

31. März 2024

**Master of Science (M. Sc.) *Mikrosystemtechnik***  
**Gemäß der Prüfungsordnung von 2021**



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

## Inhalt

<b>KURZBESCHREIBUNG STUDIENGANG UND LEHREINHEIT .....</b>	<b>3</b>
<b>KURZBESCHREIBUNG .....</b>	<b>3</b>
<b>LEHREINHEIT INSTITUT FÜR MIKROSYSTEMTECHNIK / IMTEK .....</b>	<b>5</b>
<b>PROFESSUREN UND NACHWUCHSGRUPPEN AM IMTEK .....</b>	<b>5</b>
<b>PROFIL DES STUDIENGANGS QUALIFIZIERUNGSZIELE.....</b>	<b>7</b>
<b>PROFIL .....</b>	<b>7</b>
<b>QUALIFIZIERUNGSZIELE .....</b>	<b>8</b>
<b>AUFFÜHRUNG VON BESONDERHEITEN.....</b>	<b>9</b>
<b>STRUKTUR, SPEZIALISIERUNGEN &amp; VERTIEFUNGSBEREICHE .....</b>	<b>10</b>
<b>PFLICHT- UND WAHLPFLICHTBEREICHE .....</b>	<b>10</b>
<b>BEREICH MIKROSYSTEMTECHNIK VERTIEFUNG UND SPEZIALISIERUNG .....</b>	<b>11</b>
<b>BEREICH INDIVIDUELLE ERGÄNZUNG UND VERTIEFUNG.....</b>	<b>12</b>
<b>MASTERMODUL.....</b>	<b>12</b>
<b>MUSTERSTUDIENVERLAUF .....</b>	<b>13</b>
<b>LEHR- UND LERNFORMEN .....</b>	<b>14</b>
<b>ERLÄUTERUNG DES PRÜFUNGSYSTEMS.....</b>	<b>15</b>
<b>PRÜFUNGSARTEN .....</b>	<b>15</b>
<b>VEREINHEITLICHUNG DES PRÜFUNGSYSTEMS.....</b>	<b>15</b>
<b>GLOSSARY .....</b>	<b>17</b>
<b>MODULHANDBUCH: BESCHREIBUNGEN ALLER MODULE IN HISINONE .....</b>	<b>18</b>
<b>EDITORIAL .....</b>	<b></b>

# KURZBESCHREIBUNG STUDIENGANG UND LEHREINHEIT

## Kurzbeschreibung

Universität	Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Fakultät	Technische Fakultät
Institut Lehreinheit	Institut für Mikrosystemtechnik, IMTEK
Fach	Mikrosystemtechnik (MST)
Abschluss	Master of Science (M.Sc.)
Studiendauer	4 Semesters / 2 Jahre, Regelstudienzeit
Art des Studiengangs	Weiterführender, konsekutiver Vollzeitstudiengang
Umfang in ECTS	120 ECTS-Punkte
Sprachen	Deutsch (Pflicht- und Wahlpflicht-Veranstaltungen) Englisch (Wahlveranstaltungen)
Kurzprofil	Der Masterstudiengang Mikrosystemtechnik ist konsekutiv und forschungsorientiert. Er richtet sich an AbsolventInnen von Bachelorstudiengängen der Ingenieurwissenschaften, die bereits erhebliche Vorkenntnisse in der Mikrosystemtechnik erworben haben. Der Studiengang umfasst daher nur ein elementares Pflichtprogramm. Der Schwerpunkt liegt auf der Vermittlung vertiefter Kenntnisse in den vier Spezialisierungen Biomedizinische Technik, Materialien und Prozesse, Photonische Technologien sowie Schaltungen und Systeme.
Ausbildungsziele/ Qualifikationsziele	Die Studierenden werden dazu befähigt, bei ihrer späteren ingenieurwissenschaftlichen Tätigkeit mikrosystemtechnische Lösungen zu erforschen, zu entwickeln und anzuwenden. Der erfolgreiche Abschluss des Masterstudiums qualifiziert für eine akademische Karriere im Bereich Forschung und Entwicklung ebenso wie für eine ingenieurwissenschaftliche Tätigkeit in der Industrie, in Forschungsorganisationen oder bei staatlichen Behörden.

Zulassungsvoraussetzungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ein erster Abschluss mit einem Notendurchschnitt von mindestens 2,9 an einer deutschen Hochschule in einem Bachelorstudiengang im Fach Mikrosystemtechnik oder in einem gleichwertigen mindestens dreijährigen Studiengang an einer deutschen oder ausländischen Hochschule</li> <li>• im Rahmen des zum ersten Abschluss führenden Hochschulstudiums erworbene Vorkenntnisse im Umfang von mindestens 25 ECTS-Punkten im Fach Mikrosystemtechnik, mindestens 40 ECTS-Punkten in den Bereichen Elektrotechnik und Materialwissenschaften sowie 50 ECTS-Punkten in den Bereichen Mathematik, Physik und Chemie.</li> <li>• Kenntnisse der deutschen Sprache, die mindestens dem Niveau C1 des Gemeinsamen europäischen Referenzrahmens für Sprachen entsprechen, sowie Kenntnisse der englischen Sprache, die mindestens dem Niveau B2 des Gemeinsamen europäischen Referenzrahmens für Sprachen entsprechen. Bewerber*innen, die keine Deutschkenntnisse haben oder ein Deutschniveau, das unter C1 liegt, müssen Englischkenntnisse vom Niveau C1 nachweisen.</li> </ul>
Studienbeginn/ Einschreibung	Wintersemester und Sommersemester
Weitere Informationen	<a href="http://www.tf.uni-freiburg.de/de/studienangebot/mikrosystemtechnik/m-sc-mikrosystemtechnik">http://www.tf.uni-freiburg.de/de/studienangebot/mikrosystemtechnik/m-sc-mikrosystemtechnik</a>

## Lehreinheit Institut für Mikrosystemtechnik / IMTEK

Das 1995 gegründete Institut für Mikrosystemtechnik (IMTEK) umfasst 21 Professuren, etwa 370 wissenschaftliche Mitarbeiter sowie etwa 650 Studierende. Es gehört damit zu den weltweit größten und führenden akademischen Forschungszentren auf dem Gebiet der Mikrosystemtechnik. Unser Forschungsgebiet ist die Mikrosystemtechnik. Diese ermöglicht bessere und intelligentere Produkte. Damit wird unser aller Leben gesünder, sicherer, komfortabler und vielseitiger. Unsere Forschungsschwerpunkte sind: Energieautonome Mikrosysteme, Smart Systems Integration, Lab-on-a-Chip, Medizinische Mikrosysteme, Smarte Materialien, Oberflächen und Prozesse, Optische Systeme sowie Mikrosysteme für nachhaltige Energietechnik. Darüber hinaus entwickeln wir Visionen für neue Anwendungen und setzen alles daran, dass diese Wirklichkeit werden. Wir bilden Ingenieurinnen und Ingenieure in der Mikrosystemtechnik aus, damit sie diesen Geist weitertragen.

Wir messen die Bedeutung unserer Forschungsergebnisse unter anderem über die Häufigkeit, mit welcher IMTEK-Publikationen von Dritten zitiert werden. Im Jahr 2018 haben sich weltweit insgesamt 6607 Publikationen auf frühere IMTEK-Veröffentlichungen zurückbezogen. Im Jahr 2018 wurden 17,4 Mio. € Drittmittel eingeworben.

## Professuren und Nachwuchsgruppen am IMTEK

Das Rückgrat des IMTEK bilden 21 Professorinnen und Professoren. Sie sind jeweils eigenständig organisiert und decken die Mikrosystemtechnik in ihrer vollen Bandbreite ab.

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

31. März 2024

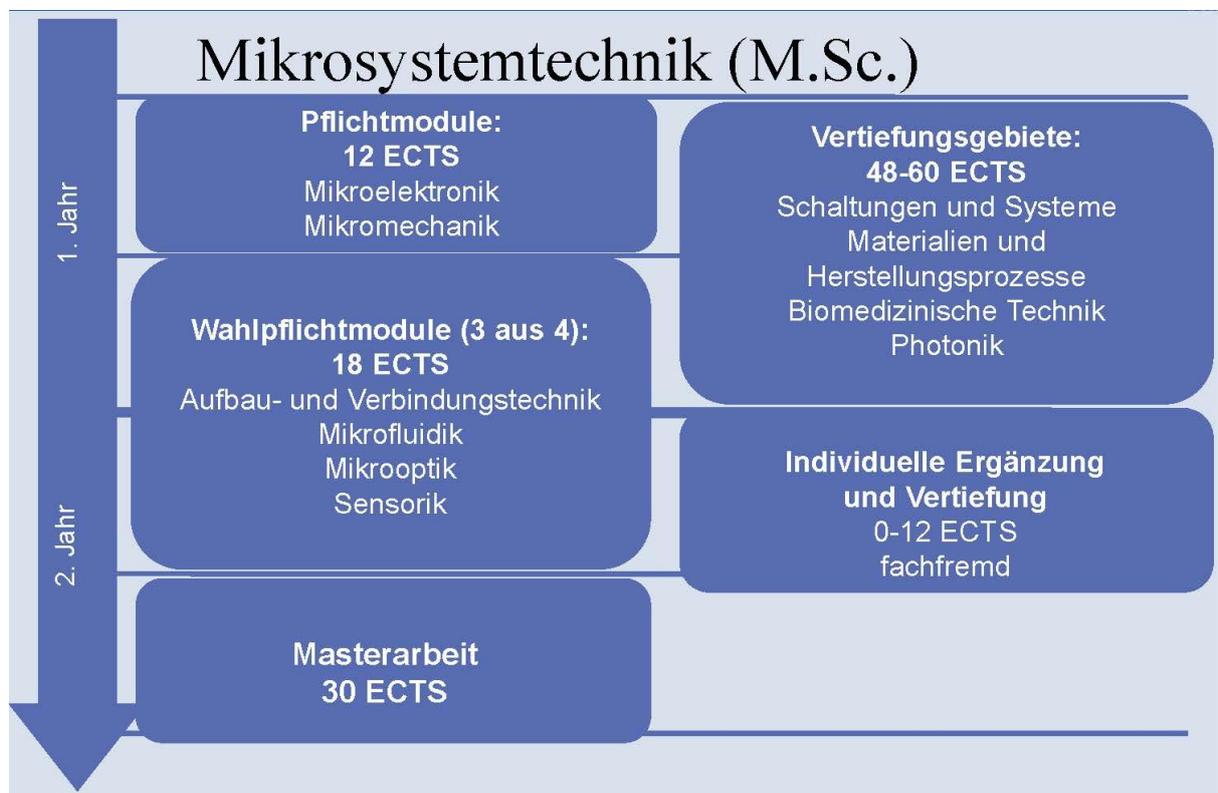
Stieglitz, Thomas	Biomedizinische Mikrotechnik
Wallrabe, Ulrike	Mikroaktorik
Wöllenstein, Jürgen	Gassensoren
Woiass, Peter	Konstruktion von Mikrosystemen
Zappe, Hans	Gisela-und-Erwin-Sick-Professur für Mikrooptik
Zengerle, Roland	Anwendungsentwicklung
apl. Prof. Dr. Hanemann, Thomas	Werkstoffprozessstechnik
apl. Prof. Dr. von Stetten, Felix	Hahn-Schickard-Institut für Mikroanalysesysteme
Nachwuchsgruppenleitung	
Ataman, Caglar	Microsystems for Biomedical Imaging Lab Nachwuchsgruppenleiter
Dincer, Can	Disposable Microsystems Nachwuchsgruppenleiter
Slesarenko, Viacheslav	MetaLab Research Group, Nachwuchsgruppenleiter
Vierrath, Severin	Elektrochemische Energiesysteme Nachwuchsgruppenleiter

## PROFIL DES STUDIENGANGS QUALIFIZIERUNGSZIELE

### Profil

Im Masterstudiengang werden die Studierenden aufbauend auf den im Bachelorstudium vermittelten ingenieur- und naturwissenschaftlichen Grundlagen zunächst in weitere für die Entwicklung von Mikrosystemen relevante Fachgebiete eingeführt. Diese dienen ihnen dann als Grundlage für die Wahl ihrer Spezialisierungsrichtung. Insgesamt sind im Masterstudiengang Mikrosystemtechnik 120 ECTS-Punkte zu erwerben. Davon entfallen 42 ECTS-Punkte auf den Pflichtbereich, 18 auf den Wahlpflichtbereich, 48 ECTS auf den rein fachbezogenen Wahlbereich Mikrosystemtechnik Vertiefung und 12 ECTS auf den Wahlbereich Individuelle Ergänzung und Vertiefung.

