmethoden
Lecture with integrated exercises

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Hardware-Entwicklung mit der Finite-Elemente-Methode / Hardware Design with the Finite-Element-Method	11LE50MO-5503 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Jürgen Wilde	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Aufbau- u. Verbindungstechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

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

Teilnahmevoraussetzung
keine
Empfohlene Voraussetzung
Kenntnisse in Assembly and Packaging Technology oder Aufbau- und Verbindungstechnik

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Hardware-Entwicklung mit der Finite-Elemente-Methode / Hardware Design with the Finite-Element-Method - Praktische Übung	Praktikum	Wahlpflicht	6,0	4.00	180 Stunden

Qualifikationsziel
It is the aim, that after this module, the student will know the fundamental physical problems in electronic hardware based on own numerical investigations. The student will have elementary capabilities to solve praxis-relevant design problems in assembly and packaging of MEMS using a professional finite-element-system. He/she will know how experiments can be replaced by simulation and what the necessary input data are. He/she will be able to work with the Finite-Element-Code and to modify complex existing models. Furthermore it is expected that the student will have improved capabilities in the analysis of industrial problems and on reporting of the corresponding results.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students enrolled in the M.Sc. programme Microsystems Engineering or Mikrosystemtechnik (2021 version of the exam regulations) can complete this module in the concentration area Materials and Fabrication (=Materialien und Herstellungsprozesse).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Hardware-Entwicklung mit der Finite-Elemente-Methode / Hardware Design with the Finite-Element-Method	11LE50MO-5503 PO 2021
Veranstaltung	
Hardware-Entwicklung mit der Finite-Elemente-Methode / Hardware Design with the Finite-Element-Method - Praktische Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Praktikum	11LE50P-5503
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik, Aufbau- u. Verbindungstechnik	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	deutsch
Präsenzstudium	60
Selbststudium	120
Workload	180 Stunden

Inhalt
Zu erbringende Prüfungsleistung
Benotete Protokolle und eine schriftliche oder mündliche Prüfung angelehnt an die Protokolle
Zu erbringende Studienleistung
keine
Teilnahmevoraussetzung
none
Empfohlene Voraussetzung
Knowledge in Assembly and Packaging Technology or Aufbau- und Verbindungstechnik

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Keramische Werkstoffe der Mikrotechnik / Ceramic Materials for microsystems	11LE50MO-5102 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Thomas Hanemann	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Werkstoffprozesstechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 Stunden
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
keine
Empfohlene Voraussetzung
Kenntnisse der Werkstoffwissenschaft, z.B. Zustandsdiagramme, physikalische Eigenschaften verschiedener Materialklassen, Kristallsysteme, thermodynamische Eigenschaften und Kinetik kristalliner und nichtkristalliner Festkörper

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Keramische Werkstoffe der Mikrotechnik / Ceramic Materials for microsystems - Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 Stunden

Qualifikationsziel
Ziel des Moduls ist es, die technologischen und physikalischen Grundlagen der keramischen Werkstoffe und die zugehörigen Prozessierungsmethoden zu vermitteln. Mikrosystemtechnisch relevante Aspekte der keramischen Werkstoffe und ihrer Prozessierungsmethoden sollen aufgezeigt werden.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students enrolled in the M.Sc. programme Microsystems Engineering or Mikrosystemtechnik (2021 version of the exam regulations) can complete this module in the concentration area Materials and Fabrication (=Materialien und Herstellungsprozesse).

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

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	4
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	deutsch
Präsenzstudium	26
Selbststudium	64
Workload	90 Stunden

Inhalt
Im ersten Teil werden die allgemeinen Aspekte keramischer Werkstoffe mit den Schwerpunkten Oxid- und Nichtoxidkeramiken sowie Magnetkeramiken behandelt. Weitere Kapitel betreffen die Herstellung keramischer Pulver, die Charakterisierung von Pulvern und Keramiken und die Herstellung und Beschreibung von Pulversuspensionen. Anschließend wird die Herstellung keramischer Komponenten für die Mikrotechnik nach unterschiedlichen Verfahren (Trockenpressen, Schlickergießen, elektrophoretische Abscheidung, Folien gießen, pulverkeramisches Spritzgießen) vorgestellt. Die Vorlesung schließt mit einer Einführung in Sinterprozesse. Es besteht die Möglichkeit, im Anschluss an die Vorlesung ein ca. 2-wöchiges Blockpraktikum zu absolvieren. Dieses dient dazu die in der Vorlesung theoretisch behandelten Themen praktisch umzusetzen.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Schriftliche Prüfungsleistung von 90 Minuten Dauer oder mündliche Prüfungsleistung von 30 Minuten Dauer
Zu erbringende Studienleistung
keine
Literatur
Begleitend zur Vorlesung wird ein Skriptum und werden Handzettel der Vorlesungsfolien zur Verfügung gestellt.

Teilnahmevoraussetzung
keine
Empfohlene Voraussetzung
Kenntnisse der Werkstoffwissenschaft, z.B. Zustandsdiagramme, physikalische Eigenschaften verschiedener Materialklassen, Kristallsysteme, thermodynamische Eigenschaften und Kinetik kristalliner und nichtkristalliner Festkörper

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Kontakt, Adhäsion, Reibung / Contact, Adhesion, Friction	11LE50MO-5252 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Lars Pastewka	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Simulation	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

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

Teilnahmevoraussetzung
Successful completion of the module Micromechanics
Empfohlene Voraussetzung
For successful completion of this module, knowledge of a programming language (e.g. Python, C, C++, Fort-ran, MATLAB) is strongly recommended

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Kontakt, Adhäsion, Reibung / Contact, Adhesion, Friction	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	2.00	180 Stunden
Kontakt, Adhäsion, Reibung / Contact, Adhesion, Friction	Übung	Wahlpflicht		2.00	

Qualifikationsziel
The student - can explain the physical origins of surface forces and the role of elastic deformation in contact - knows models for contact and sliding of smooth and rough interfaces in non-adhesive and adhesive limits and can explain their respective range of applicability - can explain the mathematical origin of the boundary element method and apply it to solve contact problems in engineering
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students enrolled in the M.Sc. programme Microsystems Engineering or Mikrosystemtechnik (2021 version of the exam regulations) can complete this module in the concentration area Materials and Fabrication (=Materialien und Herstellungsprozesse).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Kontakt, Adhäsion, Reibung / Contact, Adhesion, Friction	11LE50MO-5252 PO 2021
Veranstaltung	
Kontakt, Adhäsion, Reibung / Contact, Adhesion, Friction	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5252
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Simulation	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	60
Selbststudium	120
Workload	180 Stunden

Inhalt
<ul style="list-style-type: none"> ■ This lecture introduces models for the mechanics of smooth and rough contacts for non-adhesive and adhesive interfaces. Contact mechanical models are applied in many technological areas, from interpreting atomic-force microscopy data to designing biomimetic adhesives. Examples of these applications will be given throughout the lecture. <ol style="list-style-type: none"> 1. Introduction: Contact area and contact stiffness 2. Theory of the elastic half-space 3. Contact of nonadhesive spheres: Hertz's theory 4. Physical origins of surface forces 5. Contact of adhesive spheres: Johnson-Kendall-Roberts, Derjaguin-Muller-Toporov, Maugis-Dugdale 6. Surface roughness: Power spectral density, random process model 7. Contact of nonadhesive rough interfaces: Greenwood-Williamson, Persson, modern numerical results 8. Contact of adhesive rough interfaces: Fuller-Tabor, Persson, modern numerical results 9. Tangential and sliding contact: Interfacial shear strength, Cattaneo-Mindlin, Savkoor 10. Contact and sliding of viscoelastic bodies: Persson's model 11. Applications of contact models: Atomic-force microscopy, biological adhesive systems and biomimetic adhesives, failure of MEMS, leakage of seals
Zu erbringende Prüfungsleistung
mündliche Abschlussprüfung
Zu erbringende Studienleistung
siehe Übung

Literatur
K. L. Johnson, Contact Mechanics (Cambridge University Press, 1985) D. Maugis, Contact, Adhesion and Rupture of Elastic Solids (Springer-Verlag, 2000) J. Israelachvili, Intermolecular and Surface Forces (Academic Press, 1985)
Teilnahmevoraussetzung
Successful completion of the module Micromechanics
Empfohlene Voraussetzung
For successful completion of this module, knowledge of a programming language (e.g. Python, C, C++, Fortran, MATLAB) is strongly recommended.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Kontakt, Adhäsion, Reibung / Contact, Adhesion, Friction	11LE50MO-5252 PO 2021
Veranstaltung	
Kontakt, Adhäsion, Reibung / Contact, Adhesion, Friction	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5252
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Simulation	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

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

Inhalt
The lecture is accompanied by a computer lab, where the students implement a boundary element method for the solution of contact problems. The computer lab will use the programming language Python. A short introduction into Python is part of the lab sessions.
Zu erbringende Prüfungsleistung
see lecture
Zu erbringende Studienleistung
Review/demonstration of boundary element code from exercise sessions.
Teilnahmevoraussetzung
none

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Kontinuumsmechanik I mit Übungen / Continuum mechanics I with exercises	11LE68MO-4302 PO 2021
Verantwortliche/r	
Dirk Helm	
Veranstalter	
Institut für Nachhaltige Technische Systeme, Professur für Nachhaltige Ingenieursysteme	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

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

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
Advanced mathematics; engineering mechanics

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Kontinuumsmechanik I / Continuum mechanics I - Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	4.00	180 h
Kontinuumsmechanik I / Continuum mechanics I - Übung	Übung	Wahlpflicht			

Qualifikationsziel
The objective of the module is to master the mathematical foundations of continuum mechanics in form of tensor algebra and tensor analysis as well as the knowledge of the basic structure of continuum mechanics. The content of the topics of the lecture will be further studied by exercises in order to train the mathematical foundations and the first applications in the field of continuum mechanics.

Verwendbarkeit der Veranstaltung

Elective Module for students of the study program

- Master of Science in Sustainable Systems Engineering (2021 version of the exam regulations):
 - Resilience Engineering
 - Sustainable Materials Engineering
- Students enrolled in the M.Sc. programme Microsystems Engineering or Mikrosystemtechnik (2021 version of the exam regulations) can complete this module in the concentration area Materials and Fabrication (=Materialien und Herstellungsprozesse).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Kontinuumsmechanik I mit Übungen / Continuum mechanics I with exercises	11LE68MO-4302 PO 2021
Veranstaltung	
Kontinuumsmechanik I / Continuum mechanics I - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE68V-4301
Veranstalter	
Institut für Nachhaltige Technische Systeme-VB	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	52 h
Selbststudium	128 h
Workload	180 h

Inhalt
<ul style="list-style-type: none"> ■ Mathematical foundations of continuum mechanics (specialized to orthonormal base systems) consisting of tensor algebra and tensor analysis ■ Introduction to the basic structure of continuum mechanics (kinematics, balance equations, constitutive relations). ■ The focus lies on the treatment of small deformations and simplified examples with reference to engineering mechanics.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Oral examination (one-on-one, Prüfungsgespräch) with a max. duration of 45 min.
Zu erbringende Studienleistung
none
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> ■ M. Itskov, Tensor Algebra and Tensor Analysis for Engineers, Springer, 2013
Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
Advanced mathematics; engineering mechanics

Lehrmethoden
Lecture + exercise

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Kontinuumsmechanik I mit Übungen / Continuum mechanics I with exercises	11LE68MO-4302 PO 2021
Veranstaltung	
Kontinuumsmechanik I / Continuum mechanics I - Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE68Ü-4302
Veranstalter	
Institut für Nachhaltige Technische Systeme-VB	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

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

Inhalt	
The content of the lecture will be further studied by exercises in order to train the mathematical foundations and the first applications in the field of continuum mechanics.	
Zu erbringende Prüfungsleistung	
Zu erbringende Studienleistung	
none	
Teilnahmevoraussetzung	
none	

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Kontinuumsmechanik II mit Übungen / Continuum mechanics II with exercises	11LE68MO-4304 PO 2021
Verantwortliche/r	
Dirk Helm	
Veranstalter	
Institut für Nachhaltige Technische Systeme, Professur für Nachhaltige Ingenieursysteme	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

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

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
<ul style="list-style-type: none"> ■ Module Continuum Mechanics I with Exercises

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Kontinuumsmechanik II / Continuum mechanics II - Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	2.00	180 h
Kontinuumsmechanik II / Continuum mechanics II - Übung	Übung	Wahlpflicht		2.00	

Qualifikationsziel
The objective of the course is the knowledge of nonlinear continuum mechanics and its applications in solid state and fluid mechanics. The content of the topics of the lecture will be further studied by exercises in order to train the mathematical foundations and the first applications in the field of continuum mechanics.

Verwendbarkeit der Veranstaltung

Elective Module for students of the study program

- Master of Science in Sustainable Systems Engineering (2021 version of the exam regulations):
 - Resilience Engineering
 - Sustainable Materials Engineering
- Students enrolled in the M.Sc. programme Microsystems Engineering or Mikrosystemtechnik (2021 version of the exam regulations) can complete this module in the concentration area Materials and Fabrication (=Materialien und Herstellungsprozesse).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Kontinuumsmechanik II mit Übungen / Continuum mechanics II with exercises	11LE68MO-4304 PO 2021
Veranstaltung	
Kontinuumsmechanik II / Continuum mechanics II - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE68V-4303
Veranstalter	
Institut für Nachhaltige Technische Systeme-VB	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	60 h
Selbststudium	120 h
Workload	180 h

Inhalt
<ul style="list-style-type: none"> ■ Kinematics for finite deformations: representation of motion, strain tensors etc. at large deformations, geometric linearization ■ Balance relations of mechanics and thermomechanics ■ Principles of mechanics: principle of D'Alembert, principle of virtual displacements ■ Constitutive relations for fluids and solids (e.g. linear-elastic fluid, finite elasticity, viscoelasticity, plasticity, viscoplasticity, heat conduction, ...) ■ Extension of the mathematical foundations of tensor algebra and tensor analysis to general base systems and curved coordinates
Zu erbringende Prüfungsleistung
Oral examination (one-on-one, Prüfungsgespräch) with a max. duration of 45 min.
Zu erbringende Studienleistung
see exercise
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> ■ P. Haupt, Continuum Mechanics and Theory of Materials, Springer Verlag, 2002
Teilnahmevoraussetzung
none

Empfohlene Voraussetzung
Module Continuum Mechanics I with Exercises
Lehrmethoden
Lecture + exercise

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Kontinuumsmechanik II mit Übungen / Continuum mechanics II with exercises	11LE68MO-4304 PO 2021
Veranstaltung	
Kontinuumsmechanik II / Continuum mechanics II - Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE68Ü-4304
Veranstalter	
Institut für Nachhaltige Technische Systeme-VB	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

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

Inhalt
The content of the lecture will be further studied by exercises in order to train the mathematical foundations and the first applications in the field of continuum mechanics.
Zu erbringende Prüfungsleistung
see lecture
Zu erbringende Studienleistung
Teilnahmevoraussetzung
none
Zielgruppe
M.Sc. SSE Studierende

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Konstitutive Gleichungen und Diskretisierungsverfahren zur Versagensmodellierung / Physics of Failure	11LE68MO-5121 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Stefan Hiermaier	
Veranstalter	
Institut für Nachhaltige Technische Systeme, Professur für Nachhaltige Ingenieursysteme	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 h
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
None

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Konstitutive Gleichungen und Diskretisierungsverfahren zur Versagensmodellierung / Physics of Failure - Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 h

Qualifikationsziel
With this module students are able to distinguish between damage and failure as two distinct process types in materials as other thermo-mechanic behaviors. Basic differences between phenomenological and physics based modeling approaches become evident. Specifically, the multi-scale character of the process is recognized. The resulting dimension of related resources for computations as well as the necessity for scale-bridging methodologies is learnt. Furthermore, a variety of experimental and numerical methods for characterizing and modeling the processes is investigated.

Verwendbarkeit der Veranstaltung

Elective Module for students of the study program

- Master of Science in Sustainable Systems Engineering (2021 version of the exam regulations):
 - Resilience Engineering
 - Sustainable Materials Engineering
- Students enrolled in the M.Sc. programme Microsystems Engineering or Mikrosystemtechnik (2021 version of the exam regulations) can complete this module in the concentration area Materials and Fabrication (=Materialien und Herstellungsprozesse).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Konstitutive Gleichungen und Diskretisierungsverfahren zur Versagensmodellierung / Physics of Failure	11LE68MO-5121 PO 2021
Veranstaltung	
Konstitutive Gleichungen und Diskretisierungsverfahren zur Versagensmodellierung / Physics of Failure - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE68V-5121
Veranstalter	
Institut für Nachhaltige Technische Systeme, Professur für Nachhaltige Ingenieursysteme	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	30 h
Selbststudium	60 h
Workload	90 h

Inhalt
<p>Fracture mechanics</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ crack propagation and opening modes ■ energy release rate ■ crack tip stress state (stress intensity factors, J integral) ■ cohesive zone model <p>Failure of materials</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ failure criteria models (Tresca, Hill...) ■ failure surfaces ■ stress triaxiality (e.g. Johnson-Cook) <p>Damage mechanics</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ strength degradation ■ damage accumulation models <p>The theoretical, experimental, numerical and empirical approaches to the topics are accompanied with many examples from science and industry.</p>
Zu erbringende Prüfungsleistung
Oral examination (20 minutes)

Zu erbringende Studienleistung
None
Literatur
Information will be given during the lecture.
Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
None
Lehrmethoden
Lecture

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Lithographie / Lithography	11LE50MO-5603 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Claas Müller	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Prozesstechnologie	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 Stunden
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
keine

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Lithographie / Lithography - Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 Stunden

Qualifikationsziel
Ziel des Moduls ist die Vermittlung der Kenntnisse, die für ein ganzheitliches Verständnis der lithographischen Verfahren, die in der Mikrosystemtechnik eingesetzt werden.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students enrolled in the M.Sc. programme Microsystems Engineering or Mikrosystemtechnik (2021 version of the exam regulations) can complete this module in the concentration area Materials and Fabrication (=Materialien und Herstellungsprozesse).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Lithographie / Lithography	11LE50MO-5603 PO 2021
Veranstaltung	
Lithographie / Lithography - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5603
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Prozesstechnologie	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	deutsch
Präsenzstudium	26
Selbststudium	64
Workload	90 Stunden

Inhalt
<ul style="list-style-type: none"> ■ Optische Mikroskopie ■ Hellfeld Beleuchtung ■ Dunkelfeld Beleuchtung ■ Aperturblende ■ Gesichtsfeldblende ■ Aufbau und Funktion von Photoresisten ■ Positiv und negativ Resiste ■ Chemischer Aufbau der Resiste ■ Lithographische Masken ■ Herstellung ■ Materialien ■ Aufbau ■ Grenzen ■ Aufbau und Funktion von Maskaligner ■ Justage Vorderseite und Rückseite ■ Belichtungsmodi ■ Prozessablauf und Prozessketten ■ Charakterisierung von lithographisch hergestellten Strukturen ■ Weiterführende Prozessvarianten

Zu erbringende Prüfungsleistung
mündliche Abschlussprüfung (20-30 Minuten)
Zu erbringende Studienleistung
keine
Literatur
Begleitend zur Vorlesung wird ein Skriptum zur Verfügung gestellt und regelmäßig aktualisiert.
Teilnahmevoraussetzung
keine

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Materials for Electronic Systems	11LE50MO-5274 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Jürgen Wilde	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Aufbau- u. Verbindungstechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

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

Teilnahmevoraussetzung
none
Empfohlene Voraussetzung
Knowledge in experimental physics

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Materials for Electronic Systems	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	3.00	180 Stunden
Materials for Electronic Systems	Übung	Wahlpflicht		1.00	

Qualifikationsziel
<p>The main target of this lecture is the understanding of the basic concepts of materials that are applied for the realization of electronic systems. These materials are used for assembly, interconnection and housing of microelectronics and mechatronic systems.</p> <p>The used material classes comprise metals, ceramics, glass, and polymers as well as composites. Their two basic purposes are use as functional materials and use as structural materials. Semiconductors are not part of this module.</p> <p>So the first learning target is to know the types of materials that are used in specific applications as well as their constitution.</p> <p>The second target is to know the properties that are relevant for the respective use cases. Among the properties to be understood will be mechanical, electrical and magnetic ones. The mechanical strength is a basic property that affects robustness, durability and tolerated use conditions. Therefore, the fundamentals of mechanical failure in electronic systems must be understood in order to achieve a proper mechanical design. So the concepts of stresses, strains and failure will be taught. This will also promote the comprehension of mechanical sensors.</p> <p>In the field of electrical properties both electrical conduction and insulation must be understood. Therefore the mechanisms of electrical conduction and the metallurgical and physical influences on technical conduc-</p>

tors will be treated for the different materials. Dielectrics are used both as insulators and as functional materials in sensors. Here, the most relevant properties like permittivity, dissipation factor, dielectric breakdown strength and the effects here-on will be learned. For magnetic materials, it will be important to understand soft and hard magnets with respect to their hysteresis curve as well as the metallurgical influences. The students shall be enabled to evaluate materials for their suitability to build electronic devices and systems and to select the ones that are optimum for the target application.

Verwendbarkeit der Veranstaltung

Students enrolled in the M.Sc. programme Microsystems Engineering or Mikrosystemtechnik (2021 version of the exam regulations) can complete this module in the concentration area Materials and Fabrication (=Materialien und Herstellungsprozesse).

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

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	3.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	60
Selbststudium	120
Workload	180 Stunden

Inhalt
<p>The lecture with exercise is structured bottom-up in order to introduce the basic principles of materials science briefly and then to transit to the different types of materials as well as their applications and properties.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Introduction 2. Atomic and molecular structure of materials Chemical bonds, crystal lattice & defects, atomic mixtures and structure analysis (diffraction, spectroscopy) 3. Thermodynamics and kinetics of materials Transformations and stability, Gibbs' principle, phase diagrams, diffusion, nucleation and phase transformations 4. Polymers Polymerization, polymer materials, processing, applications and relevant properties 5. Inorganic materials Ceramics, glasses, dielectrics, properties, applications and fabrication 6. Metals Non-ferrous metals, steel, electrical conduction, magnetism, size effects 7. Composites Material systems, theory of composites, rules of mixture 8. Mechanics of materials and materials testing Elasticity, deformation and plasticity, creep, strength and mechanical failure, distribution functions, multiaxial and non-uniform loads <p>The content will be based mainly on the material-related research that has been performed in the Laboratory for Assembly and Packaging Technology.</p>

Zu erbringende Prüfungsleistung
Depending on the number of participants: written or oral examination
Zu erbringende Studienleistung
none
Literatur
Tba.
Teilnahmevoraussetzung
none
Empfohlene Voraussetzung
Knowledge in experimental physics

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

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

Inhalt	
With exercises the actual content of the lecture will be accompanied.	
Zu erbringende Prüfungsleistung	
see lecture	
Zu erbringende Studienleistung	
none	
Teilnahmevoraussetzung	
none	

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Mechanische Eigenschaften und Degradationsmechanismen / Mechanical Properties and Degradation Mechanisms	11LE50MO-5115 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Christoph Eberl	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Mikro- und Werkstoffmechanik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 Stunden
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
keine

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Mechanische Eigenschaften und Degradationsmechanismen / Mechanical Properties and Degradation Mechanisms- Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 hours

Qualifikationsziel
Die Studierenden haben ein Verständnis für die mechanischen Eigenschaften und deren Auswirkung auf die Funktionsweise und Leistung von Mikrosystemen erworben. Sie verstehen die zugrundeliegenden physikalischen Mechanismen von Funktionsmaterialien sowie die Schädigungsentwicklung während der Anwendung. Anhand des Verständnisses der physikalischen Mechanismen können die Studierenden das Design von Mikrosystemen bewerten, Ausfälle vermeiden und näher an die Leistungsgrenzen der Materialien bzw. der Systeme gehen.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students enrolled in the M.Sc. programme Microsystems Engineering or Mikrosystemtechnik (2021 version of the exam regulations) can complete this module in the concentration area Materials and Fabrication (=Materialien und Herstellungsprozesse).