Im Pflichtbereich sind neben der Masterarbeit die Module Mikroelektronik und Mikromechanik zu absolvieren.



Im Wahlpflichtbereich wählen die Studierenden drei der folgenden vier Module aus:

- Aufbau- und Verbindungstechnik
- Mikrofluidik
- Mikrooptik
- Sensorik/Aktorik

Im Wahlbereich Mikrosystemtechnik Vertiefung mit den vier Spezialisierungsrichtungen

- Biomedizinische Technik
- Materialien und Prozesse
- Photonische Technologien
- Schaltungen und Systeme

entscheiden die Studierenden, in welcher Vertiefungsrichtung sie mindestens 30 ECTS-Punkte erwerben. Die übrigen 18 ECTS-Punkte können nach Wahl der Studierenden auf dieselbe oder eine oder mehrere der übrigen Vertiefungsrichtungen entfallen.

Im Wahlbereich Individuelle Ergänzung und Vertiefung können die Studierenden sowohl fachfremde Module aus dem Angebot der Universität Freiburg als auch weitere Mikrosystemtechnik-Module belegen.

Im Vergleich zur alten Prüfungsordnung wurde der Pflichtbereich in einen Pflicht- und einen Wahlpflichtbereich geteilt, so dass die Studierenden auch hier etwas mehr Flexibilität haben, dabei aber immer noch vertiefte Grundlagenkenntnisse in den wichtigsten Bereichen der Mikrosystemtechnik erwerben.

Außerdem wurde die Anzahl der Vertiefungsrichtungen reduziert und eine Mindest-ECTS-Punktzahl von 30 für eine der Vertiefungsrichtungen eingeführt. Ziel dieser Maßnahme ist es, dass eine echte Profilbildung stattfindet. Gleichzeitig haben die Studierenden dadurch mehr Auswahl in den vier Vertiefungsrichtungen, denn die Anzahl der Vertiefungsmodule wurde nicht reduziert.

Die neuen Masterprüfungsordnungen wurde mit dem Ziel ausgearbeitet, das Studien- und Prüfungssystem in den Studiengängen der drei Institute der Fakultät soweit wie möglich zu vereinheitlichen. Im WS 18/19 wurde mit den Bachelor of Science-Studiengängen begonnen. Bis zum WS 21/22 sollen die Masterstudiengänge neue Prüfungsordnungen erhalten.

Die Technische Fakultät hat für die Studiengänge übergreifend alle für die im Jahr 2021 in Kraft tretenden Prüfungsordnungen der Masterstudiengänge harmonisiert. Dies betrifft zum einen nahezu alle formalen Kriterien bezüglich Struktur der Prüfungsordnungen, Prüfungen, Leistungen, Wiederholungen und Abläufen. Zum anderen wurde nun ein standardisiertes ECTS-System umgesetzt. Module oder Lehrveranstaltungen haben den quantisierten Umfang von 3, 6 oder 9 ECTS-Punkten.

Die wechselseitige Öffnung der Lehrveranstaltungen zwischen den Masterstudiengängen der Technischen Fakultät vergrößert das Lehrangebot für die Wahlbereiche signifikant. Da es hierdurch wechselseitig möglich ist, Module aus anderen Masterstudiengängen der TF als Wahlveranstaltungen in Vertiefungen oder Spezialisierungen des jeweils studierten Masterstudiengangs zu wählen, macht dies intrafakultäres Studieren deutlich einfacher, da es Überhang oder Defizit an Einzelpunkten vermeidet.

Der Masterstudiengang Mikrosystemtechnik 2021 ist ebenso wie die verknüpften Studiengänge der TF konsistent im Campus Management System HISinOne der Albert-Ludwigs-Universität abgebildet.

## Qualifizierungsziele

### Fachliche Qualifikationsziele

- Die Studierenden sind in der Lage technische Fragestellungen zu analysieren und technische Mikrosysteme für deren Lösung zu entwickeln, zu entwerfen, zu testen, zu optimieren und herzustellen
- Die Studierenden erwerben einen Überblick über die wichtigsten Modelle, Verfahren, und Methoden der Mikrosystemtechnik und sind in der Lage, die für eine gegebene Fragestellung geeigneten Verfahren und Methoden auszuwählen, anzuwenden und miteinander zu kombinieren.
- Die Studierenden erlernen Strategien zur Identifizierung und Bewertung neuer Anwendungen der Mikrosystemtechnik

31. März 2024

- Die Studierenden sind in der Lage, Experimente eigenständig vorzubereiten, zu planen, durchzuführen und zu dokumentieren.
- Die Studierenden verfügen über ein anwendbares Überblickswissen zu den häufigsten in der Praxis verwendeten Techniken und Maßnahmen sowie deren Erweiterungen und neue Methoden
- Die Studierenden erwerben in den von ihnen gewählten Vertiefungsrichtungen fundierte Kenntnisse in mehreren Spezialgebieten der Mikrosystemtechnik

#### Überfachliche Qualifikationsziele

- Die Studierenden sind in der Lage, ein Labortagebuch zu führen, wissenschaftliche Berichte zu schreiben, einen wissenschaftlichen Vortrag zu halten und ein wissenschaftliches Poster zu erstellen.
- Die Studierenden können eine gegebene technische Fragestellung weitgehend eigenständig bearbeiten und das Ergebnis in einer wissenschaftlichen Arbeit dokumentieren.
- Durch das Arbeiten in Projektgruppen, die sich in den Spezialisierungsmodulen aus Studierenden des deutsch- und des englischsprachigen Masterstudiengangs zusammensetzen können, wird die soziale und interkulturelle Kompetenz gefördert und das Arbeiten im Team eingeübt.

### **Aufführung von Besonderheiten**

Zusätzlich zu den Erasmus-Partnerschaften der Universität, verfügt das Institut für Mikrosystemtechnik über internationale Kooperationsabkommen mit den folgenden Hochschulen bzw. Instituten:

- 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

Die Studierenden haben die Möglichkeit, hier ein Auslandssemester zu absolvieren.

## MODULE UND MUSTERSTUDIENVERLAUF

Aufbau und Inhalt des Studiengangs werden durch die Fachspezifischen Bestimmungen der Prüfungsordnung (PO) für den spezifischen Studiengang und die übergeordnete Rahmenprüfungsordnung für den Studiengang Master of Science der Universität Freiburg geregelt. Dieses Modulhandbuch wurde entsprechend der Fachspezifischen Bestimmungen der Prüfungsordnung 2021 für den Master of Science Mikrosystemtechnik (MST) erstellt. Diese Prüfungsordnung regelt alle formalen und rechtlichen Aspekte dieses Studiengangs. Auf den Webseiten der Technischen Fakultät findet sich ein Link zu der Webseite der Universität, wo die Prüfungsordnungen eingestellt sind.

## Struktur, Spezialisierungen & Vertiefungsbereiche

Im Masterstudiengang Mikrosystemtechnik sind Module mit einem Leistungsumfang von insgesamt 120 ECTS-Punkten zu absolvieren. Die belegbaren Module und die zugehörigen Lehrveranstaltungen sind im jeweils geltenden Modulhandbuch aufgeführt und näher beschrieben. Der Masterstudiengang Mikrosystemtechnik kann mit einer Spezialisierung studiert werden. Der Masterstudiengang Mikrosystemtechnik ist so aufgebaut, dass die zum Erwerb des Akademischen Grades erforderlichen 120 ECTS-Punkte innerhalb von 4 Semestern, entsprechend 2 Jahren, erworben werden können. Der Masterstudiengang gliedert sich in die drei fachlich orientierten Bereiche Pflichtveranstaltungen, Wahlpflichtmodule und den Vertiefungsbereich, der auch der Spezialisierung dient. Zudem besteht ein Bereich Individuelle Ergänzung und Vertiefung, in dem geeignete Lehrveranstaltungen aus der gesamten Universität belegt werden können. Lediglich 30 von 120 Kreditpunkten sind für Pflichtveranstaltungen und Wahlpflichtmodule weitgehend festgelegt. Insgesamt besteht für 60 von 90 ECTS-Punkten, die in Lehrveranstaltungen erworben werden, Wahlfreiheit der Studierenden.

Tabelle 1: Struktur des Masterstudiengangs Mikrosystemtechnik

Modul	ECTS-Punkte	Semester	Studienleistung/ Prüfungsleistung
Pflichtveranstaltungen	12	1	PL: Klausur
Wahlpflichtmodule	18	1	( ), PL: Klausur (teilweise auch SL)
Vertiefungsbereich	48-	2-4	PL: Klausur (teilweise auch SL)
Vertiefungsbereich 1	30-	2-4	PL: Klausur (teilweise auch SL)
Wahl-Vertiefungen 2	18	2-4	PL: Klausur (teilweise auch SL)
Individuelle Ergänzung und Vertiefung	12	1-4	SL (wenn nicht fachfremd auch PL)
Mastermodul	30	4	PL: Masterarbeit, PL: mündliche Präsentation

## Pflicht- und Wahlpflichtbereiche

Dieser Bereich besteht aus den Kernfächern der Mikrosystemtechnik. Die Kompetenz in den Fächern Mikroelektronik und Mikromechanik wird dabei als unverzichtbar angesehen. Um

einen größeren Wahlbereich zu ermöglichen, wurde gegenüber früheren Versionen der PO ein Kernfach abwählbar gemacht. Somit sind durch die Absolvierung der zwei in der nachfolgenden Tabelle aufgeführten Pflichtmodule sowie von drei der vier dort aufgeführten Wahlpflichtmodule insgesamt 30 ECTS-Punkte zu erwerben.

Tabelle 2: Pflicht- und Wahlpflichtbereiche des Masterstudiengangs Mikrosystemtechnik

Modul	Art	SWS	ECTS-Punkte	Semester	Studienleistung/ Prüfungsleistung
Pflichtmodule (42 ECTS-Punkte)					
Mikroelektronik	V + Ü	4	6	1	PL: Klausur
Mikromechanik	V + Ü	4	6	1	PL: Klausur
Mastermodul			30	4	PL: Masterarbeit PL: mündliche Präsentation
Wahlpflichtmodule (18 ECTS-Punkte)					
Aufbau- und Verbindungstechnik	V + Ü	4	6	1	PL: Klausur
Mikrofluidik	V + Ü	4	6	1	PL: Klausur
Mikrooptik	V + Ü	4	6	1	SL PL: Klausur
Sensorik	V + Pr	4	6	1	SL PL: Klausur

Abkürzungen in der Tabelle:

Art = Art der Lehrveranstaltung; SWS = vorgesehene Semesterwochenstundenzahl; Semester = empfohlenes Fachsemester bei Aufnahme des Studiums zum Wintersemester; Pr = Praktikum Ü = Übung; V = Vorlesung; SL = Studienleistung; PL = Prüfungsleistung

## Bereich Mikrosystemtechnik Vertiefung und Spezialisierung

Die vier Vertiefungsbereiche (Concentration Areas) Schaltungen und Systeme (Circuits and Systems), Materialien und Herstellungsprozesse (Materials and Fabrication), Biomedizinische Technik (Biomedical Engineering) und Photonik (Photonics) stellen ein Angebot an Wahlveranstaltungen zur persönlichen Profilbildung der Studierenden bereit. Diese Vertiefungen werden auch kongruent für die internationalen Masterstudiengänge Microsystems Engineering und Embedded Systems Engineering angeboten. Daher ist die Lehrsprache in diesen Veranstaltungen in der Regel Englisch, in wenigen Ausnahmefällen Deutsch. Die Prüfungssprache ist entsprechend ebenfalls Englisch oder Deutsch.

Die eindeutige Zuordnung von Veranstaltungen zu den Vertiefungsbereichen ist im Modulhandbuch bzw. den Modulbeschreibungen ausgewiesen. Auch Pflichtveranstaltungen anderer Masterstudiengänge der TF können Vertiefungsrichtungen des M.Sc. MST zugeordnet werden. Im Bereich Mikrosystemtechnik Vertiefung mit den Vertiefungsbereichen Schaltungen und Systeme, Materialien und Herstellungsprozesse, Biomedizinische Technik sowie Photonik sind insgesamt 48 ECTS-Punkte zu erwerben. Der/Die Studierende wählt, in welchem der vier Vertiefungsbereiche er/sie mindestens 30 ECTS-Punkte erwirbt. Die übrigen 18 ECTS-Punkte können ihrer/seiner Wahl auf denselben oder einen oder mehrere der übrigen Vertiefungsbereiche entfallen.