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

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	4
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	26
Selbststudium	64
Workload	90 hours

Inhalt
<p>Introduction: Physical Mechanisms Basics: Stress and strain, anisotropy Basics: Mechanics of beams and membranes in examples Micro- and nanostructured materials in microsystems Characterization of mechanical properties of materials in microsystems:</p> <p>Residual stresses Elastic and plastic behavior Adhesive strength</p> <p>Physical principles and stresses in the application of functional materials in actuators and sensors</p> <p>Translated with www.DeepL.com/Translator (free version)</p>
Zu erbringende Prüfungsleistung
written or oral examination
Zu erbringende Studienleistung
none
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> ■ M. Ohring: „The Materials Science of Thin Films“, Academic Press, 1992

- L.B. Freund and S. Suresh: „Thin Film Materials“
- T.H. Courtney: „Mechanical Behaviour of Materials“, Mc-Graw-Hill, 1990
- M. Madou: „Fundamentals of Microfabrication“, CRC Press 1997
- W. Menz und P. Bley: „Mikrosystemtechnik für Ingenieure“, VCH Publishers, 1993
- Chang Liu: „Foundations of MEMS, Illinois ECE Series, 2006“

Teilnahmevoraussetzung

none

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Methoden der Materialanalyse / Methods of Material Analysis	11LE50MO-5126 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Margit Zacharias	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Nanotechnologie	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 Stunden
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung
keine

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Methoden der Materialanalyse / Methods of Material Analysis	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 hours

Qualifikationsziel
The module gives an overview of all state of the art measurement and analysis methods for thin films and nanoscopic structures. Special emphasis will be placed on the prospects and drawbacks of each method as well as on typical limits and potential measurement artifacts. Educational objective is to enable students to find a suitable and appropriate method to measure or detect a certain material property of interest.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students enrolled in the M.Sc. programme Microsystems Engineering or Mikrosystemtechnik (2021 version of the exam regulations) can complete this module in the concentration area Materials and Fabrication (=Materialien und Herstellungsprozesse).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Methoden der Materialanalyse / Methods of Material Analysis	11LE50MO-5126 PO 2021
Veranstaltung	
Methoden der Materialanalyse / Methods of Material Analysis	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5126
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Nanotechnologie	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	unregelmäßig
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprachen	deutsch, englisch
Präsenzstudium	26 SS; 30 WS
Selbststudium	64 SS; 60 WS
Workload	90 hours

Inhalt
The treated measurement and analysis techniques include optical, electrical, chemical and structural methods which detect and probe material properties like morphology/shape, film thickness, crystallinity, chemical composition, trace impurities, bonding configurations, bandgap, etc. Namely methods like AFM, SEM / TEM, APT, SIMS, XPS, SE, PL, FTIR, Raman, XRD, C-V / I-V, RBS and many more will be dealt with.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Schriftliche oder mündliche Abschlussprüfung
Zu erbringende Studienleistung
keine
Teilnahmevoraussetzung
none
Empfohlene Voraussetzung
none

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Mikrostrukturierte Kunststoffkomponenten / Microstructured Polymer Components	11LE50MO-5604 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Thomas Hanemann	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Werkstoffprozesstechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

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

Teilnahmevoraussetzung
keine
Empfohlene Voraussetzung
keine

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Mikrostrukturierte Kunststoffkomponenten / Microstructured Polymer Components - Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 Stunden

Qualifikationsziel
Besides silicon and the established MEMS/MOEMS technology polymer materials and the related microreplication technologies are becoming more and more important for the realization and commercial success of new microcomponents and microsystems. New nanostructuring methods like 2-photon-stereolithography and others are at the threshold of leaving the laboratory status and entering market. The course will cover the large variety of polymer materials, their fundamental chemical and physical properties and the derived microstructuring and replication possibilities. Direct and indirect micro- and nanostructuring methods like deep X-ray lithography, stereolithography, laser machining, nanoimprinting and others as well as the large family of replication methods like hot embossing and injection molding will be described in detail. Master and tooling fabrication methods like electroplating, electro discharge machining as well as mechanical and laser micromachining will be presented and discussed intensely. A large number of application examples and case studies dealing with the accessible geometries, feasibility, and process characteristics will be used for the presentation of the polymer microfabrication importance.

Verwendbarkeit der Veranstaltung

Students enrolled in the M.Sc. programme Microsystems Engineering or Mikrosystemtechnik (2021 version of the exam regulations) can complete this module in the concentration area Materials and Fabrication (=Materialien und Herstellungsprozesse).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Mikrostrukturierte Kunststoffkomponenten / Microstructured Polymer Components	11LE50MO-5604 PO 2021
Veranstaltung	
Mikrostrukturierte Kunststoffkomponenten / Microstructured Polymer Components - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5604
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Werkstoffprozesstechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	30
Selbststudium	60
Workload	90 Stunden

Inhalt
<p>Contents:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Polymers: Fundamental chemical and physical properties ■ Fabrication of molding tools: Fabrication principles and characteristics ■ Rapid Prototyping in microsystem technology ■ Polymer replication techniques: Reaction Molding, UV-Embossing, Hot Embossing and Injection Molding: Principles, equipment, applications and case studies ■ From micro to nano: Nanoimprinting, soft lithography, nanostereolithography and other new developments
Zu erbringende Prüfungsleistung
Schriftliche Abschlussprüfung von 90 Minuten Dauer oder mündliche Abschlussprüfung von 30 Minuten Dauer
Zu erbringende Studienleistung
keine
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> ■ W. Ehrfeld, Handbuch Mikrotechnik, Hanser-Verlag, München, 2002, ISBN: 3-446-21506-9 ■ W. Menz, J. Mohr, O. Paul, Microsystem Technology, Wiley-VCH, Weinheim, 2001, ISBN: 3-527-29634-4

Teilnahmevoraussetzung
none

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Nanomaterialien / Nanomaterials	11LE50MO-5104 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Margit Zacharias	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Nanotechnologie	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 Stunden
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
none
Empfohlene Voraussetzung
knowledge in material science, basic chemistry, some semiconductor physics

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Nanomaterialien / Nanomaterials - Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 hours

Qualifikationsziel
Deep knowledge based on up-to-date research in nanomaterials: understanding of size effects including quantum effects on physical and chemical properties, concepts of nanodiagnostics, introduction into high resolution methods for materials characterization, understanding liquid methods of preparation of nanoparticles, basic guiding principles for nanomaterial growth (Ostwald ripening, thermo-dynamic principles) and surface functionalization, application and deeper knowledge of nanoparticles in bio- and medical systems, discussion of nano-biomarker systems for medical treatment, extended discussion about nanotoxicity, nano-wire preparations and applications, some basics for nanofluidic systems
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students enrolled in the M.Sc. programme Microsystems Engineering or Mikrosystemtechnik (2021 version of the exam regulations) can complete this module in the concentration area Materials and Fabrication (=Materialien und Herstellungsprozesse).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Nanomaterialien / Nanomaterials	11LE50MO-5104 PO 2021
Veranstaltung	
Nanomaterialien / Nanomaterials - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5104
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Nanotechnologie	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	4
Angebotsfrequenz	in jedem Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprachen	deutsch, englisch
Präsenzstudium	26
Selbststudium	64
Workload	90 hours

Inhalt
Size effects, quantum effects, physical and chemical properties of nanomaterials, concepts of nanodiagnos- tics, introduction into high resolution methods for materials characterization, understanding liquid methods of preparation of nanoparticles, basic guiding principles for nanomaterial growth (Ostwald ripening, thermo- dynamic principles), surface functionalization using chemical methods, nanoparticles in bio- and medi- cal systems, nano-biomarker systems for medical treatment, nanotoxicity, nanowire growth using liquid methods, basics for nanofluidic systems
Zu erbringende Prüfungsleistung
oral examination
Zu erbringende Studienleistung
none
Teilnahmevoraussetzung
none
Empfohlene Voraussetzung
knowledge in material science, basic chemistry, some semiconductor physics
Lehrmethoden
Language of instruction: In the winter semester in German, summer semester English.
Bemerkung / Empfehlung
Language of instruction: WS German, SS English.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Nanotechnologie / Nanotechnology	11LE50MO-5106 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Margit Zacharias	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Nanotechnologie	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 Stunden
Angebotsfrequenz	in jedem Semester

Teilnahmevoraussetzung
none
Empfohlene Voraussetzung
Understanding of basics in material science (Werkstofftechnologie), and the basics in semiconductor physics (like band gap, crystal structure, devices) as well as clean room techniques are of advantage.

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Nanotechnologie / Nanotechnology - Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 hours

Qualifikationsziel
deep understanding of different size effects from point of physics as well as applications, learning the methods and equipment used for defined growth of nanostructures based on physical methods with examples from actual research of the nanotechnology group as well as from literature, advantages and disadvantages of the various methods will be demonstrated on selected examples, learning about quantum structures based on III-V semiconductors representing the status of optoelectronic LED and laser devices, deeper knowledge of silicon based nanostructures, actual research in nanotubes and 2D nanomaterials and their properties, demonstration of photonics crystals as example for applications of sub-micrometer structure in optics and electronics, discussion of methods for nano-lithographic structuring and applications in growth of spatially arranged nanowires, developing a deeper understanding of nanodevices (memories, nanosensors, nanolaser), understanding the advantages and limitations in fabrication, doping of nanostructures and their respective device properties based on examples of actual research
Zu erbringende Prüfungsleistung
mündliche Abschlussprüfung

Verwendbarkeit der Veranstaltung

Students enrolled in the M.Sc. programme Microsystems Engineering or Mikrosystemtechnik (2021 version of the exam regulations) can complete this module in the concentration area Materials and Fabrication (=Materialien und Herstellungsprozesse).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Nanotechnologie / Nanotechnology	11LE50MO-5106 PO 2021
Veranstaltung	
Nanotechnologie / Nanotechnology - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5106
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Nanotechnologie	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	4
Angebotsfrequenz	in jedem Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprachen	deutsch, englisch
Präsenzstudium	26 SS; 30 WS
Selbststudium	64 SS; 60 WS
Workload	90 hours

Inhalt
The lecture will concentrate on physical methods preparing nanomaterials, nanofilms and devices. Hence, vacuum based methodes like PECVD, MOCVD, ALD, Epitaxy will be discussed with respective advantages and disadvantages for nano-device fabrications. The lecture will also give an overview about quantum structures based on III-V semiconductors, the todays status of optoelectronic LED and laser devices. Silicon based quantum dots will be presented and used as the example to understand quantum confined properties and nanodoping. We will also look into 2D nanomaterials (Nanotubes, Nanowires) and their properties. Photonics crystals will be presented as example of sub-micrometer structure with interesting properties for guiding the light. Methods for nano-lithographic structuring will be discussed in relation of mass fabrication. Nano-device properties will be pesented on selected examples from research and literature.
Zu erbringende Prüfungsleistung
oral examination of 30 min / mündliche Prüfung (30 min)
Zu erbringende Studienleistung
none
Literatur
Will be given in the respective lectures.
Teilnahmevoraussetzung
none

Empfohlene Voraussetzung
Understanding of basics in material science (Werkstofftechnologie), and the basics in semiconductor physics (like band gap, crystal structure, devices) as well as clean room techniques are of advantage.
Lehrmethoden
Language of instruction: in the winter semester in English, in the summer semester in German. The lecture presents basic understanding of the principles for nanomaterial and nano-device preparations based on clean room technologies (physical methods) and high resolution characterisation and is of lecture type. pdf- files of the lectures are provided.
Bemerkung / Empfehlung
Language of instruction: WS English, SS German

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Nano - Praktikum / Nano - Laboratory	11LE50MO-5105 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Margit Zacharias	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Nanotechnologie	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

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

Teilnahmevoraussetzung
Successful completion of the module Nanomaterials or Nanotechnology (both from the Nanotechnology group Prof. Zacharias) including the respective examination
limited number of attendance (6 students), selected after application

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Nano - Praktikum / Nano - Laboratory	Praktikum	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 Stunden

Qualifikationsziel
Learning and hands-on experiments using the equipment available in the Nanotechnology group for growth, structural, optical and electronic investigations. Examples will be:
<ul style="list-style-type: none"> • the deposition (PECVD) of size controlled Si nanocrystals, investigation of optical properties by photoluminescence, evaluation of quantum confinement by optical properties, • deposition of ultra thin films (ZnO) by atomic layer deposition, analyzing the properties by four point probe methods, photoluminescence and SEM • growth of metal oxide nanowires and detailed investigation by photoluminescence and SEM
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students enrolled in the M.Sc. programme Microsystems Engineering or Mikrosystemtechnik (2021 version of the exam regulations) can complete this module in the concentration area Materials and Fabrication (=Materialien und Herstellungsprozesse).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Nano - Praktikum / Nano - Laboratory	11LE50MO-5105 PO 2021
Veranstaltung	
Nano - Praktikum / Nano - Laboratory	
Veranstaltungsart	Nummer
Praktikum	11LE50P-5105
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Nanotechnologie	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	5
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprachen	deutsch, englisch
Präsenzstudium	26
Selbststudium	64
Workload	90 Stunden

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

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

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 Stunden
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
keine

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Oberflächenanalyse / Surface Analysis - Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 Stunden

Qualifikationsziel
XPS, TEM, FTIR, UPS, SEM, AFM, SPR, GIR, ATR, STM?? Got it? The performance of microsystems is often dominated by the nature of the surfaces involved. This course honours the great importance of surfaces and interfaces in microsystems engineering by introducing the most common techniques for surface analysis. Examples will be presented which are typical to various fields of microsystems engineering.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students enrolled in the M.Sc. programme Microsystems Engineering or Mikrosystemtechnik (2021 version of the exam regulations) can complete this module in the concentration area Materials and Fabrication (=Materialien und Herstellungsprozesse).

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

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	26
Selbststudium	64
Workload	90 Stunden

Inhalt
The techniques presented are grouped into three general topics which are imaging of surfaces (electron microscopy, scanning probe techniques), chemical analysis (XPS, SIMS, FTIR) of the composition of surfaces and methods for the determination of thicknesses (Ellipsometry, XRR, Surface Plasmon Spectroscopy) of layers. General topics from the surface sciences such as adhesion, wetting, and adsorption processes are also presented together with the techniques.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Schriftliche Abschlussprüfung mit einer Dauer von 90 Minuten
Zu erbringende Studienleistung
keine
Literatur
Various materials are available on the website.
Teilnahmevoraussetzung
none

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

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 Stunden
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
none

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Oberflächenanalyse – Praktikum / Surface Analysis Laboratory	Praktikum	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 hours

Qualifikationsziel
Bei Mikrosystemen, speziell bei solchen für die Mikrofluidik, können aufgrund des geringen Volumens Oberflächeneffekte nicht mehr vernachlässigt werden. In vielen Fällen dominieren die Eigenschaften der Oberfläche gar das Verhalten des Gesamtsystems. Ähnliches lässt sich für Bauteile sagen, die z.B. als Sensor mit biologischen Flüssigkeiten in Kontakt gebracht werden. Deshalb kommt der Oberflächenanalytik bei vielen in der Mikrosystemtechnik relevanten Fragestellungen eine zentrale Bedeutung zu. Im Praktikum sollen ausgewählte oberflächenanalytische Techniken vorgestellt und deren jeweilige Stärken und Limitierungen anhand von Beispielen aufgezeigt werden. Als Beispiele werden Fragestellungen gewählt, wie sie in den "Life Sciences" häufig auftreten.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students enrolled in the M.Sc. programme Microsystems Engineering or Mikrosystemtechnik (2021 version of the exam regulations) can complete this module in the concentration area Materials and Fabrication (=Materialien und Herstellungsprozesse).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Oberflächenanalyse – Praktikum / Surface Analysis Laboratory	11LE50MO-5311 PO 2021
Veranstaltung	
Oberflächenanalyse – Praktikum / Surface Analysis Laboratory	
Veranstaltungsart	Nummer
Praktikum	11LE50P-5311
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik, Chemie und Physik von Grenzflächen	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	26
Selbststudium	64
Workload	90 hours

Inhalt
<p>Topic 1: Determination of the layer thickness and roughness of biocompatible coatings Experiment 1: Using ellipsometry and x-ray reflectometry to determine the thickness of hydrogel coatings</p> <p>Topic 2: Wetting of surfaces – Surface free energies Experiment 2: Measurement of the contact angles of test liquids in various surfaces; Determination of the surface free energy using the Zisman method Experiment 3: Generation and characterization of microarrays on various surfaces</p> <p>Topic 3: Proteins / peptides on surfaces Experiment 4: Measurement of the adsorption of blood proteins on surfaces using Surface Plasmon Resonance Experiment 5: Characterization of the structure of protein layers using Fourier Transform Infrared Spectroscopy</p> <p>Topic 4: DNA at surfaces Experiment 6: Visualisation of DNA on mica using the Atomic Force Microscope</p>
Zu erbringende Prüfungsleistung
Grading will be based on the protocols submitted for each experiment.
Zu erbringende Studienleistung
none
Literatur
see script

Teilnahmevoraussetzung
none
Bemerkung / Empfehlung
Findet am Lehrstuhl statt

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Optimierung	11LE13MO-720 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Rolf Backofen Prof. Dr. Thomas Brox	
Veranstalter	
Institut für Informatik, Algorithmen u. Datenstrukturen Institut für Informatik, Algorithmen und Komplexität Institut für Informatik, Rechnerarchitektur Institut für Informatik, Programmiersprache Institut für Informatik, Softwaretechnik Institut für Informatik, Informatik, Grundlagen der künstlichen Intelligenz Institut für Informatik, Autonome intelligente Systeme Institut für Informatik, Graphische Datenverarbeitung Institut für Informatik, Mustererkennung u. Bildverarbeitung Institut für Informatik, Rechnernetze u. Telematik Institut für Informatik, Datenbanken u. Informationssysteme Institut für Informatik, Betriebssysteme Institut für Informatik, Bioinformatik Institut für Informatik, Professur für Kommunikationssysteme Institut für Informatik, Professur für Eingebettete Systeme Institut für Informatik, Professur für Maschinelles Lernen	
Fachbereich / Fakultät	
Mathematisches Institut-VB Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Empfohlenes Fachsemester	4
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 Stunden
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
keine
Empfohlene Voraussetzung
Kenntnisse aus den Modulen <ul style="list-style-type: none"> ■ Einführung in die Programmierung ■ Informatik II – Algorithmen und Datenstrukturen

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Optimierung	Vorlesung	Pflicht	3,0	2.00	90 Stunden
Optimierung	Übung	Pflicht		1.00	

Qualifikationsziel
Die Studierenden lernen, welche Optimierungsprobleme es gibt und wie sie gelöst werden können. Sie sollen die Schwierigkeit von Optimierungsproblemen analysieren und einschätzen lernen und in die Lage versetzt werden, die besprochenen Optimierungsverfahren in Anwendungsfällen einzusetzen.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students enrolled in the M.Sc. programme Microsystems Engineering or Mikrosystemtechnik (2021 version of the exam regulations) can complete this module in the concentration area Materials and Fabrication (=Materialien und Herstellungsprozesse).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Optimierung	11LE13MO-720 PO 2021
Veranstaltung	
Optimierung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE13V-720
Veranstalter	
Institut für Informatik, Algorithmen u. Datenstrukturen Institut für Informatik, Algorithmen und Komplexität Institut für Informatik, Mustererkennung u. Bildverarbeitung Institut für Informatik, Bioinformatik	
Fachbereich / Fakultät	
Mathematisches Institut-VB Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	4
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
Lehrsprache	deutsch
Präsenzstudium	30
Selbststudium	60
Workload	90 Stunden

Inhalt
Die Vorlesung gibt eine Einführung in die allgemeine Problematik und erklärt, wie sich viele Aufgaben der Informatik als Optimierungsprobleme formulieren lassen. Anschließend werden Konvexität, lineare und quadratische Programme, Gradientenverfahren, Max-Flow/Min-Cut, sowie einige approximative Verfahren behandelt. Durch theoretische und praktische Übungen wird der Stoff anschaulich vertieft.
Zu erbringende Prüfungsleistung
schriftliche Abschlussprüfung mit einer Dauer von 90 Minuten
Zu erbringende Studienleistung
siehe Übung
Literatur
Nocedal-Wright: Numerical Optimization (Englisch)
Teilnahmevoraussetzung
keine
Empfohlene Voraussetzung
Kenntnisse aus den Modulen Einführung in die Programmierung, Informatik II-Algorithmen und Datenstrukturen

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Optimierung	11LE13MO-720 PO 2021
Veranstaltung	
Optimierung	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE13Ü-720
Veranstalter	
Institut für Informatik, Algorithmen u. Datenstrukturen Institut für Informatik, Algorithmen und Komplexität Institut für Informatik, Mustererkennung u. Bildverarbeitung Institut für Informatik, Bioinformatik	
Fachbereich / Fakultät	
Mathematisches Institut-VB Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	1.0
Empfohlenes Fachsemester	4
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
Lehrsprache	deutsch

Inhalt
<p>In den Übungen werden einzelne Verfahren eigenständig in der Sprache Python implementiert, andere Verfahren werden anhand vorhandener Bibliotheken (z.B. SciPy) ausprobiert um praktische Erfahrungen in der Anwendung dieser Verfahren zu sammeln. Für einige der Übungen sind theoretische Vorleistungen zu erbringen, um das Verfahren umsetzen zu können. Das Überprüfen fremder Lösungen ist ebenfalls Teil der Übungen.</p>
Zu erbringende Prüfungsleistung
siehe Vorlesung
Zu erbringende Studienleistung
Die erfolgreiche Bearbeitung der Übungsaufgaben ist mit dem Erreichen von 50% der insgesamt zu erreichenden Punkte nachgewiesen.
Teilnahmevoraussetzung
keine

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Optimierung von Fertigungsverfahren / Advanced engineering	11LE50MO-5607 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Claas Müller	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Prozesstechnologie	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 Stunden
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
none
Empfohlene Voraussetzung
<ul style="list-style-type: none"> ■ Statistical Basics ■ Fundamentals of Manufacturing Technology ■ Processes of microsystem technology (clean room fabrication and conventional environment)

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Optimierung von Fertigungsverfahren / Advanced engineering - Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 Stunden

Qualifikationsziel
<p>Statistische Grundlagen zur Regelung komplexer technischer Prozesse Optimierung von Fertigungsverfahren nach unterschiedlichen Zielgrößen Erweiterung statistischer Methoden auf Führungs-und Organisationsstrukturen</p>
Verwendbarkeit der Veranstaltung
<p>Students enrolled in the M.Sc. programme Microsystems Engineering or Mikrosystemtechnik (2021 version of the exam regulations) can complete this module in the concentration area Materials and Fabrication (=Materialien und Herstellungsprozesse).</p>

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Optimierung von Fertigungsverfahren / Advanced engineering	11LE50MO-5607 PO 2021
Veranstaltung	
Optimierung von Fertigungsverfahren / Advanced engineering - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5607
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Prozesstechnologie	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	4
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	deutsch
Präsenzstudium	26
Selbststudium	64
Workload	90 Stunden

Inhalt
<ul style="list-style-type: none"> ■ Statistische Versuchsplanung ■ Toleranzen und Toleranzketten ■ FMEA ■ Prozess und Maschinenfähigkeit ■ Six Sigma ■ Kaizen_PDCA ■ One Piece Flow
Zu erbringende Prüfungsleistung
Schriftliche oder mündliche Prüfungsleistung
Zu erbringende Studienleistung
keine
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> ■ George E. P. Box, Statistics for Experimenters: An Introduction to Design, Data Analysis, and Model Building (Wiley Series in Probability and Statistics) ■ Manufacturing Processes & Materials Hardcover – July, 2000 by George F. Schrader ■ Effective FMEAs: Achieving Safe, Reliable, and Economical Products and Processes using Failure Mode and Effects Analysis Hardcover – May 15, 2012 by Carl Carlson ■ The Practical Application of the Process Capability Study: Evolving From Product Control to Process Control [Kindle Edition] Douglas B. Relyea ■ The Process Improvement Handbook: A Blueprint for Managing Change and Increasing Organizational Performance Hardcover – October 15, 2013 by Tristan Boutros
Teilnahmevoraussetzung
keine
Empfohlene Voraussetzung
Statistical Basics Fundamentals of Manufacturing Technology Processes of microsystem technology (clean room fabrication and conventional environment)

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Polymer Processing and Microsystems Engineering	11LE50MO-5124 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr.-Ing. Bastian Rapp	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Chemie und Physik von Grenzflächen Institut für Mikrosystemtechnik, Werkstoffprozesstechnik Institut für Mikrosystemtechnik, Prozesstechnologie	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

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

Teilnahmevoraussetzung
none

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Polymer Processing and Microsystems Engineering - Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 hours

Qualifikationsziel
Lernziele / Lernergebnisse
This lecture provides an introduction to selected aspects of advanced polymer processing technologies with a special focus on methods for the generation of microsized objects. The students will learn how the described techniques and principles can be used to for the generation of polymeric devices. They will gain a basic understanding on similarities and differences that arise when macroscopic methods are applied for the manufacture of small scale items and devices. The theoretical considerations and simulation techniques to accompany these techniques will enable the students to understand and forecast the possibilities and limitations of polymer processing in microsystems engineering.
Zusammensetzung der Modulnote
<ul style="list-style-type: none"> Master of Science in Sustainable Systems Engineering, Academic regulations of 2016: The grade of the module is single-weighted according to the number of its ECTS-points in the calculation of the overall grade.

Verwendbarkeit der Veranstaltung

Students enrolled in the M.Sc. programme Microsystems Engineering or Mikrosystemtechnik (2021 version of the exam regulations) can complete this module in the concentration area Materials and Fabrication (=Materialien und Herstellungsprozesse).

Wahlpflichtmodul für Studierende des Studiengangs

- Master of Science in Sustainable Systems Engineering
 - Nachhaltige Materialien / Sustainable Materials

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Polymer Processing and Microsystems Engineering	11LE50MO-5124 PO 2021
Veranstaltung	
Polymer Processing and Microsystems Engineering - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5124
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Chemie und Physik von Grenzflächen Institut für Mikrosystemtechnik, Werkstoffprozessertechnik Institut für Mikrosystemtechnik, Prozesstechnologie	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	26
Selbststudium	64
Workload	90 hours

Inhalt
<p>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.</p>
Zu erbringende Prüfungsleistung
<p>Oral exam with aduration of 30 minutes</p>
Zu erbringende Studienleistung
<p>none</p>
Literatur
<p>Various materials will be provided through the ILIAS online learning tool.</p>
Teilnahmevoraussetzung
<p>none</p>

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Quantenmechanik für Ingenieur*innen / Quantum Mechanics for Engineers	11LE50MO-5273 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Oliver Paul	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Materialien der Mikrosystemtechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Präsenzstudium	56 Stunden
Selbststudium	124 Stunden
Workload	180 Stunden
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
none
Empfohlene Voraussetzung
Physik I + II / physics I + II Mathematik I + II / mathematics I + II Festkörperphysik / solid state physics Halbleiter / semiconductors Elektronik / electronics Differentialgleichungen / differential equations

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Quantenmechanik für Ingenieur*innen / Quantum Mechanics for Engineers	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	2.00	180 hours
Quantenmechanik für Ingenieur*innen / Quantum Mechanics for Engineers	Übung	Wahlpflicht		2.00	

Qualifikationsziel
The goal is to introduce the students to the main effects of quantum mechanics relevant in technical micro and nano devices. Current semiconductor components in which quantum mechanics plays a role are discussed. The course successively develops the basic mathematical methods required to solve problems in one, two, and three dimensions. The understanding is deepened by exercises.