Alle Module in den Vertiefungsbereichen haben vereinheitlicht einen Leistungsumfang von 3, 6 oder 9 ECTS-Punkten. Jedes Modul wird mit einer Prüfungsleistung abgeschlossen; je nach Ausgestaltung der zugehörigen Lehrveranstaltungen können in den angebotenen Modulen zusätzlich auch Studienleistungen zu erbringen sein. Es ist gewährleistet, dass die Studierenden zwischen verschiedenen Arten von Prüfungsleistungen wählen können. Nach eigener Planung können Studierende ab dem ersten Semester Wahlveranstaltungen belegen.

Der gewählte Vertiefungsbereich kann als Spezialisierung gewählt werden, wenn zusätzlich zu der Minimalanforderung 30 ECTS-Punkte aus Lehrveranstaltungen auch das Thema der Masterarbeit aus dem betreffenden Vertiefungsbereich gewählt wird.

## **Bereich Individuelle Ergänzung und Vertiefung**

Um die Interdisziplinarität des Studiums zu fördern, wurde auch ein weitgehend freier Wahlbereich vorgesehen. Der Bereich Individuelle Ergänzung und Vertiefung ist zu absolvieren, und er umfasst 12 ECTS. Die Credits können jedoch weitgehend wahlfrei aus dem Lehrangebot anderer Studiengänge der Albert-Ludwigs-Universität erworben werden.

Im Bereich Individuelle Ergänzung und Vertiefung werden durch die Absolvierung geeigneter Module oder Lehrveranstaltungen aus dem Lehrangebot anderer Studiengänge der Albert-Ludwigs-Universität, von Modulen aus dem Lehrangebot dieses Studiengangs oder eines Sprachkurses aus dem Lehrangebot der Seminare und Institute der Philologischen und der Philosophischen Fakultät (Kurse für Hörer/Hörerinnen aller Fakultäten) insgesamt 12 ECTS-Punkte erworben. Über die Eignung des Lehrangebots anderer Studiengänge der Albert-Ludwigs-Universität entscheidet der Fachprüfungsausschuss in Abstimmung mit dem jeweiligen Fach. In den Modulen beziehungsweise Lehrveranstaltungen aus dem Lehrangebot anderer Studiengänge und in dem Sprachkurs sind jeweils nur Studienleistungen zu erbringen. Module aus dem Lehrangebot des Studiengangs MST werden entsprechend der Festlegung im Modulhandbuch geprüft.

## **Mastermodul**

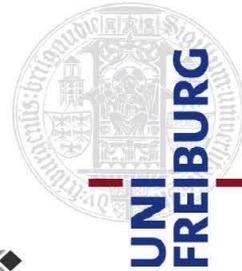
Das Mastermodul hat einen Umfang von 30 ECTS-Punkten und eine Dauer von 6 Monaten. Es umfasst zwei Komponenten, die eigentliche Masterarbeit mit 27 ECTS-Punkten und die Präsentation und Verteidigung auf einem 60-minütigen Masterkolloquium. Das Thema des Mastermoduls können sich Studierende im Rahmen des Themenfelds Mikrosystemtechnik ebenfalls frei wählen. Der fachliche Bezug wird dadurch sichergestellt, dass einer/eine der beiden Gutachter/ Gutachterinnen der Masterarbeit hauptberuflich am Institut für Mikrosystemtechnik der Technischen Fakultät der Albert-Ludwigs-Universität tätig sein muss. Die Arbeit kann am Institut für Mikrosystemtechnik, an einem Institut der Technischen Fakultät, der Albert-Ludwigs-Universität oder an einer externen Stelle wie Fraunhofer oder Industrie angefertigt werden. Es existiert eine rechtlich nicht bindende Verfahrensordnung für externe Masterarbeiten.

# Musterstudienverlauf

Technische Fakultät  
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

Master of Science (1-Fach) im Fach Mikrosystemtechnik  
Prüfungsordnungsversion 2021

Modellstudienplan nach Semestern



Sem	Module	Bereich	Pflicht Wahl	Stunden				ECTS	Turnus
				V	Ü	S	Pr		
<b>Semester 1 und 2</b>								<b>30</b>	
1	Mikroelektronik	Pflichtbereich	P	2	2	0	0	6	WS
1	Mikromechanik	Pflichtbereich	P	2	2	0	0	6	WS
1	Aufbau und Verbindungstechnik	Wahlpflichtbereich	WP	2	2	0	0	6	WS
1	Mikrooptik	Wahlpflichtbereich	WP	2	2	0	0	6	WS
1	Sensorik	Wahlpflichtbereich	WP	3	0	0	1	6	WS
1	Mikrofluidik	Wahlpflichtbereich	WP	2	2	0	0	6	WS
<b>Semester 2 bis 4</b>								<b>60</b>	
	Module aus der Vertiefungsrichtung								
2-4	Biomedizinische Technik	MST Vertiefung	W	x	x	x	x		WS + SS
	Module aus der Vertiefungsrichtung								
2-4	Materialien und Prozesse	MST Vertiefung	W	x	x	x	x		WS + SS
	Module aus der Vertiefungsrichtung								
2-4	Photonische Technologien	MST Vertiefung	W	x	x	x	x		WS + SS
	Module aus der Vertiefungsrichtung								
2-4	Schaltungen und Systeme	MST Vertiefung	W	x	x	x	x		WS + SS
	Module aus dem Gesamtangebot der								
2-4	Universität (inkl. TF und MST)	Individuelle Ergänzung und Vertiefung	W	x	x	x	x	0-12	WS, SS
<b>Semester 4</b>								<b>30</b>	
4	Mastermodul	Pflichtbereich	P	0	0	0	0	30	WS, SS

Legende:

Sem = Empfohlenes Fachsemester bei Aufnahme des Studiums im WS. PL=Prüfungsleistung, SL= Studienleistung,  
P=Pflicht, W=Wahlpflicht, V=Vorlesung, Ü=Übung, S=Seminar, Pr=Praktikum, X=unbekannt / abhängig vom Fach,

## LEHR- UND LERNFORMEN

Im Pflicht- und Wahlpflichtbereich gibt es inklusive des Mastermoduls sieben Module, von denen sechs absolviert werden müssen. Abgesehen vom Mastermodul bestehen alle Module aus einer Vorlesung und einer Übung. Einzige Ausnahme ist das Modul Sensorik, das aus einer Vorlesung und einem Praktikum besteht.

In den Wahlmodulen erfolgt die Wissensvermittlung zusätzlich in der Form von Praktika und Seminaren sowie vereinzelt auch durch Projektarbeiten und Exkursionen. Zudem sind die Vorlesungen hier sehr viel interaktiver, weil die Gruppengrößen mit rund 20 bis 30 Teilnehmenden sehr viel kleiner sind als in den Pflicht- und Wahlpflichtvorlesungen an denen zwischen 50 und 150 Studierende teilnehmen. In den Praktika gibt es Gruppengrößen von 5 bis 20 Teilnehmenden. Bei den Seminaren liegt das Limit normalerweise bei maximal 25 Teilnehmenden.

Im Rahmen der Masterarbeit werden die Studierenden in ein laufendes Forschungsprojekt eines Lehrstuhls eingebunden. Dabei lernen sie nicht nur, eine wissenschaftliche Fragestellung eigenständig zu bearbeiten, sondern bekommen auch einen Einblick in die tägliche Arbeit einer Forschungsgruppe.

# ERLÄUTERUNG DES PRÜFUNGSYSTEMS

## Prüfungsarten

Die Pflichtmodule und Wahlpflichtmodule werden in der Regel durch eine Studienleistung und eine Prüfungsleistung abgeschlossen. Die Prüfungsleistung besteht abgesehen vom Mastermodul in einer Klausur, deren Note in die Endnote eingeht. Die Studienleistung besteht in den meisten Fällen im Lösen von Übungsaufgaben und ist in der Regel erbracht, wenn 50% der möglichen Punkte erreicht wurden.

Im Wahlbereich Mikrosystemtechnik Vertiefung schließt jedes Modul mit einer Prüfungsleistung ab; je nach Ausgestaltung der zugehörigen Lehrveranstaltungen können in den angebotenen Modulen zusätzlich auch Studienleistungen zu erbringen sein. In manchen Modulen sind mehrere Modulteilprüfungen erforderlich, die im Laufe der Vorlesungszeit erbracht werden. Dies dient zum einen dem Einsatz einer größeren Vielfalt von Prüfungsformaten und verringert die Prüfungsbelastung im Prüfungszeitraum, weil die Studierenden schon während der Vorlesungszeit Teilleistungen in Form von Übungsblättern oder Versuchsprotokollen erbringen können. Diese Form von Prüfungen wird insbesondere bei Praktika eingesetzt. Hier gilt teilweise auch eine Anwesenheitspflicht. Im Krankheitsfall werden selbstverständlich Nachholtermine angeboten, so dass sich weder die Modulteilprüfungen noch die Anwesenheitspflicht studienverlängernd auswirken.

Im Wahlbereich Individuelle Ergänzung und Vertiefung gibt es keine Prüfungsleistungen, sondern nur Studienleistungen. Dadurch soll verhindert werden, dass Studierende durch eine Prüfung in einem Fach, das nichts mit ihrem eigentlichen Studienfach zu tun hat, den Prüfungsanspruch verlieren.

- Schriftliche Prüfungsleistungen sind Klausuren oder schriftliche Ausarbeitungen. Mündliche Prüfungsleistungen sind Prüfungsgespräche oder mündliche Präsentationen. Praktische Prüfungsleistungen bestehen in der Durchführung von Versuchen sowie in der Erstellung und Vorführung von Software oder Demonstratoren.
- Studienleistungen können beispielsweise in Klausuren, der Erstellung von Referaten oder Postern, in der Bearbeitung von Übungsblättern und Projektaufgaben oder in der Durchführung von Versuchen bestehen.
- **Studienleistungen** und **Prüfungsleistungen** können auch als Online-Klausur absolviert werden, in Übereinstimmung mit den aktuellen Prüfungsordnungen und Rahmenordnungen der Universität Freiburg.

## Vereinheitlichung des Prüfungssystems

Für die Prüfungsordnungen ab 2021 werden die Regelungen für Wiederholungsversuche, Notenverbesserung und Modulwechsel in den Masterstudiengängen der Technischen Fakultät weitestgehend einheitlich sein. In den neuen Prüfungsordnungen wurde außerdem die Anpassung der Prüfungsleistungen an die Studienakkreditierungsverordnung vorgenommen. Außerdem wurden Prüfungsvorleistungen abgeschafft, da diese studienverlängernd wirken können. Erfordert ein Modul das Erbringen einer Studien- und einer Prüfungsleistung, können diese nun unabhängig voneinander erbracht werden. D.h. das Erbringen der Studienleistung ist keine Voraussetzung für die Teilnahme an der Prüfungsleistung.

Während im Pflicht- und Wahlpflichtbereich alle Module 6 ECTS-Punkte haben, gibt es in den Vertiefungsbereichen zahlreiche Module (derzeit 60%) mit 3 ECTS-Punkten. Wir sind uns dessen bewusst, dass dies nicht der Studienakkreditierungsverordnung entspricht. Da die

31. März 2024

Menge und Vielfalt der Vertiefungsmodule jedoch von unseren AbsolventInnen immer äußerst positiv erwähnt wird, haben wir uns entschieden, dies so beizubehalten.

Da alle Modulnoten einfach nach ECTS-Punkten gewichtet in die Endnote eingehen, wurde darauf verzichtet, dies in jeder einzelnen Modulbeschreibung zu erwähnen. Es wird auf die Prüfungsordnung verwiesen.