Verwendbarkeit der Veranstaltung

Students enrolled in the M.Sc. programme Microsystems Engineering or Mikrosystemtechnik (2021 version of the exam regulations) can complete this module in the concentration area Materials and Fabrication (=Materialien und Herstellungsprozesse).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Quantenmechanik für Ingenieur*innen / Quantum Mechanics for Engineers	11LE50MO-5273 PO 2021
Veranstaltung	
Quantenmechanik für Ingenieur*innen / Quantum Mechanics for Engineers	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5273_PO 20091
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Institut für Mikrosystemtechnik, Materialien der Mikrosystemtechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	56 Stunden
Selbststudium	124 Stunden
Workload	180 hours

Inhalt
<ol style="list-style-type: none"> 1. Introduction: historical overview, probability amplitudes, uncertainty relation 2. Wave mechanics: Schrödinger equation, separation of variables, free particle, reflection at wall, potential step, transfer matrix method, wave packets 3. Tunneling: principle, semiconductor tunneling devices, potential barriers, WKB approximation, triangular potential well 4. Bound states, resonances, and band structure: potential well, tunneling between wells, infinite series of potential wells, 1D harmonic oscillator nanoparticles, impurity levels in semiconductors 5. Operators and state spaces, commensurate operators and quantum numbers, perturbation theory, energy matrix diagonalization 6. 3D problems, angular momentum, hydrogen atom and 3D harmonic oscillator
Zu erbringende Prüfungsleistung
Oral examination if there are 20 or fewer than 20 registered participants; written examination if there are more than 20 registered participants (minimum 60 and maximum 240 minutes). Details will be announced by the examiner in due time.
Zu erbringende Studienleistung
See exercise
Literatur
A script will be handed out during the course. Material for further reading will be indicated therein.

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
Undergraduate knowledge in the field of physics, mathematics, solid state physics, semiconductors, electronics and differential equations.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Quantenmechanik für Ingenieur*innen / Quantum Mechanics for Engineers	11LE50MO-5273 PO 2021
Veranstaltung	
Quantenmechanik für Ingenieur*innen / Quantum Mechanics for Engineers	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5273_PO 20091
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Materialien der Mikrosystemtechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

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

Inhalt
The exercises will deepen the topics treated during the lecture. They will allow the students to rethink and rework the more theoretical aspects and apply them to realistic examples inspired from real devices or use them to expand the theoretical framework of the lecture. Solution approaches to the homework problems will be presented weekly by the participants and discussed and elaborated upon with the group of colleagues under the guidance of the professor. This discursive, participative approach allows to learn more than by being presented with up-front oral or written solutions.
Zu erbringende Prüfungsleistung
See lecture
Zu erbringende Studienleistung
The course work ("Studienleistung") consists of (1) the documented, successful attempt to solve more than 60% of the homework problems (as checked weekly); "60% of the homework problems" means the fraction of the overall number of homework problems proposed during the course, not of each homework problem separately; "successful" means that the solution could be presented by the student in front of the class; (2) the presentation of a representative number of solutions of homework problems in front of the class.
Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
Undergraduate knowledge in the field of physics, mathematics, solid state physics, semiconductors, electronics and differential equations.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Reinraumlaborkurs für Ingenieure / Clean Room Laboratory for Engineers	11LE50MO-5804 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Claas Müller Prof. Dr.-Ing. Bastian Rapp	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Prozesstechnologie	
Fachbereich / Fakultät	
Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	3.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Präsenzstudium	39 Stunden
Selbststudium	51 Stunden
Workload	90 Stunden
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
none

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Reinraumlaborkurs für Ingenieure / Clean Room Laboratory for Engineers	Praktikum	Wahlpflicht	3,0	3.00	

Qualifikationsziel
The Goal of the Cleanroom Lab Course is to learn Cleanroom behaviour and processing and the creation of a high quality lab report.
Lernziele / Lernergebnisse
Zu erbringende Prüfungsleistung
6 modules with short tests and colloquium and a lab report
Benotung
The grade of the lab course is derived from the average of 6 short tests with evaluation of the practical skill of the student by the supervisor (50%) and a lab report (50%)

Zusammensetzung der Modulnote

- Master of Science im Fach Embedded Systems Engineering Prüfungsordnungsversion 2012: Die Modulnote wird nach ECTS-Punkten einfach gewichtet in die Gesamtnote eingerechnet.

Verwendbarkeit der Veranstaltung

Wahlmodul für Studierende des Studiengangs

- Master of Science im Fach Embedded Systems Engineering: Personal Profile
- Students enrolled in the M.Sc. programme Microsystems Engineering (2021 version of the exam regulations) can complete this module in the concentration area Materials and Fabrication

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Reinraumlaborkurs für Ingenieure / Clean Room Laboratory for Engineers	11LE50MO-5804 PO 2021
Veranstaltung	
Reinraumlaborkurs für Ingenieure / Clean Room Laboratory for Engineers	
Veranstaltungsart	Nummer
Praktikum	11LE50P-5804
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik, Prozesstechnologie	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	3.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	39 Stunden

Inhalt
Cleanroom behavior and processing: 1. Wafer handling 2. Lithography sequence 3. Cleaning 4. Metal deposition (physical vapour deposition) 5. Profilometry 6. Lift-Off 7. Wafer backside processing 8. Electroplating 9. Characterization 10. Acquisition of relevant processing data and recording
Zu erbringende Prüfungsleistung
6 modules with short tests and colloquium and a lab report
Zu erbringende Studienleistung
Literatur
A script is provided and kept up-to-date. <ul style="list-style-type: none"> ■ C. Müller, MST Technologies and Processes, lecture ■ W. Menz, J. Mohr, O. Paul, Microsystems Technology, Wiley VCH ■ M. Madou, Fundamentals of Microfabrication, CRC Press ■ S. M. SZE, Physics of Semiconductor Devices, Wiley VCH ■ J. W. Dini, Electrodeposition, Noyes Publications

Teilnahmevoraussetzung
none

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Resilienzquantifizierung / Quantification of Resilience	11LE68MO-4110 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Stefan Hiermaier	
Veranstalter	
Institut für Nachhaltige Technische Systeme-VB	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 h
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
Basic knowledge in any single or more of the following domains would be helpful, without being mandatory: <ul style="list-style-type: none"> ■ system theory, modeling, analysis and simulation ■ finite state machine modelling, discrete system models ■ graphical/ semi-formal system modelling languages ■ failure, damage and physics of failure modelling ■ statistics, probability theory, stochastic processes ■ engineering models for adverse, damaging, disruptive or extreme loads or events ■ network and graph modeling, graph theory ■ physical-engineering modelling of critical infrastructure structures, components and systems, e.g. of electricity, water, wastewater, and green gas grids ■ coupled physical models ■ modeling and simulation of cyber-physical socio-technical systems, world models

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Resilienzquantifizierung	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 h

Qualifikationsziel
Main goals include: <ol style="list-style-type: none"> 1. Know objectives, options and opportunities of resilience quantification for (socio) technical systems 2. Gain overview on currently used methods for informed selection and combination 3. Know methods and their main (traditional) application areas

4. Be capable to apply and tailor methods for resilience quantification

Verwendbarkeit der Veranstaltung

Elective Module for students of the study program

- Master of Science in Sustainable Systems Engineering (2021 version of the exam regulations):
 - Resilience Engineering
- Students enrolled in the M.Sc. programme Microsystems Engineering or Mikrosystemtechnik (2021 version of the exam regulations) can complete this module in the concentration area Materials and Fabrication (=Materialien und Herstellungsprozesse).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Resilienzquantifizierung / Quantification of Resilience	11LE68MO-4110 PO 2021
Veranstaltung	
Resilienzquantifizierung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE68V-4110
Veranstalter	
Institut für Nachhaltige Technische Systeme-VB	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	30 h
Selbststudium	60 h
Workload	90 h

Inhalt
<p>Main contents comprise:</p> <ol style="list-style-type: none"> Context, basic definitions, objectives and options of resilience quantification: resilience management process, resilience quantification and development process Overview of methods for resilience quantification of socio technical cyber physical systems: resilience dimensions, resilience method taxonomy Qualitative and semi-quantitative resilience assessments: ontologies, schemes and evaluation Graphical and semi-formal approaches: heuristics vs. models Resilience dimensional order expansions and resulting quantification bounds Application of classical system analysis approaches, e.g. deterministic flux-based approaches, Markov models, stochastic processes Graph-based and topological approaches: system definition, identification of disruption vector, response and recovery determination and response strategy optimization Resilience quantification based on event propagation through resilience analysis layers using resilience transition matrix elements and related statistical-empirical, probabilistic, engineering and physical-simulative methods: inductive and deductive propagation Input-output models, operability models: discrete and continuous Coupled agent-supported engineering grid-model approaches for overall system modelling, simulation and resilience determination, in particular also for modeling of operators, citizens as well as organizational, policy and framing influences Combinations of resilience quantification approaches and optimization problems in resilience engineering For all resilience quantification approaches: model assumptions, application domains and examples, typical input and output data Standards, emerging standards and ongoing standardization efforts

Zu erbringende Prüfungsleistung
Written exam (90 minutes)
Zu erbringende Studienleistung
Presentation and critical review of a selected publication or of a chapter of the lecture manuscript (approx. 20 min incl. questions and answers).
Literatur
<p>Literaturbeispiele / Sample literature:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Vulnerable systems, Wolfgang Kröger and Enrico Zio, Springer, 2011 ■ Catalogue of risks: natural, technical, social and health risks, Dirk Proske, Springer, 2008 ■ Resilience engineering: models and analysis, Nii O. Attoh-Okine, Cambridge University Press, 2016 ■ Urban resilience for emergency response and recovery: fundamental concepts and applications, Gian Paolo Cimellaro, Springer, 2016 ■ Risk assessment and decision analysis with Bayesian networks, Norman Fenton and Martin Neil, CRC Press, 2013 ■ Risk analysis and management: engineering resilience, Ivo Häring, Springer 2015 ■ Principles of cyber-physical systems, Rajeev Alur, MIT Press, 2015 ■ Cyber-physical systems: from theory to practice, Danda B. Rawat, Joel J.P.C. Rodrigues, and Ivan Stojmenovic (eds.), CRC Press, 2016 ■ Cyber-physical systems: integrated computing and engineering design, Fei Hu, CRC Press, 2013 ■ Agent-based modelling of socio-technical systems, Koen H. van Dam, Igor Nikolic and Zoifia Lukszo (eds.), 2012, Springer ■ Introduction to agent-based modeling, Uri Wilenski, Springer, 2015 <p>Zusätzliche Information / Additional information:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ http://www.leistungszentrum-nachhaltigkeit.de/themen/resilience-engineering/ ■ http://www.academy.fraunhofer.de/de/weiterbildung/energie-nachhaltigkeit/resilience-engineering.html ■ http://www.lrfoundation.org.uk/publications/resilience-engineering.aspx ■ http://www.lr.org/en/news-and-insight/news/lrf-res-eng.aspx ■ http://frs.ethz.ch/ ■ https://www.irgc.org/irgc-resource-guide-on-resilience/ ■ http://link.springer.com/article/10.1007/s41125-015-0001-x ■ http://www.din.de/de/; http://www.iso.org/iso/home.html; http://www.iec.ch/; https://ansi.org/ --> Suche nach / searched for "resilience"
Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
<ul style="list-style-type: none"> ■ Basic Knowledge in any of the following domains would be of avail without being mandatory: system modeling and simulation, failure modelling, statistics, probability theory, stochastic processes, engineering models for the determination of system behavior in case of adverse, damage or disruptive loads or events, supply network modeling, critical infrastructure models, graph and network models, discrete models, coupled physical models, modeling and simulation of cyber-physical and socio-technical systems.
Lehrmethoden
Lecture with embedded exercise

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Solare Energie / Solar Energy	11LE68MO-8060 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Stefan Glunz	
Veranstalter	
Institut für Nachhaltige Technische Systeme-VB Institut für Nachhaltige Technische Systeme, Professur für Photovoltaische Energiekonversion	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

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

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
Basic understanding of physics

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Solare Energie / Solar Energy - Vorlesung	Vorlesung	Pflicht	6,0	4.00	180 h

Qualifikationsziel
Students will be able to understand the fundamentals and different technology variants of solar energy conversion such as photovoltaics and solar thermal. They will know the relevant physical background, technical characteristics, materials and designs used. The lecture will cover the component, product and system level. Furthermore, students will understand trends of further development as well as limitations and possibilities in application of solar energy.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
<ul style="list-style-type: none"> ■ Mandatory Elective Module for students enrolled in the Master of Science in Sustainable Systems Engineering (2021 version of the exam regulations): <ul style="list-style-type: none"> ■ Energy Systems Engineering ■ Students enrolled in the M.Sc. programme Microsystems Engineering or Mikrosystemtechnik (2021 version of the exam regulations) can complete this module in the concentration area Materials and Fabrication (=Materialien und Herstellungsprozesse)

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Solare Energie / Solar Energy	11LE68MO-8060 PO 2021
Veranstaltung	
Solare Energie / Solar Energy - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE68V-8060
Veranstalter	
Institut für Nachhaltige Technische Systeme, Professur für Photovoltaische Energiekonversion	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Geplante Gruppengröße	50
Präsenzstudium	60 h
Selbststudium	120 h
Workload	180 h

Inhalt
<ul style="list-style-type: none"> ■ Solar Energy - Theoretical and Technical Energy Potential (black body radiation, Carnot cycle, maximum efficiencies, ■ Solar Energy Technologies - Tapping the sun's energy (overview of conversion technologies, system boundaries, seasonal fluctuation, ...) ■ Photovoltaics - Physics of Solar Cells (introduction to semiconductors, Fermi levels, IV curves, conversion efficiency, quantum efficiency ...) ■ Photovoltaics - Technology Review (short introduction to the structure and technology of crystalline silicon solar cells) ■ Solar Thermal - Physics of Solar Collectors (basics of thermo dynamics, fluid dynamics, absorption, emission, power output and other performance criteria) ■ Solar Thermal - Technology Review (from low temperature applications up to power plants - examples) ■ Heat pumps - Thermodynamics, electrical and thermal driven heat pumps and chillers, main components (compressor, evaporator, condenser etc.), system configurations (layout, sources, storages, control strategies etc) ■ Heat pumps: field tests and best case examples - Heat pumps and smart grid interaction, Heat pumps and PV, Heat pumps + solar thermal, storage integration) <p>The lecture will be accompanied by a weekly exercise to deepen the understanding of the lecture's content and to discuss further details.</p>

Zu erbringende Prüfungsleistung
written examination (120 minutes)
Zu erbringende Studienleistung
80% of exercise sheets successfully passed.
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> ■ Duffie-Beckman: Solar Engineering of Thermal Processes, ■ V. Quaschnig: Understanding Renewable Energy, ■ Peuser FA, Remmers K, et.al.:Solar thermal systems ■ P. Würfel, Physik der Solarzelle, Spektrum - Akademischer Verlag 2000 ■ A. Goetzberger, B. Voß und J. Knobloch, Sonnenenergie: Photovoltaik, Teubner 1997 ■ M.A. Green, Solar Cells, University of New South Wales 1982 ■ K. Mertens, Photovoltaik, Hanser 2011 ■ J. Nelson, The physics of solar cells, Imperial College Press 2008
Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
Basic understanding of physics
Lehrmethoden
Lecture with accompanied, weekly exercise
Zielgruppe
<p>M.Sc. SSE students</p> <p>The lecture "Solar Energy" is open for:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ students of M.Sc. SSE ■ students of M.Sc. MST ■ students of M.Sc. MSE ■ students of the UCF

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Techniken zur Oberflächenmodifizierung / Surface coating Techniques	11LE50MO-5109 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Jürgen Rühle	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Chemie und Physik von Grenzflächen	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

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

Teilnahmevoraussetzung
none

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Techniken zur Oberflächenmodifizierung / Surface coating Techniques	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 Stunden

Qualifikationsziel
This module describes all aspects of surface modification as often used in microsystems engineering. It tackles questions on the chemistry of the various approaches and discusses the advantages and shortcomings of a number of methods. Among the techniques presented are high energy surface oxidation techniques (chemical modification, flame treatment, corona discharge or plasma) as well as more elaborate approaches such as self-assembled monolayers. Special emphasis is given to the use of polymers for coatings.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students enrolled in the M.Sc. programme Microsystems Engineering or Mikrosystemtechnik (2021 version of the exam regulations) can complete this module in the concentration area Materials and Fabrication (=Materialien und Herstellungsprozesse).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Techniken zur Oberflächenmodifizierung / Surface coating Techniques	11LE50MO-5109 PO 2021
Veranstaltung	
Techniken zur Oberflächenmodifizierung / Surface coating Techniques	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5109
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Chemie und Physik von Grenzflächen	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	30
Selbststudium	60
Workload	90 Stunden

Inhalt
Among the techniques presented are high energy surface oxidation techniques (chemical modification, flame treatment, corona discharge or plasma) as well as more elaborate approaches such as self-assembled monolayers. Special emphasis is given to the use of polymers for coatings and techniques will be described that yield surface attached polymer monolayers and multilayer assemblies. Examples from current research topics will be discussed.
Zu erbringende Prüfungsleistung
written examination (90 minutes)
Zu erbringende Studienleistung
keine
Teilnahmevoraussetzung
none

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Verbindungshalbleiter / Compound semiconductor devices	11LE50MO-5111_PO 20091
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Oliver Ambacher Björn Christian	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Verbindungshalbleiter, Mikrosysteme	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

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

Teilnahmevoraussetzung
keine

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Verbindungshalbleiter / Compound semiconductor devices	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 Stunden

Qualifikationsziel
Das Ziel der Vorlesung Verbindungshalbleiter ist es, ein bildhaftes Verständnis der physikalischen Zusammenhänge in Halbleitermaterialien zu fördern, das es den Studenten ermöglicht sich in unbekannte Materialien anhand deren Gitterstruktur und Elektronenkonfiguration schnell einzuarbeiten. Im Anschluss kennen die Prüflinge die Unterschiede von Verbindungshalbleitern und klassischen Halbleitermaterialien wie zum Beispiel Silizium und können diese miteinander vergleichen. Besondere Materialeigenschaften der Verbindungshalbleiter wie Pyroelektrizität und Piezoelektrizität wurden verstanden und deren Relevanz für Bauelemente ist nun bekannt. Zudem kennen Studenten nach Besuch der Vorlesung die Grundlagen verbindungshalbleiterbasierter Bauelemente wie High-Electron-Mobility-Transistoren (kurz HEMTs), Light Emitting Diodes (LEDs), Quantum Cascade Lasers (QCLs) und verschiedener Detektoren für Infrarot- und UV-Licht und können eingrenzen welche Verbindungshalbleiter für welche Anwendungen in Frage kommen und können dies auch begründen.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students enrolled in the M.Sc. programme Microsystems Engineering or Mikrosystemtechnik (2021 version of the exam regulations) can complete this module in the concentration area Materials and Fabrication(=Materialien und Herstellungsprozesse).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Verbindungshalbleiter / Compound semiconductor devices	11LE50MO-5111_PO 20091
Veranstaltung	
Verbindungshalbleiter / Compound semiconductor devices	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5111
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Verbindungshalbleiter, Mikrosysteme	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Präsenzstudium	30
Selbststudium	60
Workload	90 Stunden

Inhalt
Spannende und neue physikalische Eigenschaften ergeben sich aus den immer kleiner werdenden Abmessungen von mechanischen, elektrischen und optischen Bauelementen aus Verbindungshalbleitern (GaN, GaAs, InP). In einer Einführung in die Welt der Verbindungshalbleiter-Mikrosysteme wird die Physik sowie die Technologie zur Herstellung von kleinsten Leuchtdioden und Lasern, mikromechanischen Filtern und Resonatoren sowie kleinsten Sensoren zur Analyse biologischer Prozesse vorgestellt. Neuartige Bauelemente aus Verbindungshalbleitern werden in ihrer Funktionsweise erläutert und ihre Relevanz für unser tägliches Leben dargestellt.
Zu erbringende Prüfungsleistung
mündliche Abschlussprüfung mit 30 Minuten Dauer
Zu erbringende Studienleistung
keine
Literatur
Nanoelectronics and Information Technology Rainer Waser (Ed.) 2003 WILEY-VCH Verlag GmbH & Co ISBN 3-527-40363-9
Nanophysik und Nanotechnologie Horst-Günter Rubahn 2002 Teubner GmbH ISBN 3-519-00331-7

Teilnahmevoraussetzung
Grundkenntnisse in Halbleiter- und Festkörperphysik
Empfohlene Voraussetzung
Bachelor-Abschluss (Ingenieur- oder Naturwissenschaften)

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Von Mikrosystemen zur Nanowelt / From Microsystems to the Nanoworld	11LE50MO-5101 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Jürgen Rühle	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Werkstoffprozesstechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 Stunden
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
keine

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Von Mikrosystemen zur Nanowelt / From Microsystems to the Nanoworld - Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 Stunden

Qualifikationsziel
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students enrolled in the M.Sc. programme Microsystems Engineering or Mikrosystemtechnik (2021 version of the exam regulations) can complete this module in the concentration area Materials and Fabrication(=Materialien und Herstellungsprozesse).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Von Mikrosystemen zur Nanowelt / From Microsystems to the Nanoworld	11LE50MO-5101 PO 2021
Veranstaltung	
Von Mikrosystemen zur Nanowelt / From Microsystems to the Nanoworld - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5101
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Chemie und Physik von Grenzflächen	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	26
Selbststudium	64
Workload	90 Stunden

Inhalt
<p>1. INTRODUCTION What is nanotechnology? The long way of science to nanotechnology and nanoengineering: a survey. The current aspects of nanoengineering: beyond terabyte hard drives. Future aspects: Molecular motors and engines. Nano robots and nano machinery.</p> <p>2. FOUNDATIONS The physics governing properties of objects on the micro- and nano-scale. Principles of manufacturing nanometer scale devices: Nature's strategy: biomotors based on proteins - something the human body already does, top-down approach: miniaturization of macro-world principles to ever smaller scales, bottom-up strategy: from synthesizing simple compounds consisting of a few atoms to nanoengines. Examples of man-made nanostructures. Properties of novel materials, Strategies for visualization and object handling in the nano world.</p> <p>3. PROBLEMS From Micro to Nano: what's different. Physical and societal limits of nano engineering.</p>
Zu erbringende Prüfungsleistung
written examination (90 minutes)
Zu erbringende Studienleistung
none

Teilnahmevoraussetzung
none
Empfohlene Voraussetzung
none

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Werkstoffdynamik / Dynamics of Materials: Material Characterization	11LE68MO-5118 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Stefan Hiermaier	
Veranstalter	
Institut für Nachhaltige Technische Systeme, Professur für Nachhaltige Ingenieursysteme	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

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

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
None

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Werkstoffdynamik / Dynamics of Materials: Material Characterization - Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	2.00	180 h
Werkstoffdynamik / Dynamics of Materials: Material Characterization - Übung	Übung	Wahlpflicht		2.00	

Qualifikationsziel
Aim of the course is the knowledge of experimental and numerical basics on the mechanical behaviour of materials under dynamic loading conditions. It enables the students in deriving strain-rate dependent stress-strain relations and in implementing the resulting constitutive models into numerical codes. General aim is the basic ability for experimental characterization and numerical modelling of dynamic material behaviour.
Verwendbarkeit der Veranstaltung

- Mandatory Elective Module for student enrollen in the Master of Science in Sustainable Systems Engineering (2021 version of the exam regulations):
 - Resilience Engineering
- Students enrolled in the M.Sc. programme Microsystems Engineering or Mikrosystemtechnik (2021 version of the exam regulations) can complete this module in the concentration area Materials and Fabrication (=Materialien und Herstellungsprozesse).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Werkstoffdynamik / Dynamics of Materials: Material Characterization	11LE68MO-5118 PO 2021
Veranstaltung	
Werkstoffdynamik / Dynamics of Materials: Material Characterization - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE68V-5118
Veranstalter	
Institut für Nachhaltige Technische Systeme, Professur für Nachhaltige Ingenieursysteme	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	52 h
Selbststudium	128 h
Workload	180 h

Inhalt
<p>Materials Characterisation:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Static and dynamic testing of materials ■ Strain rate as a measure for dynamic material behaviour ■ Use of elastic waves for materials testing ■ Strain-rate dependent elasticity, plasticity, and failure ■ Mathematical modelling of material failure ■ Shock waves in solids ■ Equations of state and the total stress tensor ■ Nonlinear Equations of state <p>Numerical modelling of dynamic deformation</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Spatial and Time Discretization of dynamic deformation of solids ■ Finite differences for space and time ■ Basics of the Finite Element method ■ Implicit and explicit time integration ■ Basics of meshfree discretization methods
Zu erbringende Prüfungsleistung
written examination (90 minutes)

Zu erbringende Studienleistung
None
Literatur
■ S. Hiermaier, "Structures under Crash and Impact", Springer, 2008.
Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
None
Lehrmethoden
Lecture + exercise

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Werkstoffdynamik / Dynamics of Materials: Material characterization	11LE68MO-5118 PO 2021
Veranstaltung	
Werkstoffdynamik / Dynamics of Materials: Material characterization - Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE68Ü-5118
Veranstalter	
Institut für Nachhaltige Technische Systeme, Professur für Nachhaltige Ingenieursysteme	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

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

Inhalt
Exercises will utilize freely available Finite-Element codes (currently: Ansys Student) to study specific applications of the theoretical knowledge established in the lectures. We will work through a series of applied examples demonstrating different material behaviour, e.g. reversible elastic or permanent plastic deformation. Different solution methods for quasi-static and time-dependent phenomena will be explored. The need for simulation as a tool to interpret experimental data will be demonstrated in case of elastic wave propagation for the Split-Hopkinson Bar Method. Students are expected to present solutions to exercises in front of the class.
Zu erbringende Prüfungsleistung
see lecture
Zu erbringende Studienleistung
none
Teilnahmevoraussetzung
none
Zielgruppe
M.Sc. SSE Studierende

Name des Kontos	Nummer des Kontos
Biomedical Engineering	11LE50KO-WP-MSc-986-2021 WP2 BE
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
Benotung	A- Berechnung 1 NachK

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Analyse von Life Science Hochdurchsatzdaten mit Galaxy	11LE13MO-1340 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Rolf Backofen	
Veranstalter	
Institut für Informatik, Bioinformatik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	180 hours
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

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

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

Qualifikationsziel
<ul style="list-style-type: none"> ■ Students have a basic understanding of the origin and content of high-throughput data from the biological and medical fields ■ They know methods for the analysis of such data, for comparison with other data and for visualization ■ They are able to analyze small data sets and apply their knowledge to them

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Analyse von Life Science Hochdurchsatzdaten mit Galaxy	11LE13MO-1340 PO 2021
Veranstaltung	
Analyse von Life Science Hochdurchsatzdaten mit Galaxy - Praktische Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Lehrveranstaltung	11LE13PÜ-1340
Veranstalter	
Institut für Informatik, Bioinformatik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

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

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

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

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Ausgewählte Problemstellungen in Biosignalverarbeitung / Selected Problems in Biosignal Processing	11LE50MO-5303 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Ulrich Hofmann	
Veranstalter	
Medizinische Fakultät	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	3.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 hours
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
Prerequisite to be able to follow this module is a thorough understanding of classical signal processing. Strongly recommended is the knowledge of one „programming“ language like Python (preferably), Matlab (or Octave) or even IDL (not supported). It is strongly recommended to complete the module "Neuroprosthetics" prior to taking this course.

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Ausgewählte Problemstellungen in Biosignalverarbeitung / Selected Problems in Biosignal Processing - Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 hours
Ausgewählte Problemstellungen in Biosignalverarbeitung / Selected Problems in Biosignal Processing - Übung	Übung	Pflicht		1.00	

Qualifikationsziel
Participants will learn to interpret and analyze biological signals of high bandwidth. They will <ul style="list-style-type: none"> ■ gain a deep knowledge of feature extraction methods, ■ utilize selected classification methods and ■ decision making methods.

Verwendbarkeit der Veranstaltung

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

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Ausgewählte Problemstellungen in Biosignalverarbeitung / Selected Problems in Biosignal Processing	11LE50MO-5303 PO 2021
Veranstaltung	
Ausgewählte Problemstellungen in Biosignalverarbeitung / Selected Problems in Biosignal Processing - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5303
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	45 hours
Selbststudium	45 hours
Workload	90 hours

Inhalt
<p>Selected sources of biosignals:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ ECG ■ EMG ■ EOG ■ EEG ■ LFP ■ Multi- and Single Unit Neuronal Records <p>Selected feature extraction methods:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Nyquist Sampling and standard conditioning ■ (adaptive) Filtering ■ Fouriertransform and related methods: <ul style="list-style-type: none"> ■ Fourier Coefficients, ■ Short Term Fourier Transform ■ Gabor Functions ■ Discrete Cosinus Transform ■ Short Term Fourier Transform ■ Coarse Graining Signal Analysis ■ Bispectrum and Bi-Coherence ■ Empirical Mode Decomposition (Hilbert-Huang Transformation) ■ Undecimated Wavelet Transform and Polyphase Matrices

- The Teager Operator
- Compressed Sensing
- Kernel Methods and Spike Detections

Selected Classification and Decision Methods

- Principal Components
- Independent Component Analysis
- LDA, QDA, RFD
- Gaussian Mixture Models
- SVM, soft margin SVM
- Hidden Markov Modells
- Maximum Relevance Minimum Redundancy
- Ensemble Methods
- Bagging

Zu erbringende Prüfungsleistung

Written documentation and oral presentation about the software developed. The module grade is based on the written documentation (50%) and the oral presentation (50%).

Zu erbringende Studienleistung

None

Teilnahmevoraussetzung

None

Empfohlene Voraussetzung

Prerequisite to be able to follow this module is a thorough understanding of classical signal processing. Strongly recommended is the knowledge of one „programming“ language like Python (preferably), Matlab (or Octave) or even IDL (not supported). It is strongly recommended to complete the module "Neuroprosthetics" prior to taking this course.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Ausgewählte Problemstellungen in Biosignalverarbeitung / Selected Problems in Biosignal Processing	11LE50MO-5303 PO 2021
Veranstaltung	
Ausgewählte Problemstellungen in Biosignalverarbeitung / Selected Problems in Biosignal Processing - Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5303
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

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

Inhalt
Zu erbringende Prüfungsleistung
See lecture
Zu erbringende Studienleistung
None
Literatur
tba
Teilnahmevoraussetzung
none

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Biofunktionelle Materialien - für medizinische Mikrosystemtechnik und Gesundheitsvorsorge / Biofunctional Materials - for medical microsystems and healthcare	11LE50MO-5336 PO 2021
Verantwortliche/r	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Biomedizinische Mikrotechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Institut für Mikrosystemtechnik	

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

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
None

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Biofunktionelle Materialien - für medizinische Mikrosystemtechnik und Gesundheitsvorsorge / Biofunctional Materials - for medical microsystems and healthcare - Seminar	Seminar	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 hours

Qualifikationsziel
Participants will gain deeper insight into the fundamental biofunctionalization techniques used for medical implants at present as well as insight into where the research frontier stands within a range of application fields. Participants will be able to examine the potential of new technologies in this field and critically discuss which challenges that have to be met before technologies are transferred from basic research into clinical application.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students of the M.Sc. programmes Microsystems Engg. and Mikrosystemtechnik (PO 2021) can select this module in the concentration area Biomedical Engineering (Biomedizinische Technik).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Biofunktionelle Materialien - für medizinische Mikrosystemtechnik und Gesundheitsvorsorge / Biofunctional Materials - for medical microsystems and healthcare	11LE50MO-5336 PO 2021
Veranstaltung	
Biofunktionelle Materialien - für medizinische Mikrosystemtechnik und Gesundheitsvorsorge / Biofunctional Materials - for medical microsystems and healthcare - Seminar	
Veranstaltungsart	Nummer
Seminar	11LE50S-5323
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Biomedizinische Mikrotechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	30 hours
Selbststudium	60 hours
Workload	90 hours

Inhalt
<p>The topics are presented in seminar form and oriented around examples of existing biomedical applications where tailored materials functionality is essential e.g. cardiovascular devices, dental implants, catheters, tissue engineering scaffolds and neural interfaces. Fundamental knowledge in terminology, as well as the basics of the biological interaction with implanted surfaces (foreign body response) will be given in the initial seminars.</p> <p>The seminars are a combination of traditional lectures (80%) and discussions (20%). The students are expected to take active part in the discussions which will be based on homework assignments to be prepared before the seminar. The preparations will be evaluated in a combination of oral and written assignments. For each example application the following questions will be in focus:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ The purpose(s) of functionalization for this application. ■ The most common methods used to accomplish such functionalization. ■ Where the field stands in terms of commercialization of such techniques in relation to where the actual research frontier stands. ■ Which process considerations that are the most important within the given field. ■ Which methods that should be used to evaluate the functionality. <p>Furthermore the course addresses suitable techniques for microfabrication and sterilization related to bio-functional surfaces and materials.</p>

Zu erbringende Prüfungsleistung
Written exam (90 minutes)
Zu erbringende Studienleistung
The course has mandatory presence in 5 seminar sessions (the lectures are voluntary). The students have to hand in homework before the seminar, and they have to attend these 5 seminar sessions to pass the Studienleistung.
Literatur
Scientific papers and review papers to be distributed by the course leader. Selected parts from the following books: <ul style="list-style-type: none">■ Biofunctional Surface Engineering, Edited by Martin Scholz February 21, 2014 by Pan Stanford ISBN 9789814411608 - CAT# N10827■ Handbook of Biofunctional Surfaces, Edited by Wolfgang, Dipeng Knoll, 2013 Pan Stanford ISBN-10: 9814316636 / ISBN-13: 978-9814316637■ New Functional Biomaterials for Medicine and Healthcare, Edited by Ivanova , Bazaka, Crawford, 2013 Woodhead publishing, ISBN: 9781782422655
Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
None

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Biomedizinische Messtechnik I / Biomedical Instrumentation I	11LE50MO-5301 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr.-Ing. Thomas Stieglitz	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Biomedizinische Mikrotechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	3.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 hours
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
None

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Biomedizinische Messtechnik I / Biomedical Instrumentation I - Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 hours
Biomedizinische Messtechnik I / Biomedical Instrumentation I - Übung	Übung	Wahlpflicht		1.00	

Qualifikationsziel
<p>The objective of the module is to teach students the fundamental knowledge of biological and medical as well as physical and engineering processes to be able to acquire bioelectrical signals from the human body. Scientific and engineering knowledge from the whole signal chain between the biological source over the recording system is introduced including aspects of interferences and patient safety. Applications from cardiology (ECG) and neurology (EEG) as most prominent applications in clinical medicine are used as examples. The module teaches the students of microsystems engineering the fundamental anatomical, physiological and technical terms of biomedical terms with respect to bioelectrical signals. The students will get an overview of the application areas of the different methods and the technical background of the underlying measurement principles and measurement systems. The accompanying exercises consolidate the theoretical background and guide the students to independent handling of topics in the field of biomedical engineering.</p>

Verwendbarkeit der Veranstaltung

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

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Biomedizinische Messtechnik I / Biomedical Instrumentation I	11LE50MO-5301 PO 2021
Veranstaltung	
Biomedizinische Messtechnik I / Biomedical Instrumentation I - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5301
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Biomedizinische Mikrotechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	39 hours
Selbststudium	51 hours
Workload	90 hours

Inhalt
<p>The course introduces different aspects of the recording of bioelectrical signals starting with the nerve and including amplifier design. It presents the most important medical diagnosis methods in the field of bioelectrical signals. In detail, the following topics will be covered:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Origin of bioelectrical signals ■ Electrochemistry of electrodes ■ Acute and chronic applications of electrodes ■ Recording and amplification of bioelectrical signals ■ Interference and artefacts ■ Bioelectrical signals of peripheral nerves and the muscle ■ Electrical signals of the heart (ECG) ■ Cardiac pacemakers and implantable defibrillators ■ Technical safety of medical devices <p>Finally, the content of the course and the learning targets will be summarized together with the students to facilitate the preparation of the examination.</p>
Zu erbringende Prüfungsleistung
Oral examination (30 minutes)
Zu erbringende Studienleistung
See exercise

Literatur
Actual copies of the slides will be delivered accompanying to the lectures. Literature: German 1. Schmidt, Robert F., Lang, Florian, Thews, Gerhard (Hrsg.): Physiologie des Menschen, 29. Auflage. Heidelberg: Springer Medizin Verlag, 2005 English 1. Bronzino, Joseph D. (Hrsg.): The Biomedical Engineering Handbook, Volume 1 (and 2), Second Edition. Boca Raton: CRC Press 2000 / Heidelberg: Springer-Verlag, 2000 2. Enderle, John, Blanchard, Susan, Bronzino, Joseph (Hrsg.): Introduction to Biomedical Engineering, Second Edition. Burlington, San Diego, London, Elsevier, 2005
Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
None

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Biomedizinische Messtechnik I / Biomedical Instrumentation I	11LE50MO-5301 PO 2021
Veranstaltung	
Biomedizinische Messtechnik I / Biomedical Instrumentation I - Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5301
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Biomedizinische Mikrotechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Institut für Mikrosystemtechnik	

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

Inhalt
Zu erbringende Prüfungsleistung
See lecture
Zu erbringende Studienleistung
The exercises are considered passed if 50% of maximum points will be achieved in each of the three tests that are written in the exercises with prior notice.
Teilnahmevoraussetzung
none

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Biomedizinische Messtechnik II / Biomedical Instrumentation II	11LE50MO-5302 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr.-Ing. Thomas Stieglitz	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Biomedizinische Mikrotechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	3.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 hours
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
None

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Biomedizinische Messtechnik II / Biomedical Instrumentation II - Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 hours
Biomedizinische Messtechnik II / Biomedical Instrumentation II - Übung	Übung	Wahlpflicht		1.00	

Qualifikationsziel
<p>The objective of the module is to teach students the fundamental knowledge of biological and medical as well as physical and engineering processes to be able to acquire non-electrical measurement categories out of the human body and to impart knowledge about the technical and medical background of the most important imaging methods in medicine.</p> <p>The module teaches the students of microsystems engineering the fundamental anatomical, physiological and technical terms of biomedical terms with respect to cardiovascular diagnosis and imaging techniques. The students will get an overview of the application areas of the different methods and the technical background of the underlying measurement principles and measurement systems. The accompanying exercises consolidate the theoretical background and guide the students to independent handling of topics in the field of biomedical engineering</p>

Verwendbarkeit der Veranstaltung

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

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Biomedizinische Messtechnik II / Biomedical Instrumentation II	11LE50MO-5302 PO 2021
Veranstaltung	
Biomedizinische Messtechnik II / Biomedical Instrumentation II - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5302
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Biomedizinische Mikrotechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	45 hours
Selbststudium	45 hours
Workload	90 hours

Inhalt
<p>The course introduces methods to acquire non electrical cardiovascular parameters as well as the most important medical imaging techniques.</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Measurement of cardiovascular parameters: blood pressure, physiology, pressure, measurement according to Riva Rocci & oscillometric ■ Measurement of cardiovascular parameters: blood flow, electromagnetic measurement principle ■ Measurement of cardiovascular parameters: blood flow, ultrasound measurement principle ■ Imaging techniques: x-ray ■ Imaging techniques: systems theory of imaging systems, digital signal processing ■ Imaging techniques: computer tomography ■ Biological effect of ionizing radiation / dosimetry ■ Imaging techniques in nuclear medicinal diagnosis ■ Imaging techniques: ultrasound ■ Imaging techniques: thermography and impedance tomography ■ Imaging techniques: electrical sources, optical tomography, endoscopy ■ Imaging techniques: MR tomography ■ Imaging techniques: molecular imaging <p>Finally, the content of the course and the learning targets will be summarized together with the students to facilitate the preparation of the examination.</p>

Zu erbringende Prüfungsleistung
Oral examination (30 minutes)
Zu erbringende Studienleistung
See exercise
Literatur
Actual copies of the slides will be delivered accompanying to the lectures. Literature: German 1. Dössel, Olaf: Bildgebende Verfahren in der Medizin. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2000 2. Schmidt, Robert F., Lang, Florian, Thews, Gerhard (Hrsg.): Physiologie des Menschen, 29. Auflage. Heidelberg: Springer Medizin Verlag, 2005 English 1. Bronzino, Joseph D. (Hrsg.): The Biomedical Engineering Handbook, Volume 1 (and 2), Second Edition. Boca Raton: CRC Press 2000 / Heidelberg: Springer-Verlag, 2000 2. Enderle, John, Blanchard, Susan, Bronzino, Joseph (Hrsg.): Introduction to Biomedical Engineering, Second Edition. Burlington, San Diego, London, Elsevier, 2005
Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
None

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Biomedizinische Messtechnik II / Biomedical Instrumentation II	11LE50MO-5302 PO 2021
Veranstaltung	
Biomedizinische Messtechnik II / Biomedical Instrumentation II - Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5302
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Biomedizinische Mikrotechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Institut für Mikrosystemtechnik	

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

Inhalt
Zu erbringende Prüfungsleistung
See lecture
Zu erbringende Studienleistung
The exercises are considered passed if 50% of maximum points will be achieved in each of the four tests that are written in the exercises with prior notice.
Teilnahmevoraussetzung
none

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Biomedizinische Messtechnik - Praktikum / Biomedical Instrumentation - Laboratory	11LE50MO-5304 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr.-Ing. Thomas Stieglitz	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Biomedizinische Mikrotechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 hours
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung
Successful completion of "Biomedical Instrumentation I" is a prerequisite for attending this module.
Empfohlene Voraussetzung
Grundkenntnisse in Mathematik und Naturwissenschaften

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Biomedizinische Messtechnik - Praktikum / Biomedical Instrumentation - Laboratory	Praktikum	Wahlpflicht	3,0	4.00	90 hours

Qualifikationsziel
The aim of the module is to perform the recording of bioelectrical signals by oneself, applying the theoretical knowledge of recording signals and suppressing disturbances and artifacts and supplementing it with practical skills. The module teaches microsystems engineering students how to handle surface electrodes, develop simple electronic circuits and the basics of digital signal processing of bioelectric signals, as well as how to use software to create automatic signal recording routines.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students of the M.Sc. programmes Microsystems Engg. and Mikrosystemtechnik (PO 2021) can select this module in the concentration area Biomedical Engineering (Biomedizinische Technik).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Biomedizinische Messtechnik - Praktikum / Biomedical Instrumentation - Laboratory	11LE50MO-5304 PO 2021
Veranstaltung	
Biomedizinische Messtechnik - Praktikum / Biomedical Instrumentation - Laboratory	
Veranstaltungsart	Nummer
Praktikum	11LE50P-5304
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Biomedizinische Mikrotechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Geplante Gruppengröße	15
Präsenzstudium	60 hours
Selbststudium	30 hours
Workload	90 hours

Inhalt
The practical exercises are performed in small groups of maximum three persons. In the first part, diagnostic procedures (e.g. blood pressure measurement, electrocardiogram, determination of motor nerve conduction velocity, electro-myogram) are learned and characteristic quantities are extracted from the signals. In the second part, students independently design and develop an electronic amplifier circuit to record muscle signals and a user interface to graphically display the signals and control a screen pointer using the recorded muscle signals. This development of a simple human-computer interface is finally tested under real-time conditions.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Written documentation
Zu erbringende Studienleistung
The "Studienleistung" is considered passed if 50% of maximum points will be achieved in each of the four tests that are written with prior notice. For the lab sessions, attendance is mandatory. In case of illness an additional lab session is offered. It is also possible to ask for auxiliary dates and to have access to the chair's labs outside the lab sessions.
Teilnahmevoraussetzung
Successful completion of "Biomedical Instrumentation I" is a prerequisite for attending this module.

Empfohlene Voraussetzung

Basic knowledge in mathematics and sciences.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
BioMEMS	11LE50MO-5403 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Gerald Urban	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Sensoren	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 hours
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
none
Empfohlene Voraussetzung
Knowledge from the module "Sensors" or "Sensorik/Aktorik"

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
BioMEMS - Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 hours

Qualifikationsziel
After this lecture, the students will overview the application of MEMS in biology and medicine. They will know the recent microfabrication technologies for biomedical applications as well as the basics of cell biology and biochemistry. The attendees of this lecture will think about the social impact of engineering. Most importantly, they will understand the connections between biology, medicine, and engineering. Finally, the students can apply this understanding to future topics in this field.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students of the M.Sc. programmes Microsystems Engg. and Mikrosystemtechnik (PO 2021) can select this module in the concentration area Biomedical Engineering (Biomedizinische Technik).

Name des Moduls		Nummer des Moduls	
BioMEMS		11LE50MO-5403 PO 2021	
Veranstaltung			
BioMEMS - Vorlesung			
Veranstaltungsart		Nummer	
Vorlesung		11LE50V-5403	
Veranstalter			
Institut für Mikrosystemtechnik, Sensoren			
Fachbereich / Fakultät			
Institut für Mikrosystemtechnik			

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	26
Selbststudium	64
Workload	90 hours

Inhalt
<p>Content</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Introduction 2. Biochemistry and cells 3. Cell culture monitoring, organ-on-chip 4. Tissue engineering and cell handling 5. Cell mechanics 6. Single cell analysis 7. Microorganism in MEMS 8. DNA, RNA and protein analytics on chip 9. Implantable devices, in vivo sensors 10. Wearables 11. Summary
Zu erbringende Prüfungsleistung
Written examination (90 minutes)
Zu erbringende Studienleistung
none
Teilnahmevoraussetzung
none

Empfohlene Voraussetzung

Knowledge from the module "Sensors" or "Sensors/Actuators"

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Bionische Sensoren / Bionic Sensors	11LE50MO-5701 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Gerald Urban	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Sensoren	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 hours
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
none

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Bionische Sensoren / Bionic Sensors - Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 hours

Qualifikationsziel
The aim of this module is a basic understanding of electrical, electrochemical and optical chemo- and bio-sensor principles as well as the basic knowledge of biological sensors. Principles of bioinspired system and the background of bionic learning from nature to realize microtechnological systems will be discussed. Basics of electrical charge transfer and information processes in biological systems will be presented.
Zu erbringende Prüfungsleistung
see lecture
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students of the M.Sc. programmes Microsystems Engg. and Mikrosystemtechnik (PO 2021) can select this module in the concentration area Biomedical Engineering (Biomedizinische Technik).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Bionische Sensoren / Bionic Sensors	11LE50MO-5701 PO 2021
Veranstaltung	
Bionische Sensoren / Bionic Sensors - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5701
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Sensoren	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	26
Selbststudium	64
Workload	90 hours

Inhalt
The lecture bionic sensors deal with learning from nature to realize technical chemo- and biosensors. Topics are: <ul style="list-style-type: none"> ■ Biological sensors/receptors ■ Charge transfer and information processes in biology ■ Chemosensor, introduction ■ Basics of electrochemistry ■ Electrochemical potentiometric sensors ■ Electrochemical amperometric sensors ■ Gas sensors ■ Biosensors
Zu erbringende Prüfungsleistung
written examination (90 minutes)
Zu erbringende Studienleistung
none
Teilnahmevoraussetzung
none

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Biophysics of cardiac function and signals	11LE50MO-5324 PO 2021
Verantwortliche/r	
Dr. Gunnar Seemann	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

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

Teilnahmevoraussetzung
none
Empfohlene Voraussetzung
Basic interest in biology and computational modeling Knowledge in Python (or equivalent) is beneficial

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Biophysics of cardiac function and signals	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	2.00	180 hours
Biophysics of cardiac function and signals - praktische Übung	Übung	Wahlpflicht		2.00	

Qualifikationsziel
The basic concept of this lecture is to examine a biological system, analyze it and define mathematical equations in order to describe the system. In this lecture, the heart is used as this system. The students learn the electrical and mechanical function of the heart and its modeling. Additionally, the bioelectrical signals that are generated in the human body are described and how these signals can be measured, interpreted and processed. The content is explained both on the biological level and based on mathematical modelling. Aligned to the lecture is the exercise in which students learn to implement and use these models, get a practical introduction to medical image processing and perform signal processing using python.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students of the M.Sc. programmes Microsystems Engg. and Mikrosystemtechnik (PO 2021) can select this module in the concentration area Biomedical Engineering (Biomedizinische Technik).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Biophysics of cardiac function and signals	11LE50MO-5324 PO 2021
Veranstaltung	
Biophysics of cardiac function and signals	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5324
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	60
Selbststudium	120
Workload	180 hours

Inhalt
<ul style="list-style-type: none"> • Cell membrane and ion channels • Cellular electrophysiology • Conduction of action potentials • Cardiac contraction and electromechanical interactions • Optogenetics in cardiac cells • Image processing and numerical field calculation in the body • Measurement of bioelectrical signals • Electrocardiography • Imaging of bioelectrical sources (ECG imaging) • Biosignal processing
Zu erbringende Prüfungsleistung
oral exam (30 minutes)
Zu erbringende Studienleistung
see exercise
Literatur
Lecture slides (further literature is included in the slides)
Teilnahmevoraussetzung
none
Empfohlene Voraussetzung
Knowledge in Python (or equivalent) is beneficial Basic interest in biology and computational modeling

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Biophysics of cardiac function and signals	11LE50MO-5324 PO 2021
Veranstaltung	
Biophysics of cardiac function and signals - praktische Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50prÜ-5324
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

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

Inhalt
Zu erbringende Prüfungsleistung
see lecture
Zu erbringende Studienleistung
none
Literatur
Python implementation of <ul style="list-style-type: none"> • Hodgkin-Huxley model • Ion channel model adjustment to measurement data • Simulation of cardiac electrophysiology using openCARP • Image processing • ECG signal processing
Teilnahmevoraussetzung
none

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Biophysik - Grundlagen und Konzepte	11LE50MO-5380 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Alexander Rohrbach	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Bio- und Nano-Photonik	
Fachbereich / Fakultät	
Institut für Mikrosystemtechnik	

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

Teilnahmevoraussetzung
keine
Empfohlene Voraussetzung
keine

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Biophysik - Grundlagen und Konzepte	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	2.00	180 Stunden
Biophysik - Grundlagen und Konzepte	Übung	Wahlpflicht		2.00	

Qualifikationsziel
<p>Das Modul stellt einen Streifzug durch die moderne Zellbiophysik dar, adressiert Fragen der aktuellen Forschung und stellt moderne Untersuchungsmethoden vor. Dies beinhaltet klassische, aber auch neueste physikalische Modelle und Theorien, welche in Kombination mit raffinierten Messmethoden einen erheblichen Fortschritt in der Biophysik, ermöglicht haben. Die angewandten physikalischen Methoden beflügeln nicht nur die Biologie und Medizin, sondern auch die Physik komplexer Systeme, welche mit der lebenden Zelle ein unvergleichliches Niveau an Selbstorganisation und Komplexität erreicht.</p> <p>Das Modul richtet sich an Physiker und Ingenieure aus höheren Semestern. Sie bietet eine bunte Mischung aus Physik, Biologie und Chemie, Mathematik und Ingenieurwissenschaft, welche mit zahlreichen Bildern und Animationen veranschaulicht werden.</p>
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students of the M.Sc. programmes Microsystems Engg. and Mikrosystemtechnik (PO 2021) can select this module in the concentration area Biomedical Engineering (Biomedizinische Technik).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Biophysik - Grundlagen und Konzepte	11LE50MO-5380 PO 2021
Veranstaltung	
Biophysik - Grundlagen und Konzepte	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5380_PO 20091
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Bio- und Nano-Photonik	
Fachbereich / Fakultät	
Physikalisches Institut-VB Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	deutsch
Präsenzstudium	60
Selbststudium	120
Workload	180 Stunden

Inhalt
<ol style="list-style-type: none"> 1. Aufbau der Zelle oder Das Rezept für biophysikalische Forschung <ol style="list-style-type: none"> 1. Eine Einführung 2. Die Bausteine des Lebens 3. Modellerstellung in der Biologie durch Schematisierung 4. Bewegung in einer überdämpften Welt 5. Kurztrip durch die Zellbiologie 2. Diffusion und Fluktuationen <ol style="list-style-type: none"> 1. Brownsche Bewegung 2. Diffusion im externen Potential 3. Mess- und Manipulationstechniken <ol style="list-style-type: none"> 1. Optische Abbildung und Konfokale Mikroskopie 2. Fluoreszenzmikroskopie 3. Fluorescence Resonance Energy Transfer (FRET) 4. Particle Tracking 5. Optische Pinzetten 6. Rasterkraftmikroskopie 7. Röntgenbeugung und NMR-Spektroskopie

4. Biologisch relevante Kräfte
 1. Einführung und Übersicht
 2. Van der Waals Kräfte
 3. Elektrostatische Wechselwirkung
 4. Entropische Wechselwirkungen
5. Biophysik der Proteine
 1. Einleitung und Motivation
 2. Die Struktur der Proteine
 3. Proteinfaltung
6. Polymerphysik einzelner Filamente
 1. Einleitung und Motivation
 2. Die Balkentheorie
 3. Polymere als biegsame Federn
7. Visko-Elastizität und Mikro-Rheologie
 1. Motivation und Hintergrund
 2. Elastizität und Viskosität
 3. Retardierte Partikelbewegung und Antwortfunktion
 4. Mikro-Rheologie
8. Die Dynamik des Zytoskeletts
 1. Einleitung und Motivation
 2. Struktur der Zytoskelett-Filamente
 3. Mathematische Modelle der Zytoskelett-Polymerisation
 4. Kraftentfaltung durch Polymerisation
9. Molekulare Motoren
 1. Rotations- und Translationsmotoren
 2. Struktur der Translations-Motoren
 3. Motorgeschwindigkeiten und Schrittweiten
 4. Myosin-Motoren in einem zellulären Teilsystem
 5. Motorenorganisation mit dem Zytoskelett
10. Membran-Biophysik
 1. Aufbau und Struktur der Membrane
 2. Elastische Eigenschaften der Membrane
11. Anhang
 1. Anhang: Wichtige Zellorganellen
 2. Anhang: Ausgewählte Probleme

Qualifikationsziel

- Die Studierenden sind in der Lage rechnerische oder phänomenologische Lösungen von physikalischen/mathematischen Problemstellungen aus dem Bereich der Spezialvorlesung eigenständig zu erarbeiten.
- Die Studierenden können eigene Lösungen vor der Gruppe vorrechnen und die Lösungswege diskutieren.