## GLOSSAR

English	Deutsch
<b>Content of the Lecture/Exercise</b>	Inhalt der Veranstaltung/Übung
<b>Duration</b>	Moduldauer
<b>Ects Credits</b>	ECTS Punkte
<b>Format</b>	Zugehörige Lehrveranstaltung
<b>Institution</b>	Einrichtung
<b>Language</b>	Sprache
<b>Qualification Goals</b>	Lernziele
<b>Lecturer</b>	Lehrperson
<b>Literature</b>	Literatur
<b>Mandatory Requirements</b>	Zwingende Voraussetzungen
<b>Module</b>	Modul
<b>Module Responsible</b>	Modulverantwortlicher
<b>Number</b>	Nummer
<b>Prüfungsleistung (Graded Assessment)</b>	Prüfungsleistung (zählt in die Endnote)
<b>Recommended Requirements</b>	Empfohlene Voraussetzungen
<b>Recommended Term</b>	Empfohlenes Fachsemester
<b>Semester Week Hours</b>	Semesterwochenstunden
<b>Studienleistung (Pass/Fail Assessment)</b>	Studienleistung (zählt nicht in die Endnote)
<b>Term Cycle</b>	Angebotsfrequenz
<b>Type</b>	Modultyp
<b>Workload</b>	Arbeitsaufwand

31. März 2024

## **Modulhandbuch: Beschreibungen aller Module in HISinOne**

# Modulhandbuch

Master of Science (M.Sc.) im Fach Mikrosystemtechnik - Hauptfach  
(Prüfungsordnungsversion 2021)



# Inhaltsverzeichnis

Prolog.....	6
Masterarbeit.....	7
<b>Pflichtbereich M.Sc. Mikrosystemtechnik PO 2021.....</b>	<b>8</b>
Mikroelektronik.....	9
Mikromechanik.....	14
<b>Wahlpflichtbereich M.Sc. Mikrosystemtechnik PO 2021.....</b>	<b>19</b>
Aufbau- und Verbindungstechnik.....	20
Micro-fluidics.....	25
Mikrofluidik.....	30
Mikrooptik.....	34
Sensorik.....	39
<b>Mikrosystemtechnik Vertiefung und Individuelle Ergänzung.....</b>	<b>46</b>
<b>Mikrosystemtechnik Vertiefungen.....</b>	<b>47</b>
<b>Schaltungen und Systeme.....</b>	<b>48</b>
Angewandte Sensorschaltungstechnik.....	49
CMOS-Integrierte Mikrosysteme / CMOS MEMS.....	52
Data Converters.....	56
Embedded Computing Entrepreneurship (2ES).....	60
Energiegewinnung / Energy harvesting.....	70
Energy Efficient Power Electronics.....	75
Entwurf Analoger CMOS Schaltungen / Analog CMOS Circuit Design.....	79
Entwurf von CMOS Mixed-Signal Schaltungen / Mixed-Signal CMOS Circuit Design.....	85
Flugregelung Praktikum / Flight Control Laboratory.....	88
Leistungselektronik für die Elektromobilität/Power Electronics for E-Mobility.....	92
Leistungselektronik für Photovoltaik und Windenergie / Power Electronics for Photovoltaics and Wind Energy.....	96
Mikroaktork für Mikrosystemtechniker.....	100
Mikroakustische Wandler / Micro Acoustical Transducers.....	105
Mikrocomputertechnik/ Microcontroller Techniques - Praktikum.....	109
Model Predictive Control and Reinforcement Learning.....	113
Modellprädiktive Regelung für erneuerbare Energiesysteme.....	118
Modelling and System Identification.....	122
MST Design Lab II für Mikrosystemtechnik.....	126
MST technologies and processes.....	129
Numerische Optimale Steuerung - Projekt / Numerical Optimal Control in Engineering - Project.....	134
Numerische Optimierung / Numerical Optimization.....	137
Numerische Optimierung Projekt / Numerical Optimization Project.....	142
Rennautoregelung Praktikum / Race Car Control Laboratory.....	145
RF- und Mikrowellen Bauelemente und Schaltungen / RF- and Microwave Devices and Circuits.....	148
RF- und Mikrowellen Schaltungen und Systeme / RF- and Microwave Circuits and Systems.....	152
RF- und Mikrowellen Systeme - Design Kurs / RF- and Microwave Systems - Design Course....	156
Robot Mechanics.....	160
Sensor-Aktor-Schaltungstechnik.....	163
Signal processing.....	168
State Space Control Systems.....	173
Thermoelektrik und thermische Messtechnik.....	178
Wearable and Implantable Computing (WIC).....	181
Windenergiesysteme / Wind Energy Systems.....	185

Zuverlässigkeitstechnik / Reliability Engineering.....	189
Study Project in Concentration Schaltungen und Systeme.....	194
<b>Materialien und Herstellungsprozesse.....</b>	<b>196</b>
Bioinspirierte Funktionsmaterialien / Bioinspired functional materials.....	197
Computational physics: material science.....	201
Disposable sensors.....	204
Dynamics of Materials: Material Characterization.....	207
Electrochemical energy applications: fuel cells and electrolysis.....	212
Elektrochemische Methoden für Ingenieure / Electrochemical Methods for Engineers.....	215
Energiespeicherung und Wandlung mittels Brennstoffzellen / Energy storage and conversion using fuel cells.....	219
Fortgeschrittene Siliziumtechnologie / Advanced Silicon Technology.....	222
Functional Safety, Security and Sustainability: Active Resilience.....	225
Grundlagen der mechanischen Werkstoffcharakterisierung.....	230
Hardware-Entwicklung mit der Finite-Elemente-Methode / Hardware Design with the Finite-Element-Method.....	234
High-Performance Computing: Fluid Mechanics with Python.....	237
High-Performance Computing: Molecular Dynamics with C++.....	242
Introduction to (Bioinspired) Programmable Meta Materials.....	247
Keramische Werkstoffe der Mikrotechnik / Ceramic Materials for microsystems.....	252
Kontinuumsmechanik I mit Übungen / Continuum mechanics I with exercises.....	256
Kontinuumsmechanik II mit Übungen / Continuum mechanics II with exercises.....	260
Konstitutive Gleichungen und Diskretisierungsverfahren zur Versagensmodellierung / Physics of Failure.....	265
Lithographie / Lithography.....	269
Machine Learning Approaches in Structural Mechanics.....	272
Memory Device Technology.....	278
Methoden der Materialanalyse / Methods of Material Analysis.....	285
Mikrostrukturierte Kunststoffkomponenten / Microstructured Polymer Components.....	288
Oberflächenanalyse / Surface Analysis.....	291
Oberflächenanalyse – Praktikum / Surface Analysis Laboratory.....	294
Optimierung.....	298
Optimierung von Fertigungsverfahren / Advanced engineering.....	302
Polymer Processing and Microsystems Engineering.....	306
Polymere in der Membrantechnik / Polymers in Membrane Technology.....	309
Quantenmechanik für Ingenieur*innen / Quantum Mechanics for Engineers.....	311
Quantification of Resilience.....	316
Reinraumlaborkurs für Ingenieure / Clean Room Laboratory for Engineers.....	321
Soft Robotics.....	325
Solar Energy.....	329
Techniken zur Oberflächenmodifizierung / Surface coating Techniques.....	334
Verbindungshalbleiter / Compound semiconductor devices.....	337
Von Mikrosystemen zur Nanowelt / From Microsystems to the Nanoworld.....	341
Study Project in Concentration Materialien und Herstellungsprozesse.....	345
<b>Biomedizinische Technik.....</b>	<b>347</b>
Ausgewählte Problemstellungen in Biosignalverarbeitung / Selected Problems in Biosignal Processing.....	348
Biointerfaces I - Basics for Bioanalytical Systems.....	353
Biointerfaces II - Interfaces for Bioanalytical Systems.....	356
Biologie für Ingenieurinnen und Ingenieure.....	359
Biomedical Microsystems.....	364
Biomedizinische Messtechnik I / Biomedical Instrumentation I.....	369
Biomedizinische Messtechnik II / Biomedical Instrumentation II.....	374
Biomedizinische Messtechnik - Praktikum / Biomedical Instrumentation - Laboratory.....	379

BioMEMS.....	382
Biophysics of cardiac function and signals.....	386
Biotechnologie für Ingenieurinnen und Ingenieure I - Praktikum: Mikro- und Molekularbiologie...	390
Digital Health (DH).....	393
Embedded Computing Entrepreneurship (2ES).....	398
Ethische Aspekte der Neurotechnologie / Ethical Aspects of Neurotechnology.....	405
Grundlagen der Elektrostimulation / Fundamentals of electrical stimulation.....	412
Introduction to data driven life sciences.....	416
Introduction to physiological control systems.....	420
Machine Learning.....	424
Maschinelles Lernen in den Lebenswissenschaften / Machine Learning in Life Science.....	429
Mikrofluidik II: Miniaturisieren, Automatisieren, und Parallelisieren biochemischer Analyseverfahren: Von der Idee zum Produkt.....	434
Messung und Auswertung elektrophysiologischer Signale.....	438
Nanobiotechnologie / Nanobiotechnology.....	442
Neurophysiologie - Praktikum / Neurophysiology - Laboratory.....	445
Neuroprothetik / Neuroprosthetics.....	449
Neurowissenschaften für Ingenieure / Neuroscience for Engineers.....	453
Signalverarbeitung und Analyse von Gehirnsignalen / Signal processing and analysis in brain signals.....	458
Siliziumbasierte Neurosonden / Silicon-based Neural Technology.....	462
Technologien der Implantatfertigung / Implant Manufacturing Technologies.....	465
Technologien der Implantatfertigung - Praktikum / Implant Manufacturing Technologies - Laboratory.....	470
Wearable and Implantable Computing (WIC).....	473
MST Study Project in Concentration Biomedizinische Technik.....	477
<b>Photonik.....</b>	<b>479</b>
Gassensorik / Gas sensors.....	480
Lasers.....	484
Physics of Microscopy and Optical Image Formation.....	486
Nano-Photonics - Optical manipulation and particle dynamics.....	492
Optik-Praktikum Grundlagen / Basic Optics Laboratory.....	497
Optik-Praktikum Fortgeschritten / Advanced Optics Laboratory.....	501
Optische Materialien / Optical Materials.....	505
Optische MEMS / Optical MEMS.....	510
Optische Messverfahren: Grundlagen und Anwendungen in der Praxis / Optical measurement techniques.....	514
Optical metrology for quality assurance in sustainable production.....	518
Optoelektronik / Optoelectronics.....	524
Wave Optics.....	528
Spektroskopische Methoden.....	538
Seminar Integrated Photonics.....	541
MST Study Project in Concentration Photonik.....	544
<b>Mikrosystemtechnik Individuelle Ergänzung.....</b>	<b>546</b>
<b>Individuelle Ergänzung Lehrangebot IMTEK.....</b>	<b>547</b>
Biomedizinische Messtechnik I / Biomedical Instrumentation I.....	548
Bionische Sensoren / Bionic Sensors.....	553
Disposable sensors.....	556
Elektrochemische Methoden für Ingenieure / Electrochemical Methods for Engineers.....	559
Energy Efficient Power Electronics.....	563
Energiegewinnung / Energy harvesting.....	567
Ergebnisse wissenschaftlich präsentieren / Scientific writing and presentation.....	572
Gassensorik / Gas sensors.....	575
Keramische Werkstoffe der Mikrotechnik / Ceramic Materials for microsystems.....	579

MST technologies and processes.....	583
Optische Messverfahren: Grundlagen und Anwendungen in der Praxis / Optical measurement techniques.....	588
Projektmanagement für Ingenieure / Project management for engineers.....	592
Sensor-Aktor-Schaltungstechnik.....	596
Thermoelektrik und thermische Messtechnik.....	601
Zuverlässigkeitstechnik / Reliability Engineering.....	604
<b>Individuelle Ergänzung Lehrangebot Uni Freiburg.....</b>	<b>609</b>
Fundamentals of Resilience.....	610
Material Life Cycles.....	614
<b>Individuelle Ergänzung Sprachkurs.....</b>	<b>618</b>
Epilog.....	713

## Prolog

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

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

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

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

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

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

Further information on the program (e.g. the examination regulations, the model study plan, entry requirements, etc.) can soon be found under <https://www.tf.uni-freiburg.de/de/studienangebot/mikrosystemtechnik/m-sc-mikrosystemtechnik>

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Masterarbeit	11LE50MO -MSc-286-2021
Verantwortliche/r	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	30.0
Arbeitsaufwand	900 Stunden
Mögliche Fachsemester	4
Moduldauer	6 Monate
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
Angebotsfrequenz	in jedem Semester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Zur Masterarbeit kann nur zugelassen werden, wer im Masterstudiengang Mikrosystemtechnik eingeschrieben ist und darin Module mit einem Leistungsumfang von mindestens 72 ECTS-Punkten erfolgreich absolviert hat.

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand

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

↑

Name des Kontos	Nummer des Kontos
Pflichtbereich M.Sc. Mikrosystemtechnik PO 2021	11LE50KT-P-MSc-286-2021 P
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

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

Kommentar
Der Pflichtbereich im Umfang von 42 ECTS-Punkten besteht aus den beiden Modulen Mikroelektronik und Mikromechanik sowie dem Mastermodul.

↑

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

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 Stunden
Mögliche Fachsemester	1
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
keine
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Basiswissen in Elektrotechnik und gute Kenntnisse in Elektronik, insbesondere in folgenden Themenbereichen: <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Halbleiterdiode</li> <li>■ Bipolar Transistor</li> <li>■ MOS Transistor</li> <li>■ Operationsverstärker</li> <li>■ Einführung in die Digitaltechnik</li> <li>■ Grundgatter &amp; Schaltungsfamilien</li> <li>■ Digitale elektrische Systeme</li> <li>■ Sequentielle Schaltungen</li> </ul>

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Mikroelektronik	Vorlesung		6.0	2.0	180 Stunden
Mikroelektronik	Übung			2.0	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
Nach Teilnahme an diesem Modul sind Studierende in der Lage, elementare analoge integrierte Schaltkreise wie Stromspiegel und Differenzverstärker zu verstehen und zu entwerfen. Die Studierenden beherrschen die physikalischen Grundlagen des MOS-Transistors und können mit diesem Wissen einfache ana-

logie integrierte Schaltungen entwerfen. Darüber hinaus können mikroelektronische Systeme auf Block- und Transistorebene analysiert werden.

Zu erbringende Prüfungsleistung

schriftliche Abschlussprüfung (Klausur) mit einer Dauer von 120 Minuten

Zu erbringende Studienleistung

keine

↑

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

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 Stunden
Präsenzstudium	60 Stunden
Selbststudium	120 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

Inhalte
<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"> <li>1. Introduction and review of CMOS technology and available components</li> <li>2. Small signal equivalent circuit</li> <li>3. Current sources</li> <li>4. Single stage amplifier and its frequency behaviour</li> <li>5. Differential amplifiers</li> <li>6. Noise in electronic circuits</li> <li>7. Analog layout</li> <li>8. MEMS Applications</li> </ol>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
siehe Modulebene
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
keine
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Allen, Holberg: CMOS Analog Circuit Design, Oxford University Press</li> <li>■ Sedra, Smith: Microelectronic Circuits, Oxford University Press</li> <li>■ Razavi: Design of Analog CMOS Integrated Circuits, McGraw-Hill Higher Education.</li> </ul>

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung

keine

Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung

Basiswissen in Elektrotechnik und gute Kenntnisse in Elektronik, insbesondere in folgenden Themenbereichen:

Halbleiterdiode

Bipolar Transistor

MOS Transistor

Operationsverstärker

Einführung in die Digitaltechnik

Grundgatter & Schaltungsfamilien

Digitale elektrische Systeme

Sequentielle Schaltungen

↑

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

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

<b>Inhalte</b>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
siehe Modulebene
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
keine
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Mikromechanik	11LE50MO-7100 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Peter Woias	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Konstruktion von Mikrosystemen	
Fachbereich / Fakultät	
Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 Stunden
Mögliche Fachsemester	1
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
keine
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Wissen und Kenntnisse des vermittelten Lehrmoduls "Technische Mechanik - Statik" des Bachelor-Studiengangs Mikrosystemtechnik, alternativ Kenntnisse in Statik und Elastomechanik aus Vorlesungen in anderen Bachelor-Studiengängen

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Mikromechanik - Vorlesung	Vorlesung		6.0	4.0	180 Stunden
Mikromechanik - Übung	Übung			2.0	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
<p>Dieses Modul baut auf dem im Studiengang Bachelor of Science im Fach Mikrosystemtechnik angebotenen Modul "Technische Mechanik - Statik" auf. Kenntnisse in Statik und Elastomechanik sind für das Verständnis eine unabdingbare Voraussetzung.</p> <p>Die Studierenden erhalten zunächst eine Wiederauffrischung in den Grundlagen der Elastizitätslehre. Darauf aufbauend werden in der Folge "Mikrokonstruktionselemente" besprochen, aus denen typische Mikrostrukturen zusammengesetzt sind (Biegebalken, Platten, etc.). Dieser Teil der Vorlesung zielt nach dem allgemeinen Teil spezifisch auf die Mikrosystemtechnik und berücksichtigt im Detail reale konstruktive Probleme (z.B. Mehrschichtsysteme, Temperatureffekte, etc.). Die Vorlesung erläutert dazu zunächst - kapitelweise - Grundlagen, die in der Folge an realen MST-Bauelementen demonstriert werden. In der Übung erfolgt eine Vertiefung des Lehrstoffs anhand praktischer, MST-relevanter Übungsaufgaben.</p>
Zu erbringende Prüfungsleistung
Klausur mit einer Dauer von 150 Minuten

Zu erbringende Studienleistung
keine
Verwendbarkeit des Moduls
Pflichtmodul für Studierende des Studiengangs ■ M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021)

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Mikromechanik	11LE50MO-7100 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Mikromechanik - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-7100
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Konstruktion von Mikrosystemen	

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 Stunden
Präsenzstudium	60
Selbststudium	120
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

Inhalte
<p>Die Vorlesung erläutert kapitelweise Grundlagen der Elastostatik, die in der Folge an realen MST-Bauelementen demonstriert werden. Inhalte sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hookesches Gesetz und ebener Spannungszustand</li> <li>• Anwendungsbeispiel Dehnungsmeßstreifen</li> <li>• Das Differentialgleichungssystem der Elastostatik</li> <li>• Airy-Funktionen, Biegebalken I</li> <li>• Biegebalken II</li> <li>• Anwendungsbeispiel planare Balkenfedern</li> <li>• Schiefe Biegung, Biegung durch Schub, Knickbalken</li> <li>• Balken mit Verbundquerschnitten, Torsionsbalken</li> <li>• Arbeit und Formänderungsenergie I</li> <li>• Arbeit und Formänderungsenergie II mit Anwendungsbeispiel</li> <li>• Ebene Platten</li> <li>• Anwendungsbeispiel Drucksensor</li> </ul>
Zu erbringende Prüfungsleistung
siehe Modulebene
Zu erbringende Studienleistung
keine
Literatur
<p>Gross, Hauger, Schröder, Wall, Technische Mechanik 2: Elastostatik, 13. Auflage, 2017, Springer-Verlag, Berlin, ISBN 978-3-662-53678-0.</p> <p>Gross, Hauger, Wriggers, Technische Mechanik 4: Hydromechanik, Elemente der Höheren Mechanik, Numerische Methoden, 10. Auflage, 2018, Springer-Verlag, Berlin, ISBN 978-3-662-55694-8.</p> <p>Meriam, Kraige, Engineering Mechanics: Statics, 6. Auflage, 2008, John Wiley &amp; Sons, New York, ISBN 978-0-471-78702-0.</p>

Nash, Schaum's outline of theory and problems of statics and mechanics of materials, McGraw-Hill, New York, 1992, ISBN 0-07-045896-0.

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung

keine

Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung

Wissen und Kenntnisse des vermittelten Lehrmoduls "Technische Mechanik - Statik" des Bachelor-Studiengangs Mikrosystemtechnik, alternativ Kenntnisse in Statik und Elastomechanik aus Vorlesungen in anderen Bachelor-Studiengängen

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Mikromechanik	11LE50MO-7100 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Mikromechanik - Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-7100
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Konstruktion von Mikrosystemen	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

<b>Inhalte</b>
In der Übung erfolgt eine Vertiefung des Lehrstoffs anhand praktischer, MST-relevanter Übungsaufgaben. Ebenso wird den Studierenden mindestens eine Designaufgabe zur selbständigen Bearbeitung gegeben.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
keine
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>

↑

Name des Kontos	Nummer des Kontos
Wahlpflichtbereich M.Sc. Mikrosystemtechnik PO 2021	11LE50KT-WP-MSc-286-2021 WP
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

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

Kommentar
Im Wahlpflichtbereich müssen 18 ECTS-Punkte erworben werden. Die Studierenden wählen drei der folgenden vier Module.

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Aufbau- und Verbindungstechnik	11LE50MO-7700 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Jürgen Wilde	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Aufbau- u. Verbindungstechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 Stunden
Mögliche Fachsemester	1
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
<p>Voraussetzungen für dieses Modul sind das Grundlagenwissen zu den Fertigungstechnologien der Mikro-techniken und speziell der Dünnschichttechnik.</p> <p>Weiterhin werden die Grundzüge der Werkstoffwissenschaften und speziell der Metalle, Keramiken und Polymere vorausgesetzt. Im Bereich der Mechanik baut das Modul auf den elementaren Konzepten von Spannung und Dehnung und der Werkstoffmechanik auf.</p>

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Aufbau- und Verbindungstechnik - Vorlesung	Vorlesung		6.0	2.0	180 Stunden
Aufbau- und Verbindungstechnik - Übung	Übung			1.0	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
<p>Am Beispiel der Aufbau- und Verbindungstechnik wird der Realisierungsschritt von prinzipiell funktionierenden Mikrosystemen zu industriellen Produkten demonstriert. Darüber hinaus wird ein Überblick über wesentliche Technologien gegeben, welche häufig zur Realisierung von Demonstratoren im Rahmen der Masterarbeit eingesetzt werden.</p> <p>Die AVT ist eine komplexe Technologie, welche der Erzeugung der Hardware elektronischer Systeme dient. Diese Technologie schöpft unmittelbar aus Materialwissenschaften, Fertigungstechnik, Technischer Mechanik und auch Elektrotechnik. Ziel dieses Moduls ist der Aufbau von einsatztauglichen höher integrierten Systemen, indem ein Funktionselement integriert und kontaktiert wird und zugleich eine Barriere zum Schutz vor Umwelteinflüssen erhält.</p>

Wichtigstes Lernziel ist das Verständnis der Herstellungstechnologien für Elektronikhardware und speziell für Mikrosysteme mit Hilfe moderner industrieller Fertigungsverfahren. Schwerpunkt liegt dabei auf den Standardtechnologien für Kontaktierung, Aufbau, Montage und Schutz von Mikrosystemen.  
Weiteres wesentliches Lernziel ist die Kenntnis der Konzepte zur Auslegung und Optimierung der Aufbau- und Verbindungstechnik in der Mikrosystemtechnik unter Berücksichtigung von Funktionalität, Lebensdauer, Stress und Einsatzbedingungen und die Fähigkeit zu ihrer Anwendung bei eigenen wissenschaftlichen Fragestellungen.  
Lernziel ist auch die Qualifizierung der Studierenden speziell auf die häufig bei der Masterarbeit auftretenden praktischen Fragestellungen zur Aufbau- und Verbindungstechnik, welche über die reine Mikrosystemtechnik hinausgehen.

Zu erbringende Prüfungsleistung

schriftliche Abschlussprüfung (Klausur, 150 Minuten)

Zu erbringende Studienleistung

keine

Verwendbarkeit des Moduls

Wahlpflichtmodul für Studierende des Studiengangs

- M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Wahlpflichtbereich

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Aufbau- und Verbindungstechnik	11LE50MO-7700 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Aufbau- und Verbindungstechnik - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-7700
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Aufbau- u. Verbindungstechnik	

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 Stunden
Präsenzstudium	60
Selbststudium	120
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

Inhalte
<p>Die modernen Fertigungstechniken der Aufbau- und Verbindungstechnik werden unter den Aspekten Methode, Gerätetechnik und Materialien betrachtet. Daneben ist wesentlicher Lehrinhalt die Auslegung der Aufbau- und Verbindungstechnik mit dem Ziel möglichst guter Performance und hoher Zuverlässigkeit. Hierzu werden Berechnungsverfahren für Packungsdichte, Electromagnetic Compatibility EMC (Signallaufzeit), Thermal Management (Wärmehaushalt) und thermomechanische Probleme gelehrt und geübt. Somit sollen die Studierenden in die Lage versetzt werden, eigene Lösungen zur AVT von Mikrosystemen zu finden.</p> <p>Gliederung</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Packagingkonzepte für elektronische Systeme Entwicklungen in der Elektronik und deren Bedeutung für die Aufbau- und Verbindungstechnik: Packaging-Hierarchien: Vom Chip zum System</li> <li>2. Gehäusebauformen: Gemoldete Kunststoffgehäuse, Spritzgussgehäuse – Premolded Packages und Molded Interconnect Devices, Hermetische Gehäuse und Waferlevel Packaging</li> <li>3. Substrate: Verdrahtungseigenschaften, Organische Substrate, Multi-Chip-Module und Hybridtechniken, LTCC</li> <li>4. Montage: Löten, SMT, elektrisch leitfähiges Kleben und Eutektisches Bonden, Vergleich der Montageverfahren für Chips</li> <li>5. Kontaktierung: Drahtbondtechniken und Flip-Chip-Bonden; Vergleich der Chip-Kontaktierungsverfahren</li> <li>6. Auslegung und Design in der Aufbau- und Verbindungstechnik: Elektrische Hochfrequenz-Signale in Substraten, Thermisches Design und Kühlung - Thermal Management, Mechanisches Design, Mechanik der Chip-Montage und der SMD-Lötstellen</li> <li>7. Anwendungsbeispiele: Integrierte CMOS-Sensoren und mikromechanische Druck-Sensoren</li> </ol>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
siehe Modulebene
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
keine

Literatur

Ein Skript in englischer Sprache wird in gedruckter Form und als elektronisches Dokument (pdf) zur Verfügung gestellt. Informationsquellen und die weitestgehend englischsprachigen Literaturangaben sind im Skript enthalten.