Zu erbringende Prüfungsleistung

Schriftliche oder mündliche Abschlussprüfung

Zu erbringende Studienleistung

siehe Übung

Literatur
<ul style="list-style-type: none">■ Joe Howard: Mechanics of Motor Proteins and the Cytoskeleton.■ Gary Boal: Mechanics of the Cell.■ Rob Phillips: Physical Biology of the Cell. <p>Begleitend zur Vorlesung wird ein Skriptum mit definierten Lücken (weiße Boxen) zur Verfügung gestellt.</p>
Teilnahmevoraussetzung
keine
Empfohlene Voraussetzung
keine

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Biophysik - Grundlagen und Konzepte	11LE50MO-5380 PO 2021
Veranstaltung	
Biophysik - Grundlagen und Konzepte	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5380_PO 20091
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Bio- und Nano-Photonik	
Fachbereich / Fakultät	
Physikalisches Institut-VB Fakultät für Chemie und Pharmazie Institut für Mikrosystemtechnik	

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

Inhalt
In den Übungen werden die Inhalte der Vorlesung sowohl vertieft als auch gefestigt. Insbesondere wird das Transferdenken geschult. Hierzu werden die wöchentlich ausgeteilten Aufgaben innerhalb einer Woche bearbeitet und dann i.d.R. von den Studenten oder bei schwereren Aufgaben vom Tutor an der Tafel vorge-rechnet.
Zu erbringende Prüfungsleistung
siehe Vorlesung
Zu erbringende Studienleistung
Die Studienleistung ist erfüllt, wenn mindestens 60% der Übungsaufgaben bearbeitet sowie mindestens zwei Aufgaben in der Übung zur Vorlesung vorgerechnet werden.
Teilnahmevoraussetzung
keine

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Biotechnologie für Ingenieure I: Einführung, Molekular- und Mikrobiologie / Biotechnology for Engineers I: Introduction, Molecular- and Microbiology	11LE50MO-5371 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Felix von Stetten	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Anwendungsentwicklung	
Fachbereich / Fakultät	
Institut für Mikrosystemtechnik	

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

Teilnahmevoraussetzung
keine

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Biotechnologie für Ingenieure I: Einführung, Molekular- und Mikrobiologie / Biotechnology for Engineers I: Introduction, Molecular- and Microbiology	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2.00	180 Stunden
Biotechnologie für Ingenieure I / Biotechnology for Engineers I: Einführung, Molekular- und Mikrobiologie / Biotechnology for Engineers I: Introduction, Molecular- and Microbiology - Praktikum	Praktikum	Wahlpflicht	3,0	2.00	

Qualifikationsziel
Die Studierenden kennen das Spektrum der Biotechnologie und haben Verständnis für mikro- und molekularbiologische Grundlagen und Methoden. Sie sind in der Lage eigenständig grundlegende Labormethoden anzuwenden und die experimentellen Befunde zu analysieren. Die Studierenden können beurteilen in welchen Bereichen der Mikro- und Molekularbiologie die Mikrosystemtechnik vorteilhaft Einsatz finden kann.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students of the M.Sc. programmes Microsystems Engg. and Mikrosystemtechnik (PO 2021) can select this module in the concentration area Biomedical Engineering (Biomedizinische Technik).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Biotechnologie für Ingenieure I: Einführung, Molekular- und Mikrobiologie / Biotechnology for Engineers I: Introduction, Molecular- and Microbiology	11LE50MO-5371 PO 2021
Veranstaltung	
Biotechnologie für Ingenieure I: Einführung, Molekular- und Mikrobiologie / Biotechnology for Engineers I: Introduction, Molecular- and Microbiology	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5371
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Anwendungsentwicklung	
Fachbereich / Fakultät	
Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprachen	deutsch, englisch
Präsenzstudium	52
Selbststudium	128
Workload	180 Stunden

Inhalt
<ul style="list-style-type: none"> - Spektrum der Biotechnologie - Mikro- und molekularbiologische Grundlagen - Laborgeräte & -automatisierung - Mikrobiologische Methoden - Molekularbiologische Methoden - Methoden der Genomsequenzierung
Zu erbringende Prüfungsleistung
Mündliche Abschlussprüfung Die Modulnote errechnet sich zu 2/3 aus der Abschlussprüfung und 1/3 aus der benoteten Übungsleistung.
Zu erbringende Studienleistung
siehe Praktikum
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> - Skript zur Vorlesung und Skript zum Praktikum <p>Ergänzend:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Biotechnologie für Einsteiger, R. Renneberg, u.a., Spektrum Akademischer Verlag - Taschenatlas der Biotechnologie und Gentechnik, R. D. Schmid, Wiley-VCH - Taschenatlas der Biochemie, Jan Koolmann, u.a., Thieme

Teilnahmevoraussetzung
keine
Lehrmethoden
This course will be taught in English if there is at least one international participant.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Biotechnologie für Ingenieure I: Einführung, Molekular- und Mikrobiologie / Biotechnology for Engineers I: Introduction, Molecular- and Microbiology	11LE50MO-5371 PO 2021
Veranstaltung	
Biotechnologie für Ingenieure I / Biotechnology for Engineers I: Einführung, Molekular- und Mikrobiologie / Biotechnology for Engineers I: Introduction, Molecular- and Microbiology - Praktikum	
Veranstaltungsart	Nummer
Praktikum	11LE50P-5371
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Anwendungsentwicklung	
Fachbereich / Fakultät	
Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	in jedem Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	deutsch

Inhalt
Laborpraktikum - Zubereitung von Nährmedien - Kultivierung von Bakterien - Keimzahlbestimmung - DNA-Extraktion aus Bakterien - DNA Quantifizierung mittels real-time PCR - Bakteriennachweis mittels Immunoassay - Test-Automatisierung durch Lab-on-a-Chip Technologie
Zu erbringende Prüfungsleistung
siehe Vorlesung
Zu erbringende Studienleistung
Erfolgreiche Teilnahme am Praktikum (Referat, Protokoll)
Teilnahmevoraussetzung
keine

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Biotechnologie für Ingenieure II / Biotechnology for Engineers II	11LE50MO-5381 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Felix von Stetten	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Anwendungsentwicklung	
Fachbereich / Fakultät	
Fakultät für Chemie und Pharmazie Institut für Mikrosystemtechnik	

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

Teilnahmevoraussetzung
keine

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Biotechnologie für Ingenieure II /Biotechnology for Engineers II - Vorlesung	Vorlesung	Pflicht	3,0	2.00	180 Stunden
Exkursionen zur Vorlesung Biotechnologie für Ingenieure II / Excursions accompanying the lecture Biotechnology for Engineers II	Exkursion	Wahlpflicht	3,0	2.00	

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

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Biotechnologie für Ingenieure II / Biotechnology for Engineers II	11LE50MO-5381 PO 2021
Veranstaltung	
Biotechnologie für Ingenieure II / Biotechnology for Engineers II - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5381
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Anwendungsentwicklung	
Fachbereich / Fakultät	
Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
Lehrsprachen	deutsch, englisch
Präsenzstudium	60
Selbststudium	120
Workload	180 Stunden

Inhalt
Bioverfahrenstechnik - Aufbau und Funktion von Bioreaktoren - Messtechnik an Bioreaktoren - Up-Stream Prozesse - Stoffumwandlung - Down-Stream Prozesse Lebensmittelanalytik und in-vitro Diagnostik - Marktanalyse - Pathogene Mikroorganismen - Mikrobiologische Diagnostik - Immun- und Nukleinsäureiagnostik - Potential der Mikrosystemtechnik
Zu erbringende Prüfungsleistung
Mündliche Abschlussprüfung
Zu erbringende Studienleistung
siehe Exkursion
Literatur
- Skript zur Vorlesung mit Literaturverzeichnis - Biotechnologie für Einsteiger, R. Renneberg, u.a., Spektrum Akademischer Verlag - Taschenatlas der Biotechnologie und Gentechnik, Rolf D. Schmid, Wiley-VCH

Teilnahmevoraussetzung
keine
Empfohlene Voraussetzung
Modul Biotechnologie für Ingenieure I
Lehrmethoden
This course will be taught in English if there is at least one international participant.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Biotechnologie für Ingenieure II / Biotechnology for Engineers II	11LE50MO-5381 PO 2021
Veranstaltung	
Exkursionen zur Vorlesung Biotechnologie für Ingenieure II / Excursions accompanying the lecture Biotechnology for Engineers II	
Veranstaltungsart	Nummer
Exkursion	11LE50Ü-5381
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Anwendungsentwicklung	
Fachbereich / Fakultät	
Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	deutsch

Inhalt
Exkursion zu <ul style="list-style-type: none"> - Pharmaunternehmen - Hersteller von in-vitro Diagnostika - Medizinischem Laborzentrum - Lebensmittelbiotechnologischem Unternehmen
Zu erbringende Prüfungsleistung
erfolgreiche Teilnahme an der Exkursion (Kurzreferat)
Zu erbringende Studienleistung
Teilnahmevoraussetzung
keine

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Ethische Aspekte der Neurotechnologie / Ethical Aspects of Neurotechnology	11LE50MO-5320 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Ulrich Egert	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Biomikrotechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 Stunden
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
keine
Empfohlene Voraussetzung
Interesse an interdisziplinärer Aufbereitung aktueller Fragestellungen

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Ethische Aspekte der Neurotechnologie / Ethical Aspects of Neurotechnology - Seminar	Seminar	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 Stunden

Qualifikationsziel
Studierende der Philosophie und Studierende der Neurobiologie und der Ingenieurwissenschaften erarbeiten in diesem Seminar gemeinsam ethische und philosophische Perspektiven der aktuellen Eingriffsmöglichkeiten in das Gehirn und der derzeit entwickelten und in naher Zukunft entwickelbaren Mensch-Maschine-Komplexe, um auf dieser Grundlage die Herausforderungen für unser personales Selbstverständnis und unsere ethischen Kriterien für die Grenzen solcher Eingriffe zu diskutieren. Dabei soll versucht werden, philosophische Ansätze zum Verhältnis von Person sein und neurobiologischer „Determinierung“ als zentrale Aspekte in der ethischen Theoriebildung mit den empirischen und interagierenden Zugängen der Neurowissenschaften in einen konstruktiven und kontroversen Dialog gebracht werden.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Studierende der Masterstudiengänge Microsystems Engineering und Mikrosystemtechnik (PO 2021) können dieses Modul im Vertiefungsbereich Biomedizinische Technik wählen.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Ethische Aspekte der Neurotechnologie / Ethical Aspects of Neurotechnology	11LE50MO-5320 PO 2021
Veranstaltung	
Ethische Aspekte der Neurotechnologie / Ethical Aspects of Neurotechnology - Seminar	
Veranstaltungsart	Nummer
Seminar	11LE50S-5320
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Biomikrotechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	deutsch
Workload	90 Stunden

Inhalt
<p>Interdisziplinäres Seminar zu ethischen und philosophischen Aspekten der Neurotechnologie.</p> <p>Folgende Themenbereiche werden jeweils unter ethischen, neurowissenschaftlichen bzw. ingenieurwissenschaftlichen Gesichtspunkten bearbeitet:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ethik der Neurowissenschaften als aktuelles Gebiet der Philosophie 2. Identität, Person und Persönlichkeit als Grundbegriffe der Ethik der Neurowissenschaften 3. Spezifische philosophische und ethische Aspekte folgender Anwendungsfelder: <ul style="list-style-type: none"> - Invasive und nicht-invasive Gehirn-Maschine-Schnittstellen - Neuroimaging- Emotionale Integration neuronaler Prothesen - Tiefe Hirnstimulation - Optogenetische Interaktion - Neuro-Enhancement - Zukunftstechnologien und deren Einsatz
Zu erbringende Prüfungsleistung
Mündliche Abschlussprüfung (30 Minuten)
Zu erbringende Studienleistung
keine
Teilnahmevoraussetzung
keine
Empfohlene Voraussetzung
Interesse an interdisziplinärer Aufbereitung aktueller Fragestellungen

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Grundlagen der Elektrostimulation / Fundamentals of electrical stimulation	11LE50MO-5306 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr.-Ing. Thomas Stieglitz	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik, Biomedizinische Mikrotechnik	

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

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
None

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Grundlagen der Elektrostimulation / Fundamentals of electrical stimulation - Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 hours

Qualifikationsziel
<p>The aim of the module is to teach the biological-medical and physicochemical-technical fundamentals in the electrostimulation of nerves and muscles, which are necessary for an engineer to understand the biological processes and to design aids and procedures in applications in the field of neuroprosthetics and neuromodulation.</p> <p>The module teaches students the theoretical background of mechanisms of action and damage of electrical stimulation in the peripheral and central nervous systems, as well as the electrochemical processes to be considered at neuro-engineering interfaces.</p>
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students of the M.Sc. programmes Microsystems Engg. and Mikrosystemtechnik (PO 2021) can select this module in the concentration area Biomedical Engineering (Biomedizinische Technik).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Grundlagen der Elektrostimulation / Fundamentals of electrical stimulation	11LE50MO-5306 PO 2021
Veranstaltung	
Grundlagen der Elektrostimulation / Fundamentals of electrical stimulation - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5306
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik, Biomedizinische Mikrotechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	30 hours
Selbststudium	60 hours
Workload	90 hours

Inhalt
<p>The course introduces the medical and biological as well as the physicochemical and technical aspects of electrical stimulation. In detail, students get familiar with the following topics:</p> <p>Overview of the history of electrical stimulation Anatomy and physiology of nerve and muscle Description of nerve excitation Electrical fields and electrochemical processes at electrodes Electrode designs and applications Characteristic parameters during technical excitation of nerves Methods for selective stimulation Effects of chronic electrical stimulation Limits of safe electrical stimulation Systems theory aspects of control of neural prostheses Simulation of nerve excitation Stimulator design Overview of stimulation parameters in clinical applications Finally, the content of the course and the learning targets will be summarized together with the students to facilitate the preparation of the examination.</p>
Zu erbringende Prüfungsleistung
Oral exam (30 minutes)
Zu erbringende Studienleistung
None
Literatur
<p>A script will be provided to accompany the lecture and will be updated regularly. Further reading material:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Horch, K.W., Dhillon, G.S. (Hrsg.): Neuroprosthetics – Theory and Practice. (Series on Bioengineering & Biomedical Engineering – Vol. 2) ■ River Edge: World Scientific Computing, 2004
Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
None

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Introduction to data driven life sciences	11LE13MO-1335 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Rolf Backofen	
Veranstalter	
Institut für Informatik, Bioinformatik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

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

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
None

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

Qualifikationsziel
<ul style="list-style-type: none"> - The students have a basic knowledge and understanding about origin and content of life science high-throughput data - They know methods and tools for the analysis of such data, can compare it to different data, and have knowledge about visualization - They are able to analyse small data sets and apply their gained knowledge

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Introduction to data driven life sciences	11LE13MO-1335 PO 2021
Veranstaltung	
Introduction to data driven life sciences	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE13V-1335
Veranstalter	
Institut für Informatik, Bioinformatik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	60 hours
Selbststudium	120 hours
Workload	180 hours

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

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Introduction to data driven life sciences	11LE13MO-1335 PO 2021
Veranstaltung	
Introduction to data driven life sciences	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE13Ü-1335
Veranstalter	
Institut für Informatik, Bioinformatik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

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

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

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Introduction to physiological control systems	11LE50MO-5258 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr.-Ing. Thomas Stieglitz	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Biomedizinische Mikrotechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 hours
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
None

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Introduction to physiological control systems	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	1.00	90 hours
Introduction to physiological control systems	Übung	Wahlpflicht		1.00	

Qualifikationsziel
This course will introduce students in engineering and non-engineering fields to the modeling and control of physiological processes. A brief introduction to signals, systems and control theory is provided at the beginning. Several physiological process are then addressed from a control system perspective, discussing state-of-the-art literature. The main goal of this course is to provide a general overview of how control system theory can be applied to understand, modeling and control physiological processes.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students of the M.Sc. programmes Microsystems Engg. and Mikrosystemtechnik (PO 2021) can select this module in the concentration area Biomedical Engineering (Biomedizinische Technik).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Introduction to physiological control systems	11LE50MO-5258 PO 2021
Veranstaltung	
Introduction to physiological control systems	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5258
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Biomedizinische Mikrotechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	1.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	26 hours
Selbststudium	64 hours
Workload	90 hours

Inhalt
1. Introduction and course overview. 2. Review of signals, systems, and control theory. 3. Positive and negative feedback in physiology. 4. Blood pressure control. 5. Balance control during quiet standing. 6. Complex dynamics of heart rate variability. 7. Feedback and feedforward limb control during reach-to-pinch task. 8. Summary.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Written examination (90 minutes)
Zu erbringende Studienleistung
None
Literatur
M. Khoo. Physiological control systems: analysis, simulation, and estimation. IEEE Series in Biomedical Engineering, 1999, NY. A. Guyton and J. Hall, Textbook of Medical Physiology, Elsevier, 2006. Current scientific literature.
Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
None

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Introduction to physiological control systems	11LE50MO-5258 PO 2021
Veranstaltung	
Introduction to physiological control systems	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5258
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Biomedizinische Mikrotechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

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

Inhalt	
Zu erbringende Prüfungsleistung	
See lecture	
Zu erbringende Studienleistung	
None	
Teilnahmevoraussetzung	
None	
Empfohlene Voraussetzung	
None	

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Machine Learning	11LE13MO-1153 PO 2021
Verantwortliche/r	
Jun.Prof. Dr. Josif Grabocka	
Veranstalter	
Institut für Informatik, Professur für Neurorobotik Institut für Informatik, Professur für Maschinelles Lernen	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

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

Teilnahmevoraussetzung
keine

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

Qualifikationsziel
<p>This course provides you with a good theoretical understanding and practical experience about the basic concepts of machine learning. You shall be enabled to implement a number of basic algorithms, understand advantages and drawbacks of single methods and know typical application domains thereof. Furthermore, you should be able to use (Python) software libraries in order to work on novel data analysis problems.</p> <p>The course will prepare you to dive deeper into advanced methods of ML, e.g. deep learning, recurrent networks, reinforcement learning, hyperparameter optimization, and into specific application domains such as image analysis, brain signal analysis, robot learning, bioinformatics etc., for which specialized courses are available.</p>
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students of the M.Sc. programmes Microsystems Engg. and Mikrosystemtechnik (PO 2021) can select this module in the concentration area Biomedical Engineering (Biomedizinische Technik).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Machine Learning	11LE13MO-1153 PO 2021
Veranstaltung	
Machine Learning	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE13V-1153
Veranstalter	
Institut für Informatik, Professur für Maschinelles Lernen	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	3.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	60
Selbststudium	120
Workload	180 Stunden

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

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

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Machine Learning	11LE13MO-1153 PO 2021
Veranstaltung	
Machine Learning	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE13Ü-1153
Veranstalter	
Institut für Informatik, Professur für Maschinelles Lernen	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

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

Inhalt
Zu erbringende Prüfungsleistung
see lecture
Zu erbringende Studienleistung
Passing an oral or written examination.
Teilnahmevoraussetzung
none
Empfohlene Voraussetzung
none

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Mikrofluidik II: Miniaturisieren, Automatisieren, und Parallelisieren biochemischer Analyseverfahren: Von der Idee zum Produkt / Microfluidics II: Miniaturize, automate and parallelize biochemical analysis: From idea to product launch	11LE50MO-5263 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Roland Zengerle	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Anwendungsentwicklung	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

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

Teilnahmevoraussetzung
none
Empfohlene Voraussetzung
Basics in microfluidics, e.g. "Microfluidics I"

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Mikrofluidik II: Miniaturisieren, Automatisieren, und Parallelisieren biochemischer Analyseverfahren: Von der Idee zum Produkt / Microfluidics II: Miniaturize, automate and parallelize biochemical analysis: From idea to product launch	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	2.00	180 hours
Mikrofluidik II: Miniaturisieren, Automatisieren, und Parallelisieren biochemischer Analyseverfahren: Von der Idee zum Produkt / Microfluidics II: Miniaturize, automate and parallelize biochemical analysis: From idea to product launch	Übung	Wahlpflicht		2.00	

Qualifikationsziel
Qualified microfluidic engineer with sound knowledge on microfluidic Design, manufacturing of microfluidic cartridges, and the use of microfluidic technologies in clinical settings.