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung

keine

Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung

Voraussetzungen für dieses Modul sind das Grundlagenwissen zu den Fertigungstechnologien der Mikro-techniken und speziell der Dünnschichttechnik.  
Weiterhin werden die Grundzüge der Werkstoffwissenschaften und speziell der Metalle, Keramiken und Polymere vorausgesetzt. Im Bereich der Mechanik baut das Modul auf den elementaren Konzepten von Spannung und Dehnung und der Werkstoffmechanik auf.

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Aufbau- und Verbindungstechnik	11LE50MO-7700 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Aufbau- und Verbindungstechnik - Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-7700
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Systemtheorie	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	1.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

<b>Inhalte</b>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
siehe Modulebene
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
keine
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>

↑

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

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 hours
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

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

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Microfluidics	Vorlesung		6.0	2.0	180 hours
Microfluidics	Übung			2.0	

<b>Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung</b>
<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>

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

↑

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

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 hours
Präsenzstudium	52
Selbststudium	128
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

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



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

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

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

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Mikrofluidik	11LE50MO-7151 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr.-Ing. Roland Zengerle	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Anwendungsentwicklung	
Fachbereich / Fakultät	
Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 Stunden
Mögliche Fachsemester	1
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
keine
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Kenntnisse und Fähigkeiten aus der Experimentalphysik

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Mikrofluidik	Vorlesung		6.0	2.0	180 Stunden
Mikrofluidik	Übung			2.0	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
<p>Die technisch korrekte Handhabung kleinster Mengen von Flüssigkeiten und Gasen spielt eine zentrale Rolle in den Schlüsselgebieten der Mikrosystemtechnik, wie Lab-on-a-Chip, InkJet und Brennstoffzellen. Diese Vorlesung liefert einen Überblick sowohl über Grundlagen als auch Anwendungsbeispiele mikrofluidischer Systeme. Lernziel der Lehrveranstaltung Mikrofluidik I ist die Vermittlung eines allgemeinen Verständnisses aller grundlegenden mikrofluidischen Effekte wie zum Beispiel der Fluidmechanik, Eigenschaften von Fluiden und physikalische und chemische Wechselwirkungen an Grenzflächen. Die Studierenden sollen die Gesetzmäßigkeiten der Eigenschaften von Fluiden und der Hydrodynamik im Makro- und Mikrobereich beherrschen und beim Entwurf neuer Systeme anwenden können. Weiterhin sollen die Studierenden die wesentlichen Elemente der Mikrofluidik und deren charakteristische Eigenschaften soweit kennen lernen, dass ihre Kompetenz einen für eigene wissenschaftliche Arbeiten verwertbaren „Funktionsbaukasten der Mikrofluidik“ (Pumpen, Mischer, etc.) umfasst.</p>

Zu erbringende Prüfungsleistung
Schriftliche Abschlussprüfung (Klausur, Dauer max. 180 Minuten)
Es wird dringend empfohlen, die Prüfung im selben Semester wie die Vorlesung und Übung zu belegen.
Zu erbringende Studienleistung
keine
Verwendbarkeit des Moduls
Wahlpflichtmodul für Studierende des Studiengangs ■ M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Wahlpflichtbereich

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Mikrofluidik	11LE50MO-7151 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Mikrofluidik	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-7151
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Anwendungsentwicklung	

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 Stunden
Präsenzstudium	60
Selbststudium	120
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

<b>Inhalte</b>
Inhalte der Vorlesung sind <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Grundlegende Eigenschaften von Fluiden</li> <li>■ Strömungslehre</li> <li>■ Diffusion</li> <li>■ Oberflächenspannung</li> <li>■ Elektrokinetik</li> <li>■ Die Entwicklung mikrofluidischer Chips</li> <li>■ Grundlegende mikrofluidische Funktionselemente</li> </ul>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
siehe Modulebene
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
keine
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Nguyen, Wereley; Microfluidics, Artech House</li> <li>■ Geschke, Klank, Telleman; Microsystem Eng. of Lab-on-a-Chip Devices, Wiley-VCh, 2nd edition</li> <li>■ Bruus; Theoretical Microfluidics, Oxford Univ. Press</li> </ul>
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
keine
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
Kenntnisse und Fähigkeiten aus der Experimentalphysik

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Mikrofluidik	11LE50MO-7151 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Mikrofluidik	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-7151b
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Anwendungsentwicklung	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

<b>Inhalte</b>
Die Lehrinhalte der Übung dienen der Vertiefung des Vorlesungsstoffs und zur Einführung der selbständigen Berechnung und Auslegung von mikrofluidischen Systemen.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
siehe Modulebene
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
keine
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>

↑

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

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 Stunden
Mögliche Fachsemester	1
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
keine

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Mikrooptik - Vorlesung	Vorlesung		6.0	2.0	180 Stunden
Mikrooptik - Übung	Übung			2.0	

<p><b>Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung</b></p> <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"> <li>• a basic understanding of electromagnetic radiation and its interaction with matter;</li> <li>• the ability to analyze and understand the most important optical components and their functionality;</li> <li>• expertise in the analysis of fundamental lens combinations;</li> <li>• the ability to design and calculate the behavior of simple optical systems;</li> <li>• an awareness of the most important fabrication and assembly processes used in optics;</li> <li>• the ability to understand and apply micro-optical components and concepts in microsystems.</li> </ul>
--

Zu erbringende Prüfungsleistung
schriftliche Abschlussprüfung (Klausur, 120 Minuten)
Zu erbringende Studienleistung
Es gibt Übungsaufgaben (im wöchentlichen oder zweiwöchentlichen Rhythmus), die bearbeitet und abgegeben werden müssen. Diese werden korrigiert und mit Punkten bewertet. Die Studienleistung ist bestanden, wenn 50% der Übungspunkte erreicht wurden.
Verwendbarkeit des Moduls
Wahlpflichtmodul für Studierende des Studiengangs ■ M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Wahlpflichtbereich

↑

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

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 Stunden
Präsenzstudium	60
Selbststudium	120
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

Inhalte
<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"> <li>1. Electromagnetic waves</li> <li>2. Light waves &amp; beams</li> <li>3. Optical materials</li> <li>4. Optical interfaces</li> <li>5. Reflective optics</li> <li>6. Refractive optics</li> <li>7. Refractive components</li> <li>8. Refractive systems</li> <li>9. Diffractive optics</li> <li>10. Diffractive components</li> <li>11. Waveguide optics</li> <li>12. Fiber optics</li> <li>13. Fabrication</li> </ol>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
siehe Modulebene
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
siehe Modulebene

Literatur

English:

- 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:

- E. Hecht: Optik
- G. Litfin: Technische Optik in der Praxis

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung

keine



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

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

<b>Inhalte</b>
In den Übungen werden die Inhalte der Vorlesung sowohl vertieft als auch gefestigt.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
siehe Modulebene
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
siehe Modulebene
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Sensorik	11LE50MO-7500-v PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Oliver Paul	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Materialien der Mikrosystemtechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 Stunden
Mögliche Fachsemester	1
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
keine
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Kenntnisse und Fähigkeiten, welche in den Fachbereichen "Elektrotechnik", "Materialwissenschaften" und "Physik" aus dem Studiengang Bachelor of Science im Fach Mikrosystemtechnik gelernt werden.

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
			6.0		
Sensorik	Vorlesung		4.0	3.0	180 Stunden
Sensorik	Praktikum		2.0	1.0	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
Die Studierenden können alle wichtigen technischen Sensorprinzipien benennen sowie deren Messbereiche und Genauigkeiten einschätzen. Zu diesen Sensorprinzipien können sie gängige Herstellungstechnologie erklären. Die Studierende verstehen die physikalisch-chemischen Konversionsprinzipien, mit denen die Sensorfunktionen realisiert werden. Mit dem erworbenen Wissen, sind die Studierenden in der Lage für eine bestimmte Aufgabe das richtige Sensorprinzip und die passende Messwerterfassung auszuwählen. Die Studierende können neue Sensorprinzipien und Sensortechnologien entwickeln.
Zu erbringende Prüfungsleistung
schriftliche Abschlussprüfung (90-180 Minuten)

Zu erbringende Studienleistung

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

Verwendbarkeit des Moduls

Wahlpflichtmodul für Studierende des Studiengangs

- M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Wahlpflichtbereich

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Sensorik	11LE50MO-7500-v PO 2021
Sensorik und Aktorik - Vorlesung	
Veranstaltungsart	

ECTS-Punkte	6.0
Semesterwochenstunden (SWS)	
Mögliche Fachsemester	1
Angebotsfrequenz	
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

Inhalte
Zu erbringende Prüfungsleistung
Zu erbringende Studienleistung
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Sensorik	11LE50MO-7500-v PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Sensorik	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-7500 PO 2021
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Materialien der Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	4.0
Arbeitsaufwand	180 Stunden
Präsenzstudium	60 Stunden
Selbststudium	120 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	3.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

<b>Inhalte</b>
<p>Die Vorlesung gibt einen Überblick über Methoden und Technologien zur Realisierung von Sensoren mit dem Fokus auf Mikrotechnologie. Aufbauend auf physikalischen, chemisch-thermodynamischen und materialwissenschaftlichen Grundlagen wird die Sensortheorie, geordnet nach den zu messenden Größen, entwickelt.</p> <p>Der Inhalt umfasst die wichtigsten physikalischen Sensoren zur Messung von Temperatur, Strahlung, Kraft, Druck, Beschleunigung und Drehrate. Weiter werden Strömungs-, magnetische und Weg-/Winkelsensoren sowie chemische Sensoren präsentiert. In jedem Kapitel werden elektronische Schnittstellenschaltungen und Linearisierungen erläutert, mit Schwerpunkt auf industrienaher technologischer Realisierung und Produktion. Anhand von Beispielen werden echte Probleme praxisnah erläutert.</p>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
siehe Modulebene
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
siehe Modulebene
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
keine
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
Kenntnisse und Fähigkeiten, welche in den Fachbereichen "Elektrotechnik", "Materialwissenschaften" und "Phyisk" aus dem Studiengang Bachelor of Science im Fach Mikrosystemtechnik gelernt werden.