Verwendbarkeit der Veranstaltung

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

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Mikrofluidik II: Miniaturisieren, Automatisieren, und Parallelisieren biochemischer Analyseverfahren: Von der Idee zum Produkt / Microfluidics II: Miniaturize, automate and parallelize biochemical analysis: From idea to product launch	11LE50MO-5263 PO 2021
Veranstaltung	
Mikrofluidik II: Miniaturisieren, Automatisieren, und Parallelisieren biochemischer Analyseverfahren: Von der Idee zum Produkt / Microfluidics II: Miniaturize, automate and parallelize biochemical analysis: From idea to product launch	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5263
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Anwendungsentwicklung	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	60
Selbststudium	120
Workload	180 hours

Inhalt
<p>Content:</p> <p>This lecture teaches the use of microfluidic technologies for automation of biochemical analyses. Fields of application are the detection of pathogens, the diagnosis and therapy accompanied monitoring of tumor diseases as well as water analysis. In a first section, the complete design process from initial requirements and project specifications to simulation-based design, manufacturing of functional models and testing will be addressed. The creation of flow drafts, the simulation of microfluidic networks and CAD design will be taught in an accompanying tutorial.</p> <p>In following lectures, product development will be examined. This includes the scalable manufacturing of disposable test cartridges, the determination of usability as well as questions of licensing. In summary, the lecture covers the development process from initial idea to product. In the second part of the tutorial, the students will work on an exemplary project.</p>
Zu erbringende Prüfungsleistung
written or oral exam
Zu erbringende Studienleistung
none

Teilnahmevoraussetzung
none
Empfohlene Voraussetzung
Basics of microfluidics, e.g. Microfluidics I lecture

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Mikrofluidik II: Miniaturisieren, Automatisieren, und Parallelisieren biochemischer Analyseverfahren: Von der Idee zum Produkt / Microfluidics II: Miniaturize, automate and parallelize biochemical analysis: From idea to product launch	11LE50MO-5263 PO 2021
Veranstaltung	
Mikrofluidik II: Miniaturisieren, Automatisieren, und Parallelisieren biochemischer Analyseverfahren: Von der Idee zum Produkt / Microfluidics II: Miniaturize, automate and parallelize biochemical analysis: From idea to product launch	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5263
Veranstalter	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik, Anwendungsentwicklung	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

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

Inhalt
Zu erbringende Prüfungsleistung
see lecture
Zu erbringende Studienleistung
none
Teilnahmevoraussetzung
none
Empfohlene Voraussetzung
none

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Mikrosystemtechnik in der Medizin / Microsystems technology in Medicine	11LE50MO-5307 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Martin Boeker	
Fachbereich / Fakultät	
Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 Stunden
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
keine
Empfohlene Voraussetzung
Grundlegende physikalische Kenntnisse

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Mikrosystemtechnik in der Medizin / Microsystems technology in Medicine - Seminar	Seminar	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 Stunden

Qualifikationsziel
<p>Wichtige Anwendungen der Mikrosystemtechnik in der Medizin beschreiben können:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Computergestützte Bildanalyse ■ Patch-Clamp Verfahren ■ Klinische Anwendung beim Mammakarzinom ■ Cochlea-Implantat ■ Sehprothesen ■ Diagnostik und Therapie von Herzrhythmusstörungen ■ Volumetrische Bildgebung in der Radiologie
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students of the M.Sc. programmes Microsystems Engg. and Mikrosystemtechnik (PO 2021) can select this module in the concentration area Biomedical Engineering (Biomedizinische Technik).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Mikrosystemtechnik in der Medizin / Microsystems technology in Medicine	11LE50MO-5307 PO 2021
Veranstaltung	
Mikrosystemtechnik in der Medizin / Microsystems technology in Medicine - Seminar	
Veranstaltungsart	Nummer
Seminar	11LE50V-5307
Fachbereich / Fakultät	
Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	4
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	deutsch
Präsenzstudium	26
Selbststudium	64
Workload	90 Stunden

Inhalt
Dozenten aus verschiedenen Fachbereichen der Medizin stellen wichtige und aktuelle Themen der Mikrosystemtechnik in der Medizin vor: Sehprothesen, Cochlea-Implantate, minimal invasive Gefäßtherapien, computergestützte Tumordiagnostik, klinische Anwendungen beim Brustkrebs, Diagnostik und Therapie von Herzrhythmusstörungen und Verfahren der Bildanalyse in der bildgebenden Diagnostik. Dabei stellen die Dozenten insbesondere eine Verbindung zwischen den medizinisch-biologischen Gegebenheiten im menschlichen Organismus und der technischen Herangehensweise an ein spezifisches medizinisches Problem her, ohne dass besondere medizinische Kenntnisse vorausgesetzt werden.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Schriftliche Abschlussprüfung (90 Minuten)
Zu erbringende Studienleistung
keine
Teilnahmevoraussetzung
keine
Empfohlene Voraussetzung
Grundlegende physikalische Kenntnisse

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Nanobiotechnologie / Nanobiotechnology	11LE50MO-5308 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Oliver Ambacher	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Verbindungshalbleiter, Mikrosysteme	
Fachbereich / Fakultät	
Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 Stunden
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
keine
Empfohlene Voraussetzung
keine

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Nanobiotechnologie / Nanobiotechnology	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 Stunden

Qualifikationsziel
Die Studierenden werden in die Lage versetzt, die Funktionsweise von organischen Mikro- und Nanosystemen zu verstehen. Hierzu gehören z.B. Haarzellen, Motorproteine, organische Nanomotoren und Ionenkanäle. Die Studierenden besitzen Fachkompetenz in der Beschreibung und Analyse von organischen Nanostrukturen, die für die Funktion kleinster biologischer Organismen von entscheidender Bedeutung sind. Ihre Fachkompetenz erstreckt sich bis zur Kombination von organischen und anorganischen Mikro- und Nanosystemen z.B. zur Realisierung kleinster Antriebssysteme.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students of the M.Sc. programmes Microsystems Engg. and Mikrosystemtechnik (PO 2021) can select this module in the concentration area Biomedical Engineering (Biomedizinische Technik).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Nanobiotechnologie / Nanobiotechnology	11LE50MO-5308 PO 2021
Veranstaltung	
Nanobiotechnologie / Nanobiotechnology	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5308
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Verbindungshalbleiter, Mikrosysteme	
Fachbereich / Fakultät	
Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	deutsch
Präsenzstudium	26 Stunden
Selbststudium	64 Stunden
Workload	90 Stunden

Inhalt
Zu den Themen der Nanobiotechnologie gehört die Diskussion von organischen Nanosystemen in der menschlichen Wahrnehmung, die Erklärung des Handlings und Charakterisierens von Proteinen und Viren, die Untersuchung elektronischer und optischer Eigenschaften von einzelnen Molekülen genauso wie die Technologie zur Herstellung von Sensoren für kleinste Flüssigkeitsmengen. An der Schnittstelle zwischen der Mikro- und Nanowelt, der Schnittstelle auch zwischen belebter und unbelebter Materie, werden moderne Charakterisierungsverfahren (z.B. Elektronenmikroskopie, Kraftmikroskopie) nötig, um von physikalischen oder chemischen Eigenschaften der organischen Moleküle eine Brücke zum Verständnis der Funktion von Aminosäuren, Proteinen und Zellen zu schlagen. Diese Methoden und ihre Anwendung auf biologisch relevante Systeme werden ebenso erklärt wie die Technologie zur Herstellung von künstlichen Mikro- und Nanostrukturen zur sensorischen Kopplung an biologische Organismen.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Mündliche Abschlussprüfung mit einer Dauer von 30 Minuten
Zu erbringende Studienleistung
keine
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> ■ Biochemie, J.M. Berg, J.L. Tymoczko, L. Stryer, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg 2003 ■ Physiologie des Menschen, R.F. Schmidt, F. Lang, G. Thews, Springer Medizin Verlag Heidelberg 2005
Teilnahmevoraussetzung
keine

Empfohlene Voraussetzung

keine

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Neurophysiologie - Praktikum / Neurophysiology - Laboratory	11LE50MO-5316 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Ulrich Hofmann	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 hours
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
Prerequisite to become eligible for this course is the participation in the exercises in "Implant manufacturing technologies" or participation in the seminar „Neuroprosthetics“ in the previous winter semester.

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Neurophysiologie - Praktikum / Neurophysiology - Laboratory	Praktikum	Wahlpflicht	3,0	4.00	90 hours

Qualifikationsziel
<p>Participants will gain first hand experiences into neuroscientific and electrophysiologically verifiable paradigms to natural signal processing in the rat brain <i>in vivo</i>.</p> <p>Participants will get in depth insight into the current knowledge of the somatosensory system, the visual system and the motor system. In addition, the rat's learning and orientation system will be introduced in depth as well.</p> <p>Signal processing methods will be presented and for later use in exercises substantiated.</p> <p>Participants will learn a respectful and honorable handling of living beings, even if they are „only“ lab rats.</p> <p>Students will gain first hand experience with multisite electrophysiological recordings from anesthetized and freely moving animals. Signals acquired during these day long experiments will be analyzed according to state of the art and results will be presented as reports and talks.</p>
Bemerkung / Empfehlung
The experiments fall under the Animal Welfare Act - so all participants must be known by name before the first day of the experiment.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students of the M.Sc. programmes Microsystems Engg. and Mikrosystemtechnik (PO 2021) can select this module in the concentration area Biomedical Engineering (Biomedizinische Technik).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Neurophysiologie - Praktikum / Neurophysiology - Laboratory	11LE50MO-5316 PO 2021
Veranstaltung	
Neurophysiologie - Praktikum / Neurophysiology - Laboratory	
Veranstaltungsart	Nummer
Praktikum	11LE50P-5316
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 hours

Inhalt
<p>Students will in three neurophysiological paradigms (two acute, one freely behaving) under experienced supervision participate.</p> <p>Students will get in depth and first hand insight into the current knowledge of the somatosensory system, the visual system and the motor system. In addition, the rat's learning and orientation system will be introduced as well.</p> <p>Signal processing methods will be presented and for later use in exercises substantiated.</p> <p>They will gain hands on experience with in vivo animal electrophysiology with micro devices and collect data for subsequent home based analysis.</p> <p>Their analysis results will be presented as final teaching experience.</p>
Zu erbringende Prüfungsleistung
Students have to submit 4 reports. The module grade is calculated taking the average of the grades obtained for each report. If a student misses one session due to illness, an amended date for the missed lab session will be offered.
Zu erbringende Studienleistung
None
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> ■ Windhorst, U. and H. Johansson (1999). <i>Modern Techniques in Neuroscience Research</i>. Berlin, Springer. ■ Kandel, E. R., J. H. Schwartz and T. M. Jessel (1991). <i>Principles of neural science</i>. London, Prentice-Hall. ■ D Nicolelis, M. A. L., Ed. (1999). <i>Methods for Neural Ensemble Recordings</i>. CRC Methods in Neuroscience. Boca Raton, FL, CRC Press. ■ diverse journal papers like: <ul style="list-style-type: none"> ■ Wilson, M. A. and B. L. McNaughton (1994). "Reactivation of Hippocampal ensemble memories during sleep." <i>Science</i> 265: 676-682. ■ Wilson, M. A. and B. L. McNaughton (1993). "Dynamics of the hippocampal ensemble code for space." <i>Science</i> 261: 1055-1058.

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
Prerequisite to become eligible for this course is the participation in the exercises in "Implant manufacturing technologies" or participation in the seminar „Neuroprosthetics“ in the last winter semester.
Bemerkung / Empfehlung
The experiments fall under the Animal Welfare Act - so all participants must be known by name before the first day of the experiment.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Neuroprothetik / Neuroprosthetics	11LE50MO-5318 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Ulrich Hofmann	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	3.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 hours
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
High school level knowledge in mathematics and natural sciences

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Neuroprothetik / Neuroprosthetics - Seminar	Seminar	Wahlpflicht	3,0	3.00	90 hours

Qualifikationsziel
<p>Neuroprosthetics is an emergent field of biomedical engineering aiming at developing devices to replace or augment non functional sensory or motor pathes of humans resulting from disease or trauma.</p> <p>The participating student will be instructed on the basic neuromedical concepts, and the targeted medical deficits, both needed to evaluate current clinical neuroprostheses and critically assess devices under development.</p> <p>The student will gain well funded knowledge on clinical applications and technologies and will have to face the more biological and ethical aspects of these devices and treatment options as well.</p> <p>The module aims at active involvement by independent webbased information acquisition, oral presentation of findings and internet based reporting.</p>
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students of the M.Sc. programmes Microsystems Engg. and Mikrosystemtechnik (PO 2021) can select this module in the concentration area Biomedical Engineering (Biomedizinische Technik).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Neuroprothetik / Neuroprosthetics	11LE50MO-5318 PO 2021
Veranstaltung	
Neuroprothetik / Neuroprosthetics - Seminar	
Veranstaltungsart	Nummer
Seminar	04LE50V-5318
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	3.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	39 hours
Selbststudium	51 hours
Workload	90 hours

Inhalt
<p>Introductory lessons contain:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Basic concepts of neuroscience ■ Interfacing the nervous system ■ Modelling approaches for CNS applications ■ Neuroethical aspects <p>Student covered topics will contain:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Cochlea Implant - Deafness ■ Retina Implant - Blindness ■ Deep Brain Stimulation - Parkinson's Disease ■ Spinal Cord Stimulation - Chronic Pain Syndrome ■ Vagal Nerve Stimulation - Epilepsy ■ Functional Electrical Stimulation - Drop Foot Syndrome ■ Human Machine Interfacing - BCI and BMI ■ Foreign Body Reaction
Zu erbringende Prüfungsleistung
Written documentation and oral presentation. The module grade is based on the written documentation (50%) and the oral presentation (50%).
Zu erbringende Studienleistung
None

Literatur
<ul style="list-style-type: none">■ Farina, D., Jensen, W., Akay, M., Eds. (2013). INTRODUCTION TO NEURAL ENGINEERING FOR MOTOR REHABILITATION, IEEE■ Dagnelie, G., Ed. (2011). Visual Prosthetics: Physiology, Bioengineering, Rehabilitation: Physiology, Bioengineering and Rehabilitation, Springer■ DiLorenzo, D. J. and J. D. Bronzino, Eds. (2008). Neuroengineering Boca Raton, CRC Press■ Akay, M. (2007). Handbook of Neural Engineering, IEEE Press, Wiley■ Dornhege, G., et al., Eds. (2007). Toward Brain-Computer Interfacing. Neural Information Processing Series. Cambridge, MA, MIT Press■ Horch, K. W. and G. S. Dhillon (2004). Neuroprosthetics - Theory and Practice. Singapore-London, World Scientific Publishing
Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
High level knowledge in mathematics and natural sciences

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Neurowissenschaften für Ingenieure / Neuroscience for Engineers	11LE50MO-5319 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Ulrich Egert	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Biomikrotechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	3.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 hours
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
None

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Neurowissenschaften für Ingenieure / Neuroscience for Engineers - Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 hours
Neurowissenschaften für Ingenieure / Neuroscience for Engineers - Übung	Übung	Wahlpflicht		1.00	

Qualifikationsziel
After completing this module, students will understand the fundamental neuroscientific concepts, methods, processes and structures that define or influence the function of technical components in biomedical applications.
Bemerkung / Empfehlung
The lecture is interdisciplinary and is offered for students of MSc Microsystems Engineering, Embedded Systems Engineering and Computer Science. If necessary the lecture will be taught in English. All slides and texts used are in English.

Verwendbarkeit der Veranstaltung

This module is (among others) for:

- Bachelor of Science Mikrosystemtechnik (PO 2018) students, in the elective area MST
- Master of Science Microsystems Engg. and Mikrosystemtechnik (PO 2021) students in the concentration area Biomedical Engineering (Biomedizinische Technik).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Neurowissenschaften für Ingenieure / Neuroscience for Engineers	11LE50MO-5319 PO 2021
Veranstaltung	
Neurowissenschaften für Ingenieure / Neuroscience for Engineers - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5319
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Biomikrotechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	39 hours
Selbststudium	51 hours
Workload	90 hours

Inhalt
<p>The lecture series conveys the foundations of various neuroscientific processes, structures and measuring techniques.</p> <p>We emphasize processes that</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ influence the generation and properties of signals measurable with neuronal systems, ■ influence the usability of MST components, such as sensors and implants, ■ are relevant for typical fields of application of MST components, e.g. implantable sensors, prostheses, neurotechnology, etc.. <p>In the course of the lectures we will present and overview of central neuroscientific concepts, tools and applications</p> <p>Main topics are:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Structure of the nervous systems ■ Biophysics of electrical potentials ■ Neuronal networks and their signals ■ Sensory systems ■ Foundations of learning and memory ■ Interaction with neuronal networks

Zu erbringende Prüfungsleistung
Written exam (90 min.)
Zu erbringende Studienleistung
none
Literatur
Literature will be presented during the lecture
Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
None

Name des Moduls		Nummer des Moduls	
Neurowissenschaften für Ingenieure / Neuroscience for Engineers		11LE50MO-5319 PO 2021	
Veranstaltung			
Neurowissenschaften für Ingenieure / Neuroscience for Engineers - Übung			
Veranstaltungsart		Nummer	
Übung		11LE50Ü-5319	
Veranstalter			
Institut für Mikrosystemtechnik, Biomikrotechnik			
Fachbereich / Fakultät			
Technische Fakultät			

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

Inhalt	
Zu erbringende Prüfungsleistung	
see lecture	
Zu erbringende Studienleistung	
None	
Teilnahmevoraussetzung	
None	
Empfohlene Voraussetzung	
None	

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Signalverarbeitung und Analyse von Gehirnsignalen / Signal processing and analysis in brain signals	11LE50MO-5312 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr.-Ing. Thomas Stieglitz	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Biomedizinische Mikrotechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 hours
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
None

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Signalverarbeitung und Analyse von Gehirnsignalen / Signal processing and analysis in brain signals - Vorlesung	Vorlesung	Pflicht	3,0	2.00	90 hours

Qualifikationsziel
<p>The objective of the module is to show, how signal processing and analysis methods can add additional information to the classical ways of interpreting brain signals measured by electroencephalography (EEG) or magnetoencephalography (MEG).</p> <p>This goes beyond the basic signal processing methods to separate the signal from background noise. General techniques for pattern recognition will be presented and how they are tailored for the daily use in clinical practice or neuroscience research. As a result students will have knowledge of general tools in pattern recognition in recordings of brain signals and how to adapt them to the requirements of the specifics needs in clinical use or for research projects.</p> <p>The second part of the module will add modelling to the signal analysis to perform the localization of generators of brain activity. Different approaches of modelling of the head and the generators of the brain activity will be introduced. The objective is to provide the students with knowledge about different modelling levels and strategies about the selection of generator models, which are appropriate for a given source localization task.</p>

Verwendbarkeit der Veranstaltung

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

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Signalverarbeitung und Analyse von Gehirnsignalen / Signal processing and analysis in brain signals	11LE50MO-5312 PO 2021
Veranstaltung	
Signalverarbeitung und Analyse von Gehirnsignalen / Signal processing and analysis in brain signals - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5312
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Biomedizinische Mikrotechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	26 hours
Selbststudium	64 hours
Workload	90 hours

Inhalt
<p>The course starts with an introduction to the basic principles of the measurement of neurophysiological signals mainly EEG and MEG. Despite a basic technical introduction of the measurement systems an overview about physiological and pathological patterns and rhythms in brain signal is given. Pattern recognition in the diagnostics of patients suffering from epilepsy is one core topic of the module. Long term recordings of EEG in epilepsy diagnostic create a high demand for automatic EEG analysis procedures. Three different types of events are at the moment in the focus for automatic detection strategies.</p> <p>a) Epileptic seizures, which are the core syndrome of the disease. Automatic detection may facilitate the review of long term recordings tremendously.</p> <p>b) Short high amplitude peaks in EEG and MEG called spikes contribute to the diagnoses of epilepsy and give information related to the localization of the seizure onset region in focal epilepsy.</p> <p>c) Oscillatory activity in the frequency range between 80 Hz and 600 Hz gives according to recent result probably more specific information about the seizure origin area than spikes.</p> <p>Signal processing and pattern recognition strategies are presented and how they can be applied to the patterns of interest in epilepsy diagnostic.</p> <p>In detail following strategies will be presented:</p> <p>a) Heuristics</p> <p>b) Template matching</p> <p>c) Wavelet transformation</p> <p>d) Hilbert transformation</p> <p>e) Background and target modelling</p> <p>f) Artificial neural networks</p>

A second focus of the module is related to the localization of generators of neuronal activity based on EEG and MEG measurements.

The introduction starts with the presentation of the Maxwell equations and the common simplifications as they are applied in EEG and MEG source localization. Localization includes two basic components, the forward simulation and an inverse parameter estimation procedure. Concepts of the following forward models representing the physical properties of the head are presented:

- a) Spherical model
- b) Boundary element model
- c) Finite element model

Main types of focal and distributed inverse models will form the contents of the inverse part of the source localization procedure.

Exemplary application examples will show the complete processing chain from measurements and image acquisition to localization results.

Zu erbringende Prüfungsleistung

Oral exam (30 minutes)

Zu erbringende Studienleistung

None

Teilnahmevoraussetzung

None

Empfohlene Voraussetzung

None

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Siliziumbasierte Neurosonden / Silicon-based Neural Technology	11LE50MO-5116 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Oliver Paul	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Materialien der Mikrosystemtechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

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

Teilnahmevoraussetzung
none
Empfohlene Voraussetzung
Advanced Silicon Technologies for MEMS and IC

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Siliziumbasierte Neurosonden / Silicon-based Neural Technology	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 hours

Qualifikationsziel
Students will gain a detailed overview of silicon-based probes used in basic neuroscience research and their combination with alternative materials to provide the desired functionalities. Students will learn the basic requirements regarding system design and function, as well as the system-specific manufacturing technologies.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Siliziumbasierte Neurosonden / Silicon-based Neural Technology	11LE50MO-5116 PO 2021
Veranstaltung	
Siliziumbasierte Neurosonden / Silicon-based Neural Technology	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5116
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Materialien der Mikrosystemtechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	30
Selbststudium	60
Workload	90 hours

Inhalt
<ul style="list-style-type: none"> ■ Introduction - Basic requirements in neuroscience ■ Electrical probes ■ Fluidic probes ■ Optical probes ■ Chemotrodes ■ IC Technologies for Signal Amplification and Processing ■ Packaging and interconnection technologies
Zu erbringende Prüfungsleistung
Oral examination if there are 20 or fewer than 20 registered participants; written examination if there are more than 20 registered participants (minimum 60 and maximum 240 minutes). Details will be announced by the examiner in due time.
Zu erbringende Studienleistung
Regular attendance (2/3 of the sessions)
Literatur
current conference and journal articles
Teilnahmevoraussetzung
none

Empfohlene Voraussetzung

Advanced Silicon Technologies for MEMS and IC

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Technologien der Implantatfertigung / Implant Manufacturing Technologies	11LE50MO-5313 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr.-Ing. Thomas Stieglitz	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Biomedizinische Mikrotechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	3.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 hours
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
None

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Technologien der Implantatfertigung / Implant Manufacturing Technologies - Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 hours
Technologien der Implantatfertigung / Implant Manufacturing Technologies - Übung	Übung	Wahlpflicht		1.00	

Qualifikationsziel
<p>The aim of the module is to teach the physical and technological fundamentals for manufacturing electrically active implants, to become familiar with basic structures and elements as well as methods and processes for their manufacture. The theoretical engineering basis for understanding the function and failure modes of this type of implants is provided.</p> <p>The module teaches students of microsystems engineering the various, basic processes on the basis of which complex implants can be realized. The exercise supplements the theoretical knowledge with practical aspects and guides the independent application of the knowledge gained.</p>
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students of the M.Sc. programmes Microsystems Engg. and Mikrosystemtechnik (PO 2021) can select this module in the concentration area Biomedical Engineering (Biomedizinische Technik).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Technologien der Implantatfertigung / Implant Manufacturing Technologies	11LE50MO-5313 PO 2021
Veranstaltung	
Technologien der Implantatfertigung / Implant Manufacturing Technologies - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5313
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Biomedizinische Mikrotechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	45 hours
Selbststudium	45 hours
Workload	90 hours

Inhalt
<p>In the lecture Implant Manufacturing Technologies, knowledge and methods for the development of electrically active implants such as pacemakers or hearing prostheses (cochlear implants) are taught. Materials, components, systems and legal frameworks are presented. Clinically established (neuro-) implants as well as novel developments, which are still in the research phase, will be presented and critically discussed. The following topics will be covered during the lecture:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Overview of active implants & neuroprostheses in clinical and research settings. ■ Definitions and classification of electrically active implants ■ Biocompatibility testing and biostability (corrosion and degradation) ■ Electrodes ■ Design of electrically active implants (components, interfaces) ■ Silicone as material for encapsulation ■ Materials for hermetically sealed housings ■ Connections and joining techniques ■ Requirements for implant development and production (risk management, FMEA, production rooms, documentation) ■ Thin-film technology in implant development ■ Manufacturing of microimplants using the example of a BION <p>Finally, the learning content will be repeated together with the students in order to facilitate the preparation for the examination.</p>

Zu erbringende Prüfungsleistung
Written examination (90 minutes)
Zu erbringende Studienleistung
None
Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
None

Name des Moduls		Nummer des Moduls
Technologien der Implantatfertigung / Implant Manufacturing Technologies		11LE50MO-5313 PO 2021
Veranstaltung		
Technologien der Implantatfertigung / Implant Manufacturing Technologies - Übung		
Veranstaltungsart		Nummer
Übung		11LE50Ü-5313
Veranstalter		
Institut für Mikrosystemtechnik, Biomedizinische Mikrotechnik		
Fachbereich / Fakultät		
Institut für Mikrosystemtechnik		

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

Inhalt	
Zu erbringende Prüfungsleistung	
See lecture	
Zu erbringende Studienleistung	
None	
Teilnahmevoraussetzung	
none	

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Technologien der Implantatfertigung - Praktikum / Implant Manufacturing Technologies - Laboratory	11LE50MO-5314 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr.-Ing. Thomas Stieglitz	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Biomedizinische Mikrotechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 hours
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
Successful completion of the module "Technologien der Implantfertigung / Implant manufacturing technologies".
Empfohlene Voraussetzung
Basic knowledge in mathematics and sciences.

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Technologien der Implantatfertigung - Praktikum / Implant Manufacturing Laboratory	Praktikum	Wahlpflicht	3,0	4.00	90 hours

Qualifikationsziel
The aim of the module is to train the skills for manufacturing electrically active implants, to become familiar with basic structures and elements as well as methods and processes for their manufacture. The theoretical engineering basis for understanding the function and failure modes of this type of implants is complemented by practical skills and experience during own manufacturing of a demonstrator of an active implant.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students of the M.Sc. programmes Microsystems Engg. and Mikrosystemtechnik (PO 2021) can select this module in the concentration area Biomedical Engineering (Biomedizinische Technik).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Technologien der Implantatfertigung - Praktikum / Implant Manufacturing Technologies - Laboratory	11LE50MO-5314 PO 2021
Veranstaltung	
Technologien der Implantatfertigung - Praktikum / Implant Manufacturing Laboratory	
Veranstaltungsart	Nummer
Praktikum	11LE50P-5314
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Biomedizinische Mikrotechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	52 hours
Selbststudium	38 hours
Workload	90 hours

Inhalt
<p>In the course of the practical exercises, the students re-build the first generation of a neuroprosthetic device, a cochlear implant. Groups with a maximum of three persons manufacture the implant in structured learning units on their own under supervision at different manufacturing setups. The learning units include:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Laser marking and cutting ■ Screen printing ■ Hybrid implant assembly ■ Design of printed circuit boards ■ Development and etching of printed circuit boards ■ Cleansing and cleaning of substrates ■ Silicone encapsulation or electronic circuits ■ Packaging and sterilization ■ Technical implant function test
Zu erbringende Prüfungsleistung
Written test prior to each of the seven experiments. The module grade is the average of the marks obtained in the seven tests.
Zu erbringende Studienleistung
Mandatory attendance in the 12 sessions is required. In case of illness, an additional session is offered.

Teilnahmevoraussetzung

Successful completion of the module "Technologien der Implantfertigung / Implant manufacturing technologies".