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Sensorik	11LE50MO-7500-v PO 2021
Sensorik und Aktorik - Praktikum / Sensors - Laboratory	
Veranstaltungsart	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

Inhalte
Zu erbringende Prüfungsleistung
Zu erbringende Studienleistung
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Sensorik	11LE50MO-7500-v PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Sensorik	
Veranstaltungsart	Nummer
Praktikum	11LE50Pr-7500 PO 2021

ECTS-Punkte	2.0
Semesterwochenstunden (SWS)	1.0
Mögliche Fachsemester	1
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

Inhalte
<p>In den drei Modulen des Laborkurses vermitteln wir Ihnen praktische Erfahrungen, um das Wissen aus den Vorlesungen zu vertiefen. Wir möchten, dass Sie Ihr Interesse an Sensoranwendungen spielerisch wecken, erwarten aber zugleich eine Leistung auf Universitätsniveau bei den Experimenten und beim Schreiben Ihrer Berichte.</p> <p>Alle Experimente verwenden die Arduino Nicla Sense ME Plattform, die vier hochmoderne integrierte Sensoren, einen Arm Cortex M4 Prozessor und Bluetooth-Konnektivität umfasst. Bei den verschiedenen Sensoren handelt es sich um eine Inertialmesseinheit (IMU), die Beschleunigung und Rotation misst, einen Drucksensor, einen Magnetometer und einen Gassensor, der Parameter wie die äquivalente Konzentration von CO<sub>2</sub> und flüchtigen organischen Verbindungen (VOC) zusammen mit Temperatur und Luftfeuchtigkeit liefert.</p> <p>Das Praktikum besteht aus Selbstlernmodulen, für die sich jede(r) Studierende ein Nicla Sense ME Board ausleiht. Außer einem Computer mit einem USB-Anschluss, vorzugsweise einem Notebook, wird nichts weiter benötigt. Innerhalb des vorgegebenen Zeitplans (z. B. Fristen für die Abgabe von Berichten) können Sie die Experimente in Ihrem eigenen Tempo bearbeiten.</p>
Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
<p><b>Qualifikationsziele/Objectives</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sie haben praktische Erfahrung mit verschiedenen State-of-the-art-Sensoren (Beschleunigungssensor, Gyroskop, Drucksensor, Magnetometer, Gassensor, Feuchtigkeitssensor, Temperatursensor) und einer eingebetteten Sensorplattform.</li> <li>2. Sie können ein eingebettetes System so programmieren, dass es mit verschiedenen Sensoren zusammenarbeitet und die Daten an einen angeschlossenen Computer weitergibt.</li> <li>3. Sie wissen, wie man Sensormessungen nach wissenschaftlichen Standards durchführt.</li> <li>4. Sie können Sensordaten analysieren (Filterung, Integration, Differenzierung).</li> <li>5. Sie können Ihre Messungen in einem Bericht dokumentieren und angemessen diskutieren.</li> <li>6. Sie verstehen die Funktionsprinzipien der verschiedenen Sensoren und können Ihre Messungen mit den Limitierungen des Sensorprinzips in Beziehung setzen.</li> </ol>
Zu erbringende Prüfungsleistung
siehe Modulebene

Zu erbringende Studienleistung
sehe Modulebene
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
k

↑

Name des Kontos	Nummer des Kontos
Mikrosystemtechnik Vertiefung und Individuelle Ergänzung	11LE50KO-9991-MSc-286 Vertiefung
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

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

Kommentar
In den Bereichen Mikrosystemtechnik Vertiefung und Individuelle Ergänzung sind insgesamt 60 ECTS-Punkte zu erwerben. Der/Die Studierende wählt, in welchem der vier Vertiefungsbereiche (Schaltungen und Systeme, Materialien und Herstellungsprozesse, Biomedizinische Technik sowie Photonik) er/sie mindestens 30 ECTS-Punkte erwirbt; die übrigen 30 ECTS-Punkte können nach Wahl des/der Studierenden auf denselben oder einen oder mehrere der übrigen Vertiefungsbereiche entfallen. Maximal 12 dieser 30 ECTS-Punkte können (müssen aber nicht) in den Bereichen Individuelle Ergänzung 1-3 absolviert werden. Dabei darf maximal ein Sprachkurs absolviert werden.

↑

Name des Kontos	Nummer des Kontos
Mikrosystemtechnik Vertiefungen	11LE50KO-9991- MSc-286-2021 Vertiefungen
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

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

↑

Name des Kontos	Nummer des Kontos
Schaltungen und Systeme	11LE50KO-9991-MSc-286 Vertiefung 1
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

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

↑

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

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	in jedem Semester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Keine

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Angewandte Sensorschaltungstechnik - Praktische Übung	Praktikum		3.0	2.5	180 Stunden

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
Die Studierenden haben praktisches "hands-on" Wissen zum Design, zur Simulation, zur Herstellung und zum Test einer elektronischen Sensorschaltung erworben. Sie sind in der Lage elektronische Schaltungen zu entwickeln, diese in PSPICE zu simulieren, ein Schaltungslayout zu entwerfen und die Schaltung als Platine aufzubauen. Sie können eine Schaltung messtechnisch charakterisieren und können ihre Ergebnisse in Form einer Kurzpräsentation vorstellen.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Praktische Prüfungsleistung (Erstellung von Demonstratoren oder Software).
Zu erbringende Studienleistung
Durchführung und Teilnahme an Versuchen im zweiwöchentlichen Rhythmus.

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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



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

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	180 Stunden
Präsenzstudium	52 Stunden
Selbststudium	128 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	2.5
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

<b>Inhalte</b>
Inhalte sind: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Entwurf des Schaltungskonzeptes für ein elektronisches Sensorinterface</li> <li>• PSPICE-Simulation des gefundenen Konzeptes, Optimierung der Schaltung</li> <li>• Platinenlayout</li> <li>• Platinenfertigung und -bestückung</li> <li>• Schaltungstest</li> <li>• Abschlußpräsentation</li> </ul>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
siehe Modulebene
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
siehe Modulebene
<b>Literatur</b>
Tietze, Schenk, Gamm, Halbleiter-Schaltungstechnik, 15. Auflage, 2016, Springer, Berlin, ISBN 978-3-662-48354-1. Schrüfer, Reindl, Zagar, Elektrische Messtechnik, 11. Auflage, 2014, Carl-Vieweg-Verlag, München, ISBN 978-3-446-44208-5.
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>

↑

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

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 hours
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

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

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
CMOS-Integrierte Mikrosysteme / CMOS MEMS	Vorlesung		6.0	2.0	180 hours
CMOS-Integrierte Mikrosysteme / CMOS MEMS	Übung			2.0	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
The commercially most successful microsystems to date have been based on silicon. Companies such as Bosch, Analog Devices, Texas Instruments, Sensirion, and other small and medium enterprises have built their success on this wise technological choice which allows to co-integrate microsystems compatible with silicon foundry services and commercial silicon technologies, in particular CMOS technologies. It will offer a healthy mix of technology, physical sensor principles and operating techniques, and will be enriched with examples that made it into the market and others that have remained scientific visions. In tune with the progress of the lecture material, home-work will be assigned, with the presentation and discussion of solutions by students during the course hours. In summary, the attendees will acquire a broad range of skills towards becoming productive engineers in the field of smart MEMS.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Oral examination if there are 20 or fewer than 20 registered participants; written examination if there are more than 20 registered participants (minimum 60 and maximum 240 minutes). Details will be announced by the examiner in due time.

Zu erbringende Studienleistung

The "Studienleistung" consists of

(1) the documented, successful attempt to solve more than 60% of the homework problems (as checked weekly); "60% of the homework problems" means the fraction of the overall number of homework problems proposed during the course, not of each homework problem separately; "successful" means that the solution could be presented by the student in front of the class;

(2) the presentation of a representative number of solutions of homework problems in front of the class.

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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



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

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 hours
Präsenzstudium	60 hours
Selbststudium	120 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

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

↑

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

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

<b>Inhalte</b>
The exercises will deepen the topics treated during the lecture. They will allow the students to rethink and rework the more theoretical aspects and apply them to realistic examples inspired from commercial products and more academic ideas. Thereby they will see their vision sharpened for the challenges awaiting them in their future professional work in the area of smart MEMS. Solution approaches to the homework problems will be presented weekly by the participants and discussed and elaborated upon with the group of colleagues under the guidance of the professor. This discursive, participative approach allows to learn more than by being presented with up-front oral or written solutions.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
see module details
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>

↑

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

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 hours
Präsenzstudium	28 Stunden
Selbststudium	62 Stunden
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

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

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Data Converters	Vorlesung		3.0	2.0	90 Stunden

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

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

↑

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

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Präsenzstudium	28 Stunden
Selbststudium	62 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

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

Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung

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

Bemerkung / Empfehlung

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



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Embedded Computing Entrepreneurship (2ES)	11LE13MO-1404 MST/MSE PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Oliver Amft	
Veranstalter	
Institut für Informatik Intelligente Eingebettete Systeme	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 Stunden / Hours
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	unregelmäßig

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

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Embedded Computing Entrepreneurship (2ES)	Vorlesung		6.0	1.0	180 Stunden / Hours
Embedded Computing Entrepreneurship (2ES)	Seminar			1.0	
Embedded Computing Entrepreneurship (2ES)	Übung			2.0	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
<ul style="list-style-type: none"> <li>* Conceptualise and design embedded sensor systems along a specific application.</li> <li>* Develop and demonstrate key components of embedded sensor systems, including signal and pattern analysis and recognition algorithms.</li> <li>* Develop a basic market analysis and business plan.</li> <li>* Implement an agile development process.</li> </ul>
Zu erbringende Prüfungsleistung
Presentation followed by an oral examination (10 minutes per person, total duration depends on group size)

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

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Embedded Computing Entrepreneurship (2ES)	11LE13MO-1404 MST/MSE PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Embedded Computing Entrepreneurship (2ES)	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE13V-1404_PO 2020
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Informatik Intelligente Eingebettete Systeme	

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 Stunden / Hours
Präsenzstudium	16 Stunden / Hours
Selbststudium	116 Stunden / Hours
Semesterwochenstunden (SWS)	1.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	unregelmäßig
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

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

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Embedded Computing Entrepreneurship (2ES)	11LE13MO-1404 MST/MSE PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Embedded Computing Entrepreneurship (2ES)	
Veranstaltungsart	Nummer
Seminar	11LE13S-1404_PO 2020
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Informatik Intelligente Eingebettete Systeme	

ECTS-Punkte	
Präsenzstudium	16 Stunden / Hours
Semesterwochenstunden (SWS)	1.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	unregelmäßig
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

<b>Inhalte</b>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
see module details
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Embedded Computing Entrepreneurship (2ES)	11LE13MO-1404 MST/MSE PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Embedded Computing Entrepreneurship (2ES)	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE13Ü-1404_PO 2020
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Informatik Intelligente Eingebettete Systeme	

ECTS-Punkte	
Präsenzstudium	32 Stunden / Hours
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	unregelmäßig
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

<b>Inhalte</b>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
see module details
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Embedded Computing Entrepreneurship (2ES)	11LE13MO-1404 MST/MSE PO 2021
<b>Name der Studienleistung</b>	
Leistungsart	Nummer
Verantwortliche/r	
Fachbereich / Fakultät	

Prüfungsform	
Benotung	
Teilnahmepflicht	

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Embedded Computing Entrepreneurship (2ES)	11LE13MO-1404 MST/MSE PO 2021
<b>Name der Prüfungsleistung</b>	
Leistungsart	Nummer
Verantwortliche/r	
Fachbereich / Fakultät	

Prüfungsform	
Benotung	
Mögliche Fachsemester	2
Teilnahmepflicht	

↑

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

ECTS-Punkte	
Arbeitsaufwand	
Mögliche Fachsemester	4
Moduldauer	
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
			3.0		

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Drahtlose Sensorsysteme / Wireless Sensor Systems	
Veranstaltungsart	

ECTS-Punkte	3.0
Semesterwochenstunden (SWS)	
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

Inhalte
Zu erbringende Prüfungsleistung
Zu erbringende Studienleistung
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Drahtlose Sensordaten / Wireless Sensor Systems	
Veranstaltungsart	

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

Inhalte
Zu erbringende Prüfungsleistung
Zu erbringende Studienleistung
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung

↑

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

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 hours
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
None

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Energiegewinnung / Energy harvesting	Vorlesung		6.0	2.0	180 hours
Energiegewinnung / Energy harvesting	Übung			2.0	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
The students know the basic principles of (micro) energy harvesting. They know several energy conversion techniques, energy storage concepts and power management strategies in detail. The students are able to estimate the energy generation of different harvesting techniques and to work on the design of energy autonomous embedded systems. The importance of the system-level design in these systems is, in general, a central objective in this class.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Klausur (i.d.R. 90 bis 180 Minuten)   Written exam (usually 90 to 180 minutes)
Wenn die Teilnehmerzahl gering ist (< 20), kann stattdessen eine mündliche Prüfung durchgeführt werden. Die Studierenden werden rechtzeitig informiert.   If the number of participants is small (< 20), an oral examination may be held instead. The students will be informed in good time.