Empfohlene Voraussetzung

Basic knowledge in mathematics and sciences.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Biointerfaces I - Basics for Bioanalytical Systems	11LE50MO-5406_1 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Jürgen Rühle	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Chemie und Physik von Grenzflächen	
Fachbereich / Fakultät	
Institut für Mikrosystemtechnik	

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

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
None

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Biointerfaces I - Basics for Bioanalytical Systems	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 hours
Biointerfaces I - Basics for Bioanalytical Systems	Prüfung	Wahlpflicht	3,0		

Qualifikationsziel
The learning objective is the understanding of the basic methods for the analysis of biomolecules and their technical requirements. The participant will acquire an understanding of methods of DNA analysis (e.g. PCR) and protein analysis (e.g. ELISA) and will be able to plan such analyses (equipment / execution).
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students of the M.Sc. programmes Microsystems Engg. and Mikrosystemtechnik (PO 2021) can select this module in the concentration area Biomedical Engineering (Biomedizinische Technik).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Biointerfaces I - Basics for Bioanalytical Systems	11LE50MO-5406_1 PO 2021
Veranstaltung	
Biointerfaces I - Basics for Bioanalytical Systems	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5406_1
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Chemie und Physik von Grenzflächen	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Präsenzstudium	30 hours
Selbststudium	60 hours
Workload	90 hours

Inhalt
<ul style="list-style-type: none"> ■ DNA analytics (enzymes / methods / devices) ■ Various PCR methods ■ DNA Fingerprinting ■ Protein analysis (enzymes / methods / devices) ■ Antibody based detection systems (ELISA)
Zu erbringende Prüfungsleistung
Written exam (90 minutes)
Zu erbringende Studienleistung
None
Literatur
Materials are provided via the ILIAS system. An ILIAS page will be created and made available to students before the start of lectures.
Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
None

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

Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
Benotung	A- Berechnung 1 NachK

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Gassensorik / Gas sensors_PO 2009_2	11LE50MO-5704 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Jürgen Wöllenstein	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Dünnschicht-Gassensorik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

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

Teilnahmevoraussetzung
Keine
Empfohlene Voraussetzung
keine

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Gassensorik / Gas sensors	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 Stunden

Qualifikationsziel
Das Ziel dieses Moduls ist die Vermittlung der physikalischen, chemischen, elektrischen Funktionsweise von Gassensoren. Dabei werden aufbauend auf den vermittelten Grundlagen typische Sensoranordnungen, Herstellungs-verfahren mit Fokus auf die Mikrosystemtechnik sowie Anwendungen der Sensoren in der Praxis vorgestellt. Die Studierenden sollen den Zusammen-hang zwischen den Messprinzip, Design, Fertigungsprozessen und dem Einsatz der Sensoren erlernen.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Studierende der Masterstudiengänge Microsystems Engineering und Mikrosystemtechnik (PO 2021) können dieses Modul im Vertiefungsbereich Photonik wählen.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Gassensorik / Gas sensors_PO 2009_2	11LE50MO-5704 PO 2021
Veranstaltung	
Gassensorik / Gas sensors	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5704
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Dünnschicht-Gassensorik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	deutsch
Präsenzstudium	30 Stunden
Selbststudium	60 Stunden
Workload	90 Stunden

Inhalt
<p>In der Vorlesung werden Gassensoren, die auf unterschiedlichsten, chemischen und physikalischen Prinzipien basieren, vorgestellt und deren Funktionsweise, Herstellung und Anwendung vermittelt. Gassensoren decken Massenmärkte mit sehr großen Stückzahlen ebenso ab, wie applikationsspezifische Sonderlösungen. Folgende wichtige Grundlagen für die Gassensorik werden diskutiert:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Wechselwirkung Gas-Halbleiter, Adsorption, Elektrische Auswirkungen von adsorbierten Gasen ■ Wärmeleitung u. -kapazität, Paramagnetismus von Gasen ■ Schwingungs- und Rotationsspektren im IR, Druck- und Dopplerverbreiterung, Linienformen ■ Interferometer, Schwarzkörperstrahlung, Elektrochemie <p>Folgende Bauelemente und Messsysteme werden vorgestellt:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Metalloxidgassensoren, Lambdasonde, Gassensitive Feldeffekttransistoren ■ Wärmeleitfähigkeitssensoren, Pelistoren ■ Paramagnetischer Sauerstoffsensoren ■ Optische Systeme (Laserspektrometer, Filterphotometer, Photoakustik, Wellenleiter), Fourier Transformations Infrarot Spektrometer ■ Elektrochemische Sensoren, Elektronische Nasen
Zu erbringende Prüfungsleistung
mündliche Abschlussprüfung (30 Minuten)

Zu erbringende Studienleistung
keine
Literatur
Begleitend zur Vorlesung wird ein Folien-Skriptum zur Verfügung gestellt.
Teilnahmevoraussetzung
Keine
Empfohlene Voraussetzung
Keine

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Lasers	11LE50MO-5266 PO 2021
Verantwortliche/r	
PD Dr. Ingo Breunig	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Optische Systeme	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 hours
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
It is recommended to have attended the "Micro-optics" lecture before attending this course.

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Lasers	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 hours

Qualifikationsziel
Lasers are versatile tools with a high relevance for microsystems engineering. In this course, the students gain knowledge about different types of lasers and their respective applications. They achieve a deeper understanding on the fundamentals of laser operation. Consequently, the participants will be able to
<ul style="list-style-type: none"> - Select an appropriate laser for a given task - Better design microsystems including lasers - Easier understand already existing systems
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students of the M.Sc. programmes Microsystems Engg. and Mikrosystemtechnik (PO 2021) can select this module in the concentration area Photonics (Photonik).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Lasers	11LE50MO-5266 PO 2021
Veranstaltung	
Lasers	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5266
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Optische Systeme	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	26 hours
Selbststudium	64 hours
Workload	90 hours

Inhalt
<ul style="list-style-type: none"> - Fundamentals of laser operation and basic setup - Resonator concepts and miniaturization concepts - Properties of different laser types (gas lasers, solid state lasers, semiconductor lasers) - Important operation modes (single frequency, short laser pulses) - Changing the color of laser light - Applications (analytics, 3d shape determination,...)
Zu erbringende Prüfungsleistung
Written examination (90 minutes)
Zu erbringende Studienleistung
None
Literatur
A. E. Siegman, "Lasers" D. Meschede, "Optics, Light and Lasers" A. Yariv, "Photonics: Optical Electronics in Modern Communications"
Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
It is recommended to have attended the "Micro-optics" lecture before attending this course.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Microscopy and Optical Image Formation	11LE50MO-5901 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Alexander Rohrbach	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Bio- und Nano-Photonik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	5.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	180 hours
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung
none
Empfohlene Voraussetzung
none

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Microscopy and Optical Image Formation	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	3.00	180 hours
Microscopy and Optical Image Formation	Übung	Wahlpflicht		2.00	

Qualifikationsziel
<p>The students shall understand how light can be guided through optical systems, how optical information can be described effectively by three-dimensional transfer functions in Fourier space, how the phase information of a wave can be transferred into amplitude information to produce image contrast. Furthermore, the students will learn to distinguish coherent and incoherent imaging techniques and learn about state-of-the-art techniques with self-reconstructing beams, two photon excitation, fluorophore depletion by stimulated emission (STED) or multi-wavelength mixing as in coherent anti-Stokes Raman scattering (CARS).</p> <p>This module is a application-oriented mixture of fundamental physics, conceivable mathematical theories and numerous examples and images and tries to convey the latest state of this particular scientific discipline, which will massively influence the areas of nanotechnology, biology and medicine in the next years.</p>
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students of the M.Sc. programmes Microsystems Engg. and Mikrosystemtechnik (PO 2021) can select this module in the concentration area Photonics (Photonik).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Microscopy and Optical Image Formation	11LE50MO-5901 PO 2021
Veranstaltung	
Microscopy and Optical Image Formation	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5901 ab 2020
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Bio- und Nano-Photonik	
Fachbereich / Fakultät	
Physikalisches Institut-VB Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	3.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	75 hours
Selbststudium	105 hours
Workload	180 hours

Inhalt
<p>1. Microscopy: History, Presence and Future</p> <p>1.1 History</p> <p>1.2 Present and Future Tasks</p> <p>1.3 Literature</p> <p>2. Wave- and Fourier-Optics</p> <p>2.1 What is Light?</p> <p>2.2 The change of Light in Matter</p> <p>2.3 Helmholtz equation and plane waves</p> <p>2.4 Wave functions in space and frequency domain</p> <p>2.5 Superposition of waves: Interference and Coherence</p> <p>2.6 Fourier-Optics</p> <p>2.7 Wave propagation and diffraction</p> <p>3. Three-dimensional optical imaging and information transfer</p> <p>3.1 Imaging through lenses</p> <p>3.2 Optical image formation – a spatial low-pass filtering</p> <p>3.3 Optical resolution and optical transfer function</p> <p>3.4 Coherent and incoherent imaging</p> <p>3.5 Vectorial light focusing</p> <p>3.6 Aberrations of the Point-Spread Function</p> <p>4. Contrast enhancement by Fourier-filtering</p>

- 4.1 Image formation with phase objects
- 4.2 Phase contrast according to Zernike
- 4.3 Dark field microscopy and amplitude spatial filters
- 4.4 Generating contrast by polarization
- 4.5 Holographic microscopy

- 5. Fluorescence – Basics and Techniques
 - 5.1 Definitions and principles of light scattering
 - 5.2 Fluorescence excitation und emission
 - 5.3 Decay rates and fluorescence lifetime
 - 5.4 Fluorescence Polarisation and Anisotropy

- 6. Point scanning and confocal microscopy
 - 6.1 Image formation with point- and area-detectors
 - 6.2 Confocal microscopy
 - 6.3 4pi Microscopy

- 7. Microscopy in thick media
 - 7.1 Photon diffusion in strongly scattering media
 - 7.2 Light Sheet Microscopy
 - 7.3 Microscopy with holographic scan beams
 - 7.4 Lattice light-sheet microscopy

- 8. Nearfield and Evanescent Field Microscopy
 - 8.1 The spectrum of near fields and farfields
 - 8.2 Nearfield Scanning Optical Microscopy (NSOM)
 - 8.3 Evanescent illumination and TIR- Microscopy

- 9. Super-resolution by structured illumination
 - 9.1 Modulated illumination to increase resolution
 - 9.2 Structured illumination for axial sectioning

- 10. Multi-Photon-Microscopy
 - 10.1 Basics of nonlinear optics
 - 10.2 Two-photon fluorescence microscopy
 - 10.3 Second Harmonic Generation-Microscopy
 - 10.4 CARS microscopy

- 11. Super-resolution imaging by switching single molecules
 - 11.1 Position tracking
 - 11.2 STED-Microscopy
 - 11.3 PALM and STORM
 - 11.4 Super-resolution optical fluctuation imaging (SOFI)

- 12. Appendix
 - 12.1 Signal and Noise
 - 12.2 Survey about super resolution microscopy

Zu erbringende Prüfungsleistung

Up to 6 students: oral exam (40 minutes)
7 or more students: written exam (120 minutes)

Zu erbringende Studienleistung

see tutorials

Literatur

An additional scriptum with defined blank areas (white boxes), accompanying the lecture contents, will be provided.

Teilnahmevoraussetzung
none
Empfohlene Voraussetzung
none

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Microscopy and Optical Image Formation	11LE50MO-5901 PO 2021
Veranstaltung	
Microscopy and Optical Image Formation	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5901 ab 2020
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Bio- und Nano-Photonik	
Fachbereich / Fakultät	
Physikalisches Institut-VB Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

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

Inhalt
The tutorials help the student to get a more in depth and thorough understanding of the lecture. Here, a special focus is put on the transfer of knowledge obtained in the lecture. To achieve this the students should prepare weekly exercises and present them during the tutorial. Only difficult exercises may be presented by the tutors.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Written or oral exam, depending on the number of participants.
Zu erbringende Studienleistung
In order to meet the requirements of the "Studienleistung", the students have to treat a minimum of 60% of the tutorial exercises, and additionally present minimum two exercises in the tutorials.
Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
None

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Nano-Photonik – Optische Manipulation und Partikeldynamik	11LE50MO-5281 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Alexander Rohrbach	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Bio- und Nano-Photonik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	5.0
Empfohlenes Fachsemester	4
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	180 h
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
Basic courses in mathematics and physics, foundations of optics

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Nano-Photonik – Optische Manipulation und Partikeldynamik	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	3.00	180 h
Nano-Photonik – Optische Manipulation und Partikeldynamik	Übung	Wahlpflicht		2.00	

Qualifikationsziel
<p>You think basic research and applied research cannot be well combined? You think that directing a laser pointer beam into a droplet of coffee results in infinitely complex physics, but explaining the physics therein is not good for anything? You want to learn complex physics of technologies that is of social benefit? If yes, this lecture can be interesting to you!</p> <p>In this lecture you will learn</p> <ul style="list-style-type: none"> - the direct relation from the Maxwell equations and the electromagnetic force density to optical forces and optical tweezers, which allowed to control molecular processes mainly in cellular biology and medicine - how photons transfer momentum to microscopic objects and how scattered photons transfer information about the state of the objects. In particular coherent light can encode extremely much information about the state of small objects, which, driven by thermal forces, continuously change their position and orientation relative to their environment. All this can be directly measured through μs-nm particle tracking.

- how smallest probes can interact on a molecular scale with their environment, which can be analyzed by correlations of changes in the probe's states. In this way, the interaction of probes with living cells gives new insights into cellular diseases. This includes not only bacterial and viral infections, but also exposure of particulate matter to lung cells.

Verwendbarkeit der Veranstaltung

Students of the M.Sc. programmes Microsystems Engg. and Mikrosystemtechnik (PO 2021) can select this module in the concentration area Photonics (Photonik).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Nano-Photonik – Optische Manipulation und Partikeldynamik	11LE50MO-5281 PO 2021
Veranstaltung	
Nano-Photonik – Optische Manipulation und Partikeldynamik	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5281
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Bio- und Nano-Photonik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	3.0
Empfohlenes Fachsemester	4
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	65 h
Selbststudium	115 h
Workload	180 h

Inhalt
1 Introduction 2 Light – Carrier of Information and Actor 3 Microscopy und Light Focussing 4 Light Scattering 5 Manipulation by Optical Forces 6 Particle Tracking beyond the UncertaintyRegime 7 Thermal Motion and Calibration 8 Photonic Force Microscopy 9 Applications in Biophysics and Medicine 10 Time-Multiplexing and holographic opticaltraps 11 Applications in Micro- and Nano-Technology 12 Appendix
Zu erbringende Prüfungsleistung
Written exam (120 minutes)
Zu erbringende Studienleistung
see exercise
Literatur
Accompanying to the lecture printed lecture notes with defined gaps (white boxes) are distributed.

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
Basic courses in mathematics and physics, foundations of optics

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Nano-Photonik – Optische Manipulation und Partikeldynamik	11LE50MO-5281 PO 2021
Veranstaltung	
Nano-Photonik – Optische Manipulation und Partikeldynamik	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5281
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Bio- und Nano-Photonik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	4
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalt
The tutorials help the students to get a more in depth and thorough understanding of the lecture. Here, a special focus is put on the transfer of knowledge obtained in the lecture. To achieve this the students should prepare weekly exercise and present them during the tutorial. Only difficult exercises are presented by the tutors.
Zu erbringende Prüfungsleistung
See lecture
Zu erbringende Studienleistung
The course work is considered succesfully passed when the student has submitted 60% of the exercises and demonstrated the solution of two assignments during the exercise sessions.
Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
Basic courses in mathematics and physics, foundations of optics

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Optik-Praktikum Grundlagen / Basic Optics Laboratory	11LE50MO-5213 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Hans Zappe	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Mikrooptik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 hours
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
BSc. level in physics and mathematics; MSc. course Micro-optics.

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Optik-Praktikum Grundlagen / Basic Optics Laboratory	Praktikum	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 hours

Qualifikationsziel
<p>The Basic Optics Laboratory provides an opportunity for hands-on experimentation on the topics introduced in the Micro-optics course. As a result, the students will develop expertise in the design, assembly and characterization of optical systems and become experienced in making optical measurements.</p> <p>At the completion of the course, the successful student should possess:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ the ability to analyze measurement data and estimate errors; ■ the ability to apply error propagation methods; ■ the ability to assemble and align optical systems; ■ a basic understanding of optical design methods; ■ the ability to apply optical measurement techniques; ■ the ability to apply analytical and graphical techniques for analyzing optical images.

Verwendbarkeit der Veranstaltung

Students of the M.Sc. programmes Microsystems Engg. and Mikrosystemtechnik (PO 2021) can select this module in the concentration area Photonics (Photonik).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Optik-Praktikum Grundlagen / Basic Optics Laboratory	11LE50MO-5213 PO 2021
Veranstaltung	
Optik-Praktikum Grundlagen / Basic Optics Laboratory	
Veranstaltungsart	Nummer
Praktikum	11LE50P-5213-2
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Mikrooptik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	4
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	26 hours
Selbststudium	64 hours
Workload	90 hours

Inhalt
<p>One laboratory experiment has been conceived for each of the important topics addressed in the Micro-optics course; a different experiment is performed each week of the laboratory course. The topics addressed include geometric, reflective, diffractive and fiber optics as well as Fourier optics, interference, diffraction and polarization. To allow adequate representation and analysis of the measured experimental data, the course begins with a compact mini-lecture on data analysis.</p> <p>Table of contents:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Statistics and data analysis 2. Error propagation 3. Focal length of lenses 4. Focal length of lens systems 5. Construction of a microscope 6. Diffraction from gratings 7. Newton's rings 8. Fiber optics 9. Construction of an interferometer 10. Polarization
Zu erbringende Prüfungsleistung
<p>A laboratory report is required for each of the 8 experiments. The overall grade will be the average of the grades of the individual laboratory reports. All experiments must be performed and a lab report written. In case of illness an amended date for the missed experiment will be offered.</p>

Zu erbringende Studienleistung
None
Literatur
<p>In German:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ E. Hecht: Optik ■ Walcher: Praktikum der Physik ■ Westphal: Physikalisches Praktikum ■ Geschke: Physikalisches Praktikum <p>In English:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ H. Zappe: Fundamentals of Micro-optics ■ E. Hecht: Optics ■ B. Saleh & M. Teich: Fundamentals of Photonics ■ S. Sinziger & J. Jahns: Microoptics ■ W. Smith: Modern Optical Engineering ■ P. Hariharan: Basics of interferometry ■ R.R. Shannon: The art and science of optical design ■ D. Malacara: Optical shop testing ■ W.J. Smith: Practical optical system layout
Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
BSc. level in physics and mathematics; MSc. course Micro-optics.
Bemerkung / Empfehlung
Participants in this laboratory course will work in groups on the ten experimental modules. Individual guidance will be in English and German according to preference. Instruction manuals in English and German will be made available.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Optik-Praktikum Fortgeschritten / Advanced Optics Laboratory	11LE50MO-5280 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Hans Zappe	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Mikrooptik-VB	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	30 hours
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung
Successful participation in the 'Basic Optics Laboratory' is a prerequisite.
Empfohlene Voraussetzung
None

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Optik-Praktikum Fortgeschritten / Advanced Optics Laboratory	Praktikum	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 hours

Qualifikationsziel
The students will develop advanced expertise in the design, assembly and characterization of optical systems and become experienced in understanding physics in optical systems.
At the completion of the course, the students will possess:
<ul style="list-style-type: none"> ■ the ability to design optical systems ■ the ability to assemble and align complex optical systems ■ the ability to analyze the properties of optical systems ■ an insight into modern optical experiments ■ advanced knowledge in analyzing experimental results ■ an understanding of physics in optical setups
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students of the M.Sc. programmes Microsystems Engg. and Mikrosystemtechnik (PO 2021) can select this module in the concentration area Photonics (Photonik).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Optik-Praktikum Fortgeschritten / Advanced Optics Laboratory	11LE50MO-5280 PO 2021
Veranstaltung	
Optik-Praktikum Fortgeschritten / Advanced Optics Laboratory	
Veranstaltungsart	Nummer
Praktikum	11LE50P-5217-2
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Mikrooptik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	30 hours
Selbststudium	60 hours
Workload	90 hours

Inhalt
<p>This advanced Optics Lab Course provides an opportunity for hands-on experimentation on topics introduced in the different optics courses at IMTEK. The course is based on the knowledge acquired in the 'Basic Optics Laboratory' which is a prerequisite.</p> <p>Table of contents:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Anamorphic imaging ■ Dynamically addressable gratings ■ Whispering gallery resonators ■ Michelson interferometer and coherence ■ Three dimensional light distribution in a 6f system ■ Diode pumped solid state laser
Zu erbringende Prüfungsleistung
A laboratory report is required for each of the 6 experiments. The overall grade will be the average of the grades of the individual laboratory reports. All experiments must be performed and a lab report written. In case of illness an amended date for the missed experiment will be offered.
Zu erbringende Studienleistung
None
Literatur
In German:

- Naumann/Schröder: Bauelemente der Optik
- E. Hecht: Optik
- Walcher: Praktikum der Physik
- Westphal: Physikalisches Praktikum
- Geschke: Physikalisches Praktikum

In English:

- H. Zappe: Fundamentals of Micro-optics
- Goodman: Introduction to Fourier Optics
- E. Hecht: Optics
- B. Saleh & M. Teich: Fundamentals of Photonics
- W. Smith: Modern Optical Engineering
- P. Hariharan: Basics of interferometry
- R.R. Shannon: The art and science of optical design
- W.J. Smith: Practical optical system layout

Teilnahmevoraussetzung

Successful participation in the 'Basic Optics Laboratory' is a prerequisite

Empfohlene Voraussetzung

None

Bemerkung / Empfehlung

Participants in this laboratory course will work in groups on the ten experimental modules. Individual guidance will be in English and German according to preference. Instruction manuals in English and German will be made available.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Optische Materialien / Optical Materials	11LE50MO-5113-2 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Karsten Buse	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Optische Systeme	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Albert-Ludwigs-Universität Freiburg	

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

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
It is strongly recommended to attend the Micro-optics lecture before attending this course.

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Optische Materialien / Optical Materials - Vorlesung	Vorlesung	Pflicht		2.00	180 hours
Optische Materialien / Optical Materials - Übung	Übung	Wahlpflicht		2.00	

Qualifikationsziel
Optical devices rely on optical materials that control the propagation (lenses, fibers), the polarization (half-wave plates, Faraday rotators), or the frequency (nonlinear-optical materials) of light. In this course, we will classify optical materials and cover the fundamentals of light-matter interaction as well as effects that are widely used in many applications. Our goal is to enable the participants to understand important optical devices from the material point-of-view and to qualify the attendees to select the right material for a particular application.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students of the M.Sc. programmes Microsystems Engg. and Mikrosystemtechnik (PO 2021) can select this module in the concentration area Photonics (Photonik).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Optische Materialien / Optical Materials	11LE50MO-5113-2 PO 2021
Veranstaltung	
Optische Materialien / Optical Materials - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5113
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Optische Systeme	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	60 hours
Selbststudium	120 hours
Workload	180 hours

Inhalt
<ol style="list-style-type: none"> 1. Classification of optical materials 2. Fabrication 3. Interaction of light and matter 4. Pulse propagation in dispersive materials 5. Birefringence 6. Faraday effect 7. Nonlinear-optical effects 8. Pockels effect 9. Kerr effect 10. Photorefractivity 11. Frequency conversion 12. Optical parametric oscillators 13. Optical whispering galleries
Zu erbringende Prüfungsleistung
Written exam (150 minutes)
Zu erbringende Studienleistung
None

Literatur
<ul style="list-style-type: none">■ B. E. A. Saleh, M. C. Teich, „Grundlagen der Photonik“■ A. Yariv, "Photonics: Optical Electronics in Modern Communications"
Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
It is strongly recommended to attend the Micro-optics lecture before attending this course.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Optische Materialien / Optical Materials	11LE50MO-5113-2 PO 2021
Veranstaltung	
Optische Materialien / Optical Materials - Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5113
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Optische Systeme	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

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

Inhalt
Zu erbringende Prüfungsleistung
See lecture
Zu erbringende Studienleistung
None
Teilnahmevoraussetzung
none

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Optische MEMS / Optical MEMS	11LE50MO-5240 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Hans Zappe	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik, Mikrooptik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	4
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 hours
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
It is strongly recommended to successfully complete the Micro-optics module before taking this course.

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Optische MEMS / Optical MEMS - Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 hours

Qualifikationsziel
<ul style="list-style-type: none"> ■ Theoretical understanding of fundamental optical phenomena exploited by the MOEMS technology ■ Acquisition of the essential skills necessary for the design, microfabrication, modeling, and characterization of MEMS/MOEMS components ■ A comprehensive knowledge of MOEMS based commercial systems and a basic understanding of the particular applications enabled by MOEMS
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students of the M.Sc. programmes Microsystems Engg. and Mikrosystemtechnik (PO 2021) can select this module in the concentration area Photonics (Photonik).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Optische MEMS / Optical MEMS	11LE50MO-5240 PO 2021
Veranstaltung	
Optische MEMS / Optical MEMS - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5240
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik, Mikrooptik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	4
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	26 hours
Selbststudium	64 hours
Workload	90 hours

Inhalt
<p>Module1: MOEMS Fundamentals</p> <ul style="list-style-type: none"> • Optics Review • MEMS Manufacturing Techniques • Actuators and Position Sensing • Design and Modeling • Test and Characterization <p>Module 2: MOEMS Devices</p> <ul style="list-style-type: none"> • Micromirrors • Tunable Gratings • Active Microlenses • Tunable Optical Resonators <p>Module 3: MOEMS Systems</p> <ul style="list-style-type: none"> • Display and Imaging Systems • MOEMS in Telecommunication Networks • Scientific Instrumentation
Zu erbringende Prüfungsleistung
Written exam (100 minutes)
Zu erbringende Studienleistung
none
Literatur
MEMS and MOEMS Related Books

- An Introduction to Microelectromechanical Systems Engineering by N. Maluf
- Microsystem Design by Stephen Senturia
- Micromachined Transducers Sourcebook by G. Kovacs
- Fundamentals of Microfabrication by Marc Madou
- Micro Electro Mechanical System Design by J. Allen
- Analysis and Design Principles of MEMS Devices by Minhang Bao
- The MEMS Handbook by Mohamed Gad-el-Hak
- MOEMS: Micro-Opto-Electro-Mechanical Systems by Manouchehr E. Motamedi
- Foundations of MEMS by Chang Liu
- MEMS & Microsystems by Tai-Ran Hsu

Scientific Journals

- Journal of Microelectromechanical Systems / IEEE
- Journal of Micromechanics and Microengineering / IOP
- Journal of Micro/Nanolithography, MEMS, and MOEMS / SPIE
- Microsystem Technologies / SPRINGER
- Sensors and Actuators A-Physical / ELSEVIER
- Applied Optics / OSA
- Optics Letters / OSA
- Optics Express / OSA
- Applied Physics Letters / AIP
- Journal of Biomedical Optics / SPIE

Teilnahmevoraussetzung

None

Empfohlene Voraussetzung

It is strongly recommended to successfully complete the Micro-optics module before taking this course.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Optische Messverfahren: Grundlagen und Anwendungen in der Praxis / Optical measurement techniques	11LE50MO-5710 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Karsten Buse	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Optische Systeme	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 hours
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
None

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Optische Messverfahren: Grundlagen und Anwendungen in der Praxis / Optical measurement techniques - Seminar	Seminar	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 hours

Qualifikationsziel
The students gain knowledge about different optical measurement techniques for shape determination of objects or for material characterization. They achieve a deeper understanding of the physical background. Consequently, the participants are able to estimate the fundamental and technological limitations of the methods presented. This enables the students to select an appropriate optical measurement technique for a given task. Furthermore, the participants get trained in preparing and presenting excellent talks.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Students of the M.Sc. programmes Microsystems Engg. and Mikrosystemtechnik (PO 2021) can select this module in the concentration area Photonics (Photonik).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Optische Messverfahren: Grundlagen und Anwendungen in der Praxis / Optical measurement techniques	11LE50MO-5710 PO 2021
Veranstaltung	
Optische Messverfahren: Grundlagen und Anwendungen in der Praxis / Optical measurement techniques - Seminar	
Veranstaltungsart	Nummer
Seminar	11LE50V-5710
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Optische Systeme	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	26 hours
Selbststudium	64 hours
Workload	90 hours

Inhalt
<p>During the first meeting the organizers will present a list of topics from which each active participant of the seminar can select one. For each topic literature will be provided. Starting with this material the active participants of the seminar will familiarize themselves with the content. This will be done by discussions as well as by further literature search. Based on the accumulated knowledge, an outline for talks will be made and finally the viewgraphs will be prepared. Then the talk will be presented in the seminar. Typical duration of the talk is 30 minutes. After the talk there will be a discussion about the content. And as a second part of the discussion technical issues of the talk will be analyzed. Finally, a short written summary of the talk will be prepared. Talks can be given in German or English.</p> <p>This semester, the following topics are available:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 3d-shape determination ■ Optical microresonators for sensing ■ Terahertz waves for material characterization ■ Photoacoustic spectroscopy ■ Laser spectroscopy ■ Fluorescence spectroscopy ■ and more

Zu erbringende Prüfungsleistung
Written composition and oral presentation
Zu erbringende Studienleistung
None
Literatur
The advisor will provide literature as a starting package.
Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
None

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Optical metrology for quality assurance in sustainable production	11LE68MO-4305 PO 2021
Verantwortliche/r	
Dr. Daniel Carl	
Veranstalter	
Institut für Nachhaltige Technische Systeme-VB	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

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

Teilnahmevoraussetzung
Keine
Empfohlene Voraussetzung
Fundamental knowledge about photonics

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Optical metrology for quality assurance in sustainable production	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2.00	90h

Qualifikationsziel
<p>Metrology plays for the majority of manufacturers one of the most important roles in quality control, being essential to avoid production of “non-good” parts and hence to stop wasting of energy, materials, and productivity. Here optics helps to make efficient use of resources and to produce high-quality parts and goods that finally really work for a long period of use. This are immediate benefits for a more sustainable world. Since here economic and environmental aspects are in line, penetration of this technology is happening. The key is to identify the chances and to develop the tailored, reliable optical metrology to do this job.</p> <p>Within this context, the lecture gives insights into the fundamental principles and methods of optical metrology for production control.</p> <p>In detail, the students will learn</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Basic principles of geometrical optical measurements, ■ Fundamentals of wave optics, ■ Operation of optical sensors, ■ Principles of digital data/image processing,

<ul style="list-style-type: none"> ■ Different optical measurement methods and their applications. ■ Schematics to identify opportunities to improve the efficiency of production processes by optical metrology
Lernziele / Lernergebnisse
Zu erbringende Prüfungsleistung
Schriftliche Abschlussprüfung / written supervised exam.
Zu erbringende Studienleistung
Keine / none.
Benotung
Die Modulnote errechnet sich zu 100% aus der schriftlichen Abschlussprüfung.
Zusammensetzung der Modulnote
<ul style="list-style-type: none"> ■ Master of Science im Fach Sustainable Systems Engineering, Prüfungsordnungsversion 2016: Die Modulnote wird nach ECTS-Punkten einfach gewichtet in die Gesamtnote eingerechnet.
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> - LEACH, Richard (Hg.). Optical measurement of surface topography. Berlin: Springer, 2011. - Saleh, Bahaa EA, and Malvin Carl Teich. Fundamentals of photonics. John Wiley & Sons, 2019.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
<p>Wahlmodul für Studierende des Studiengangs / Elective module for students in the programme</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Master of Science in Sustainable Systems Engineering <ul style="list-style-type: none"> -Resilienz / Resilience Engineering ■ Students of the M.Sc. programmes Microsystems Engg. and Mikrosystemtechnik (PO 2021) can select this module in the concentration area Photonics (Photonik).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Optical metrology for quality assurance in sustainable production	11LE68MO-4305 PO 2021
Veranstaltung	
Optical metrology for quality assurance in sustainable production	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE68V-4305
Veranstalter	
Institut für Nachhaltige Technische Systeme-VB	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	unregelmäßig
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	26 Stunden
Selbststudium	64 Stunden
Workload	90h

Inhalt
<ul style="list-style-type: none"> - Basic principles of geometrical optical measurements - Fundamentals of wave optics - Optical Sensors - Overview of optical measurement principles and their applications - Incoherent methods (Triangulation, Fringe projection, ...) - Coherent methods (Interferometry, Speckle, Holography, ...) - Confocal methods - Examples for successful implementation of optical metrology in industry, with economical and sustainability win-win situations <p>The lecture includes an excursion to production control laboratories at Fraunhofer IPM.</p>
Qualifikationsziel
<p>Metrology plays for the majority of manufacturers one of the most important roles in quality control, being essential to avoid production of “non-good” parts and hence to stop wasting of energy, materials, and productivity. Here optics helps to make efficient use of resources and to produce high-quality parts and goods that finally really work for a long period of use. This are immediate benefits for a more sustainable world. Since here economic and environmental aspects are in line, penetration of this technology is happening. The key is to identify the chances and to develop the tailored, reliable optical metrology to do this job. Within this context, the lecture gives insights into the fundamental principles and methods of optical metrology for production control.</p> <p>In detail, the students will learn</p> <ul style="list-style-type: none"> - Basic principles of geometrical optical measurements,

<ul style="list-style-type: none"> - Fundamentals of wave optics, - Operation of optical sensors, - Principles of digital data/image processing, - Different optical measurement methods and their applications. - Schematics to identify opportunities to improve the efficiency of production processes by optical metrology
Lernziele / Lernergebnisse
<p>Metrology plays for the majority of manufacturers one of the most important roles in quality control, being essential to avoid production of “non-good” parts and hence to stop wasting of energy, materials, and productivity. Here optics helps to make efficient use of resources and to produce high-quality parts and goods that finally really work for a long period of use. This are immediate benefits for a more sustainable world. Since here economic and environmental aspects are in line, penetration of this technology is happening. The key is to identify the chances and to develop the tailored, reliable optical metrology to do this job. Within this context, the lecture gives insights into the fundamental principles and methods of optical metrology for production control.</p> <p>In detail, the students will learn</p> <ul style="list-style-type: none"> - Basic principles of geometrical optical measurements, - Fundamentals of wave optics, - Operation of optical sensors, - Principles of digital data/image processing, - Different optical measurement methods and their applications. - Schematics to identify opportunities to improve the efficiency of production processes by optical metrology
Zu erbringende Prüfungsleistung
Written supervised exam.
Zu erbringende Studienleistung
Keine / None.
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> - LEACH, Richard (Hg.). Optical measurement of surface topography. Berlin: Springer, 2011. - Saleh, Bahaa EA, and Malvin Carl Teich. Fundamentals of photonics. John Wiley & Sons, 2019.
Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
Fundamental knowledge about photonics
Zielgruppe
M.Sc. SSE Students

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Optoelektronik / Optoelectronics	11LE50MO-5229 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Hans Zappe	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Mikrooptik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	4
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 hours
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
Successful completion of the module "Micro-optics"/"Mikrooptik".
Empfohlene Voraussetzung
BSc. level physics and mathematics; MSc course Micro-optics

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Optoelektronik / Optoelectronic	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 hours

Qualifikationsziel
<p>Optoelectronics is situated at the overlap between optics and electronics and forms the core of the field of photonics. Lasers and LEDs are essential optical semiconductor devices which form the basis for technologies ranging from world-wide high-speed optical data networks to advanced medical instrumentation to high-efficiency indoor lighting.</p> <p>This course covers the optoelectronics field and introduces the student to the physical principles underlying lasers and quantum light emission; the III-V materials on which almost all optoelectronic components are based; the structure and functionality of laser diodes, LEDs, photodetectors and modulators; and a wide variety of applications for optoelectronic components.</p> <p>At the completion of the course, the successful student should possess:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ the ability to understand and analyze the essential properties of lasers; ■ the ability to understand and analyze the essential properties of photodetectors and modulators; ■ an understanding of the basics of III-V materials and their fabrication;

- an awareness of the important physical phenomena on which optoelectronics relies;
- a basic understanding of the physical processes underlying quantum electronics;
- the ability to understand and apply optoelectronic components to microsystems applications;
- the ability to research, plan, and write a technical paper of a standard required for a scientific publication.

Verwendbarkeit der Veranstaltung

Students of the M.Sc. programmes Microsystems Engg. and Mikrosystemtechnik (PO 2021) can select this module in the concentration area Photonics (Photonik).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Optoelektronik / Optoelectronics	11LE50MO-5229 PO 2021
Veranstaltung	
Optoelektronik / Optoelectronic	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5229
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Mikrooptik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	4
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	26 hours
Selbststudium	64 Stunden
Workload	90 hours

Inhalt
<p>The course considers optoelectronics from the basic photonic and electronic processes, through the materials required, to the individual structures and functionality of the most essential optoelectronic components.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Light – wave properties 2. Light – quantum properties 3. Laser resonators 4. Materials and fabrication 5. Macroscopic lasers 6. Light-emitting diodes 7. Semiconductor lasers 8. Laser diode characterization 9. Photodetectors and solar cells 10. Optical modulators 11. Photonic integrated circuits 12. Magneto-, acousto- and non-linear optics 13. Applications in data communications, medicine, lighting and data storage
Zu erbringende Prüfungsleistung
To receive credit for the course, the student will be required to research, write and submit a three-page written paper, using the style of international scientific journals, on a topic related to optoelectronics.

Zu erbringende Studienleistung
To receive credit for the course, the student must earn at least 25 points on the lecture quizzes (10 quizzes, maximum 3 points each)
Literatur
<ul style="list-style-type: none">■ A. Yariv: Optical Electronics■ A. Siegmann: Lasers■ H. Zappe: Laser Diode Microsystems■ M. Fukuda: Optical Semiconductor Devices W.T. Silfvast: Laser Fundamentals
Teilnahmevoraussetzung
Successful completion of the module "Micro-optics"/"Mikrooptik".
Empfohlene Voraussetzung
BSc. level physics and mathematics; MSc course Micro-optics

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Spektroskopische Methoden	11LE50MO-5717 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Jürgen Wöllenstein	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Dünnschicht-Gassensorik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	90 Stunden
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
keine
Empfohlene Voraussetzung
keine

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Spektroskopische Methoden	Vorlesung	Wahlpflicht	3,0	2.00	90 Stunden

Qualifikationsziel
Das Ziel des Moduls ist die Vermittlung der physikalischen Grundlagen und Bauteile moderner spektroskopischer Systeme. Dabei werden aufbauend auf den vermittelten Grundlagen typische Systeme, Modultechnologien und Anwendungen vorgestellt. Die Studierenden sollen die Funktionsweise und den Aufbau spektroskopischer Geräte verstehen und deren Anwendungsgebiete und Anforderungen erlernen.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Studierende der Masterstudiengänge Microsystems Engineering und Mikrosystemtechnik (PO 2021) können dieses Modul im Vertiefungsbereich Photonik wählen.

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Spektroskopische Methoden	11LE50MO-5717 PO 2021
Veranstaltung	
Spektroskopische Methoden	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5717
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Dünnschicht-Gassensorik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3,0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	deutsch
Präsenzstudium	26 Stunden
Selbststudium	64 Stunden
Workload	90 Stunden

Inhalt
Spektroskopische Anwendungen finden sich einer Vielzahl von Industrien, der Anwendungsorientierten- und Grundlagenforschung. In der Vorlesung wird ein Verständnis der physikalischen Grundlagen der verschiedenen Spektroskopietechniken und häufig verwendeten Komponenten vermittelt. Der Stand der Technik der verschiedenen Systeme wird vorgestellt.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Schriftliche oder mündliche Abschlussprüfung
Zu erbringende Studienleistung
keine
Literatur
Begleitend zur Vorlesung werden die verwendeten Folien zur Verfügung gestellt.
Teilnahmevoraussetzung
keine
Empfohlene Voraussetzung
keine

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Wellenoptik / Wave Optics	11LE50MO-5221 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Alexander Rohrbach	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Bio- und Nano-Photonik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	5.0
Empfohlenes Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Workload	180 hours
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
None

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Workload
Wellenoptik / Wave Optics	Vorlesung	Wahlpflicht	6,0	3.00	180 hours
Wellenoptik / Wave Optics	Übung	Wahlpflicht		2.00	

Qualifikationsziel
The students understand how light interacts with small structures and how optical systems guide light. They know Maxwell's equations and the description of light as photon or wave, depending on the given problem. Furthermore, they understand the close connection between spatial and temporal coherence, interference and holography. The students also know the concepts of linear and non-linear light scattering, as well as the most important plasmonic effects. In total, the students know how to shape light in three dimensions and how optical problems that arise in research and development are solved.
Verwendbarkeit der Veranstaltung
Dieses Modul ist u.a. für Studierende des Bachelor of Science Mikrosystemtechnik (PO 2018), im Wahlpflichtbereich, Bereich MST verwendbar. Students of the M.Sc. programmes Microsystems Engg. and Mikrosystemtechnik (PO 2021) can select this module in the concentration area Photonics (Photonik).

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Wellenoptik / Wave Optics	11LE50MO-5221 PO 2021
Veranstaltung	
Wellenoptik / Wave Optics	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5221
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Bio- und Nano-Photonik	
Fachbereich / Fakultät	
Physikalisches Institut-VB Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	6,0
Semesterwochenstunden (SWS)	3.0
Empfohlenes Fachsemester	4
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Präsenzstudium	65 hours
Selbststudium	115 hours
Workload	180 hours

Inhalt
<p>--- in English ---</p> <p>We do not really know what light is, although the concepts to describe light as waves or as particles usually work well. It is a nontrivial task to explain the colorful intensity distributions we see every day, i.e. the interactions of light with matter. Controlling light on the macroscale and the nanoscale is the key for generating impact in research, development and industry. However, this requires a thorough understanding of wave optics and its powerful theoretical instrument, the description by Fourier transforms.</p> <p>This english lecture is accompanied by many live experiments and by weekly tutorials, where exercises are discussed that students have to calculate from one week to the next.</p> <p>The new lecture is a fusion of the two former lectures "Moderne Optik I & II" and is now organized in 6 chapters.</p> <p>1. Introduction Some motivation, literature and a bit of history</p> <p>2. From Electromagnetic Theory to Optics What is light ? Which illustrative pictures do the Maxwell equations provide? If matter, dielectric and metallic, consists of coupled, damped springs (harmonic oscillators), how does matter depend on the frequency of light ? What do the wave equation and the Helmholtz equation express and how can one handle waves in position space and frequency space.</p> <p>3. Fourier-Optics</p>

How does a wave transform position information into directional information? Why can this be well described by Fourier transformations in 1D, 2D and 3D? What has this to do with linear optical system theory including spatial frequency filters and the sampling theorem?

4. Wave-optical Light Propagation and Diffraction

Different methods are introduced of how to describe the propagation of waves in position space and frequency space. We do the direct transfer from propagation to diffraction of light and momentum space. We treat evanescent waves, thin diffracted objects, the propagation of light in inhomogeneous media and the diffraction at gratings. This allows to discuss important active elements such as acousto-optic and spatial light modulators. We end with adaptive optics and phase conjugation.

5. Interference, Coherence and Holography

We learn how a composition of k-vectors define the phases of interfering waves and the resulting stripe patterns. The relative phases of each partial wave in space and time change the interference significantly and define the coherence of light - these concepts will be discussed in detail. We learn how to write and read phase information in holography.

6. Light Scattering and Plasmonics

The interaction of light with matter is based on particle scattering: we discuss the theoretical concepts of light scattering on the background of Fourier theory. We extend these approaches to photon diffusion, nonlinear optics, fluorescence and Raman scattering or scattering at semiconductor quantum dots - which are all hot topics in modern Photonics. A big emphasis is put on the description of surface plasmons and particle plasmons, where light can be extremely confined.

1. Introduction

1.1. Motivation

1.2. Literatur

1.3. A bit of history

2. From Electromagnetic Theory to Optics

2.1. What is Light?

2.2. The Maxwell-equations

2.3. The change of Light in Matter

2.4. Wave equation and Helmholtz equation

2.5. Waves in position space and frequency space

3. Fourier-Optics

3.1. Introduction

3.2. The Fourier-Transformation

3.3. Linear Optical Systems

3.4. Spatial frequency filters

3.5. The Sampling Theorem

4. Wave-optical Light Propagation and Diffraction

4.1. Paraxial light propagation by Gaussian beams

4.2. Wave Propagation and Diffraction

4.3. Evanescent waves

4.4. Diffraction at thin Phase and Amplitude Objects

4.5. Light Propagation in inhomogeneous Media

4.6. Diffraction at gratings

4.7. Acousto Optics

4.8. Spatial Light Modulators

4.9. Adaptive Optics and Phase Conjugation

5. Interference, coherence and holography

5.1. Some Basics

5.2. Interferometry

5.3. Foundations of Coherence Theory

5.4. Principles of Holography

6. Light Scattering and Plasmonics

5.5. Scattering of light at particles

5.6. Photon Diffusion

5.7. Basics of Nonlinear Optics

5.8. Fluorescence und Raman-scattering

--- in Deutsch ---

Wir wissen nicht wirklich was Licht ist, obwohl die physikalischen Konzepte um Licht als Welle oder als Partikel zu beschreiben, sehr effizient funktionieren. Oft sind jedoch die quantitativen Beschreibungen von farbevollen Intensitätsverteilungen, die wir alltäglich sehen können, recht kompliziert zu erfassen. Hierbei ist die Kontrolle von Licht, auf makroskopischer und nanoskaliger Ebene der Schlüssel zu eindrucksvollen Ergebnissen und Entdeckungen, die sowohl in der Wissenschaft als auch in der Industrie erzielt werden. In der Vorlesung „Wellenoptik“ werden wir theoretische Werkzeuge, wie beispielsweise die Fourier-Transformation, detailliert besprechen und auf diese Weise Schritt für Schritt ein tiefgründiges Verständnis der Wellenoptik erarbeiten. Die Vorlesung wird begleitet von vielen Experimenten und Übungen welche den Vorlesungsstoff vertiefen und in wöchentlichen Tutoraten besprochen werden.

1. Einleitung

Motivation, weiterführende Literatur und eine kleine Historie.

2. Von der elektromagnetischen Theorie zur Optik

Was ist Licht? Welches illustrative Bild zeichnen die Maxwell Gleichungen? Wenn dielektrische und metallische Materie als gedämpfte Federn beschrieben werden kann, wie ist der Zusammenhang zwischen Material und der Wellenlänge des einfallenden Lichts? Was sagen die Wellengleichung und die Helmholtz Gleichung aus? Wie können Wellen im Orts- und im Frequenzraum beschrieben werden?

3. Fourier-Optik

Wie verändert eine Welle eine Positionsinformation in eine Richtungsinformation? Was ist die Beziehung zur Fourier-Transformationen in 1D, 2D und 3D? Wie steht dies im Zusammenhang mit linearer optischer Systemtheorie, Raumfiltern und dem Abtasttheorem?

4. Wellenoptik, Lichtausbreitung und Beugung

Verschiedene Methoden werden vorgestellt wie die Lichtausbreitung im Orts- und im Frequenzraum beschrieben werden können. Wir stellen den direkten Transfer zwischen Lichtausbreitung und Beugung von Licht her. Wir behandeln evaneszente Wellen, dünne beugende Objekte, die Lichtausbreitung in inhomogenen Medien als auch die Impulserhaltung an optischen Gittern. Dies ermöglicht uns wichtige aktive optische Elemente wie zum Beispiel akusto-optische Modulatoren und SLMs zu diskutieren. Dieses Kapitel endet mit den Themen, adaptive Optik und Phasenkonjugation.

5. Interferenz, Kohärent und Holographie

Wir lernen wie die Komposition von k -Vektoren die Phase interferierender Wellen und die daraus resultierenden Streifenmuster definieren. Die relative Phase einer jeden Teilwelle in Raum und Zeit verändern hierbei die Interferenz signifikant und definieren die Kohärenz des Lichts; Diese Konzepte werden detailliert diskutiert. Wir lernen wie Phaseninformation mittels Holographie gelesen und geschrieben werden kann.

6. Lichtstreuung und Plasmonik

Die Interaktion von Licht mit Materie basiert auf der Partikel-Streuung: Wie diskutieren die theoretischen Konzepte der Lichtstreuung im Bezug auf die Fourier-Theorie. Wir erweitern diese Herangehensweise zur Photonendiffusion, nichtlinearer Optik, Fluoreszenz und Raman Streuung als auch Streuung an Halbleitern – alles brandaktuelle Themen in der modernen Photonik. Ein großer Schwerpunkt wird hierbei auf die Beschreibung von Oberflächenplasmonen und Partikelplasmonen gelegt. Hier kann Licht räumlich, extrem beschränkt werden.

1. Einleitung

1.1. Motivation

1.2. Literatur

1.3. Etwas Historie

2. Von der elektromagnetischen Theorie zur Optik

2.1. Was ist Licht?

2.2. Die Maxwell-Gleichungen

2.3. Die Veränderung von Licht in Materie

2.4. Wellengleichung & Helmholtzgleichung

2.5. Wellen im Orts- und Frequenzraum

- 3. Fourier-Optik
 - 3.1. Einleitung
 - 3.2. Die Fourier-Transformation
 - 3.3. Linear-optische Systeme
 - 3.4. Raumfilter
 - 3.5. Das Sampling Theorem
- 4. Wellenoptische Lichtausbreitung und Beugung
 - 4.1. Paraxiale Lichtausbreitung und Gauss-Strahlen
 - 4.2. Wellenausbreitung und Beugung
 - 4.3. Evaneszente Wellen
 - 4.4. Beugung an dünnen Phasen- und Amplitudenobjekten
 - 4.5. Lichtausbreitung in inhomogenen Medien
 - 4.6. Beugung an gittern
 - 4.7. Acousto-Optik
 - 4.8. Spatale Lichtmodulatoren
 - 4.9. Adaptive Optik und Phasenkonjugation
- 5. Interferenz, Kohärenz und Holographie
 - 5.1. Grundlagen
 - 5.2. Interferometrie
 - 5.3. Grundlagen der Kohärenz-Theorie
 - 5.4. Prinzipien der Holographie
- 6. Lichtstreuung und Plasmonik
 - 5.5. Streuung von Licht an Partikeln
 - 5.6. Photonen Diffusion
 - 5.7. Grundlagen nichtlinearer Optik
 - 5.8. Fluoreszenz und Raman-Streuung
 - 5.9. Fluoreszierende Quantum-Dots
 - 5.10. Oberflächenplasmone and Partikelplasmone

Zu erbringende Prüfungsleistung

For 6 or less students oral exam (40 min.), for 7 or more students written exam (120 min.)

Zu erbringende Studienleistung

see exercise

Literatur

Lecture notes with defined voids (white boxes) will be provided.

Teilnahmevoraussetzung

None

Empfohlene Voraussetzung

None

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Wellenoptik / Wave Optics	11LE50MO-5221 PO 2021
Veranstaltung	
Wellenoptik / Wave Optics	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5221
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik, Bio- und Nano-Photonik	
Fachbereich / Fakultät	
Physikalisches Institut-VB Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Empfohlenes Fachsemester	4
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalt
During the exercise sessions the content of the lecture will be discussed in-depth and consolidated. In particular, students will be taught to transfer the acquired knowledge. The weekly exercise sheets have to be solved within a week and during the exercise sessions students will take turns in demonstrating their solutions on the blackboard, or - in the case of difficult assignments - the solution will be demonstrated by the tutor.
Zu erbringende Prüfungsleistung
see lecture
Zu erbringende Studienleistung
The course work is considered successfully passed when the student has submitted 60% of the exercises and demonstrated the solution of two assignments during the exercise sessions.
Teilnahmevoraussetzung
None
Empfohlene Voraussetzung
None