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

↑

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

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 hours
Präsenzstudium	52 hours
Selbststudium	128 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

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



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

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

<b>Inhalte</b>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
See module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
See module details
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>

↑

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

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 h
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

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

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Energy Efficient Power Electronics - Vorlesung	Vorlesung		6.0	2.0	
Energy Efficient Power Electronics	Übung			2.0	

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

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



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Energy Efficient Power Electronics	11LE50MO-9010 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Energy Efficient Power Electronics - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE68V-9010 PO 2021

ECTS-Punkte	6.0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

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

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Energy Efficient Power Electronics	11LE50MO-9010 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Energy Efficient Power Electronics	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE68Ü-9010 PO 2021

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

<b>Inhalte</b>
In the exercises, the contents of the lecture will be illustrated and deepened by means of examples. The students learn in their home studies on the basis of exercise sheets, e.g. to calculate the electrical properties of power electronic devices and circuits, as well as to estimate the lifetime, ruggedness, and energy efficiency of power electronic systems. During the exercises the solutions of the tasks and problems are presented by tutors and explained in detail.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
See module
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
See module
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>

↑

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

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 hours
Präsenzstudium	52 Stunden
Selbststudium	128 Stunden
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

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

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Entwurf Analoger CMOS Schaltungen / Analog CMOS Circuit Design	Vorlesung		6.0	2.0	180 hours
Entwurf Analoger CMOS Schaltungen - Praktikum / Analog CMOS Circuit Design - Laboratory	Praktikum			2.0	

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

Zu erbringende Prüfungsleistung
Written exam at the end of the term with a duration of 2h on the content of the module. The lecture and the project represent a module; the mark of the written exam will thus be weighted by 6 ECTS.
Zu erbringende Studienleistung
<ul style="list-style-type: none"><li>■ five graded reports, presentation (at the end of the term)</li><li>■ The practical exercise <i>Analog CMOS Circuit Design - Laboratory</i> is successfully passed if the final presentation is passed and an average grade of 70% is achieved in the five written reports.</li><li>■ The lecture and the project represent a module; the mark of the written exam will thus be weighted by 6 ECTS.</li></ul>
Verwendbarkeit des Moduls
Compulsory elective module for students of the study program <ul style="list-style-type: none"><li>■ M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Circuits and Systems</li><li>■ M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Schaltungen und Systeme</li><li>■ M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentration Area Circuits and Systems</li></ul>



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

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 hours
Präsenzstudium	52 hours
Selbststudium	128 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

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

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

#### Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung

Successful completion of the module 5070 - Micro-electronics. The limited number of 20 seats will be distributed among applying students based on the ranking of the module grade.

#### Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung

- Successful completion of the module 5070 - Micro-electronics. The limited number of 20 seats will be distributed among applying students based on the ranking of the module grade.
- system theory (basics)

#### Bemerkung / Empfehlung

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



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

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

Inhalte
<p>Based on the example of a two-stage amplifier with RC compensation, the practical exercise illustrates the typical design flow of analog integrated circuits. It goes hand in hand with the lecture and trains the students on the implementation of analog integrated circuits based on the gm/Id design approach. After an initial analysis of the circuit by means of hand calculations, the circuit will be implemented and simulated on transistor level using the software Cadence Spectre in order to verify its functionality. In the end, the design will be iteratively improved to withstand real-life conditions and nonidealities, e.g., temperature-, process-, and parameter variations. The student will thus learn that an understanding of the circuit's parameters and their interactions is essential for a successful implementation of an integrated circuit. At the end of the term, a presentation is to be given that covers the design on transistor level.</p>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
see module details
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Successful completion of the module 5070 - Micro-electronics. The limited number of 20 seats will be distributed among applying students based on the ranking of the module grade.</li> </ul>
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Successful completion of the module 5070 - Micro-electronics. The limited number of 20 seats will be distributed among applying students based on the ranking of the module grade.</li> <li>system theory (basics)</li> </ul>
<b>Bemerkung / Empfehlung</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Application for participation is to be performed as soon as possible in HISinOne, even if the result of the exam Mikroelektronik / Microelectronics is not yet available. Students will get informed on their status, i.e., "accepted / waiting list / rejected", once the results of the exam are available.</li> <li>No participation in the first lecture results in the cancellation of an accepted application. The seat will be given to the first student on the waiting list.</li> </ul>



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

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 hours
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

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

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Entwurf von CMOS Mixed-Signal Schaltungen / Mixed-Signal CMOS Circuit Design - Praktikum	Praktikum		3.0	2.0	90 hours

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
<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 and 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>

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



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

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 hours
Präsenzstudium	30 hours
Selbststudium	60 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

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

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 hours
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	unregelmäßig

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

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Flugregelung Praktikum / Flight Control Laboratory	Praktikum		6.0	4.0	180 hours

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
The students will be able to use a theoretical background for real applications in a scientific project. They will be able to find creative solutions to problems and to perform hands-on testing/verification of soft- and hardware. Furthermore, they will have gained experience of working in an international team.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Project work: <ul style="list-style-type: none"> <li>■ A working project result</li> <li>■ project documentation and oral presentation</li> </ul>
Zu erbringende Studienleistung
none

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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



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

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 hours
Präsenzstudium	84 hours
Selbststudium	96 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	unregelmäßig
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

Inhalte
<p>In order to register to this course please write a mail to us (<a href="mailto:moritz.diehl@imtek.uni-freiburg.de">moritz.diehl@imtek.uni-freiburg.de</a>, <a href="mailto:tommaso.s-artor@imtek.uni-freiburg.de">tommaso.s-artor@imtek.uni-freiburg.de</a>) including:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Short motivation statements,</li> <li>- A brief summary of your relevant achievements in the field of engineering, exams, university projects, personal projects.</li> <li>- If you already have an idea for a project on which you are interested to work on feel free to add that.</li> </ul> <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>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
None
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
None
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
The lab course includes topics as part of the HIGHWIND project (Simulation, Optimimization and Control of High-Altitude Wind Power Generators). As the HIGHWIND project offers a large variety of project topics,

students may be assigned topics meeting best their interests and academic background. Prior studies of “Modelling and System Identification” and/or “Optimal Control and Estimation” are recommended.

↑

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

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Präsenzstudium	28 Stunden
Selbststudium	62 Stunden
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

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

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Leistungselektronik für die Elektromobilität - Vorlesung	Vorlesung		3.0	2.0	Attendance: 24 h lecture + 6 h exercise = 30 h Self-study: 60 h 90 h

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
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.

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



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

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	Attendance: 24 h lecture + 6 h exercise = 30 h Self-study: 60 h 90 h
Präsenzstudium	30 h
Selbststudium	60 h
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

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

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Module <i>Energy Efficient Power Electronics</i> (only summer term!); Basic Knowledge in (Power) Electronics and Control
Lehrmethoden
Lecture with embedded exercise
Bemerkung / Empfehlung
This course is <b>not</b> available for exchange students.

↑

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

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 hours
Präsenzstudium	28 Stunden
Selbststudium	62 Stunden
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

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

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Leistungselektronik für Photovoltaik und Windenergie - Vorlesung	Vorlesung		3.0	2.0	90 h

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
Power electronics circuits convert the DC power of PV modules to grid compatible AC power. Wind turbines produce AC power with variable frequency, which has to be converted to AC with grid frequency. The commonly used hardware topologies of power electronic converters for renewable energies are shown and explained in detail. Additional aspects like MPP-tracking, supply of reactive power, low voltage ride through (LVRT) etc. are discussed.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Oral examination, duration: approx. 30 min.
Zu erbringende Studienleistung
None

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



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

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 h
Präsenzstudium	30 h
Selbststudium	60 h
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

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

Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Knowledge in Electrical Components (Semiconductors, Inductors, Capacitors)
Lehrmethoden
Lecture

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Mikroaktorik für Mikrosystemtechniker	11LE50MO-5707 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr.-Ing. Ulrike Wallrabe	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Mikroaktorik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 Stunden
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
keine
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Baut auf Bachelor Vorlesung Sensoren und Aktoren auf. Ansonsten Basiswissen in Physik, Elektronik, Mechanik und MST Technologien.

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Mikroaktorik für Mikrosystemtechniker - Vorlesung	Vorlesung		6.0	2.0	180 Stunden
Mikroaktorik für Mikrosystemtechniker - Übung	Übung			2.0	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
<p>Das Modul baut auf die Inhalte des Moduls "MST Bauelemente" aus dem Bachelorstudiengang Mikrosystemtechnik auf.</p> <p>Die Studierenden kennen nach Abschluss des Moduls die in der Mikrosystemtechnik am meisten verbreiteten Aktorprinzipien. Dies umfasst die zugehörigen physikalischen Grundkenntnisse und Grundgleichungen, die Umsetzung der Prinzipien in der Mikrotechnik, die für das jeweilige Prinzip notwendigen spezifischen Prozesse und typische Anwendungen.</p> <p>Weiterhin haben sie die Fähigkeit zur kritischen Auseinandersetzung mit den diversen Prinzipien. Die Studierenden kennen die Vor- und Nachteile der einzelnen Prinzipien und sind dadurch in der Lage, für eine neuartige zu entwickelnden Anwendung das richtige Prinzip auszuwählen. Sie berücksichtigen dabei typische Kenngrößen wie Kraft und Stellweg, aber auch Prozessaufwand, Integrierbarkeit und Zuverlässigkeit.</p>
Zu erbringende Prüfungsleistung
Klausur (120 Minuten)

Zu erbringende Studienleistung

keine

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Mikroaktorik für Mikrosystemtechniker	11LE50MO-5707 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Mikroaktorik für Mikrosystemtechniker - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5707
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Mikroaktorik	

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 Stunden
Präsenzstudium	60 Stunden
Selbststudium	120 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

Inhalte
<p>Mikroaktoren sind integrierte Bestandteile in vielen Mikrosystemen, z.B. in Mikrooptik, Mikrofluidik oder Sensorik und basieren auf verschiedensten physikalischen Funktionsprinzipien. Daher bedarf es in der Regel individuellen, maßgeschneiderten technischen Lösungen. In der Vorlesung wird dem zweigleisig Rechnung getragen:</p> <p>Theorieteil: Die Studierenden werden in die Lage versetzt, geeignete Aktorprinzipien auszuwählen und neuartige maßgeschneiderte Mikroaktoren zu entwickeln. Hierfür lernen sie die Kräfte, Stellwege und das dynamische Verhalten von Mikroaktoren ausgehend vom physikalischen Funktionsprinzip und dem geometrischen Aufbau schnell und effizient analytisch herzuleiten. Zudem lernen sie die relevanten funktionellen Materialien kennen. Darauf aufbauend entwickeln die Studierenden die Eigenschaften und Funktion der gängigsten Aktorprinzipien. Daher können sie schnell die Realisierbarkeit und Dimensionierung von Mikroaktoren abschätzen und diese dann im Detail weiter entwickeln.</p> <p>Anwendungsteil: Dieser Teil wird jährlich überarbeitet und um aktuelle Beispiele ergänzt. Es werden Anwendungsbeispiele aus unterschiedlichen Bereichen sowie deren Umsetzung und deren spezifischen Prozesse vorgestellt. Basierend auf dem zuvor vermittelten theoretischen Wissen, können die Studierenden die Vor- und Nachteile der verwendeten Materialien und Prozesse verschiedener Aktoren kritisch zu beleuchten und damit intuitiv eine Vorauswahl geeigneter Aktorprinzipien zu treffen.</p> <p>Grundlagenthemen:</p> <p>A. Grundlagen, Motivation: Euler-Lagrange Gleichungen; Prinzip der virtuellen Arbeit; woher kommt es. Wiederholung: Mechanisches Verhalten von Federn und Balken</p> <p>B. Elektrostatische Aktoren: Herleitung der Kraft von virtueller Arbeit, pull-in Effekt</p> <p>C. Electrowetting, dielektrische elektroaktive Polymere, Elastizität/thermische Dehnung, Piezoeffekt/Piezokeramiken</p> <p>D. Verstärkungsmechanismen: Biege wandler, Knickaktoren</p> <p>E. Elektromagnetismus: Herleitung, Maxwellgleichungen, unterschiedliche Arten von magnetischen Kräften, magnetische Materialien</p> <p>F. Magnetischer Kreis, Reluktanzaktoren</p> <p>H. Shape Memory Effekt und Superelastizität</p> <p>I. Einführung in die Strömungslehre</p>

Anwendungsthemen

1. Elektrostatik, hauptsächlich Electrowetting für Optical MEMS und Lab on Chip
2. Elektromagnetik, hauptsächlich Reluktanzaktoren für Optical MEMS
3. Piezoelektrische Aktoren für adaptive Optik
4. Thermische Aktoren und Shape Memory Anwendungen aus der Medizintechnik
5. Highlights aus aktueller Forschung: „Best of IEEE MEMS“

Zu erbringende Prüfungsleistung

siehe Modulebene

Zu erbringende Studienleistung

keine

Literatur

Begleitend zur Vorlesung wird ein Folien-Skriptum zur Verfügung gestellt und regelmäßig aktualisiert.

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung

keine

Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung

Basiswissen in Physik, Elektronik, Mechanik und MST Technologien

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Mikroaktorik für Mikrosystemtechniker	11LE50MO-5707 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Mikroaktorik für Mikrosystemtechniker - Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5707
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Mikroaktorik	

ECTS-Punkte	
Präsenzstudium	32 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

<b>Inhalte</b>
Die im Theorieteil erlernten Inhalte werden auf einfache Anwendungsbeispiele übertragen und geeignete Aktorgeometrien berechnet und dimensioniert. Es gibt verschiedene Übungen, z.B. zu mehrstufigem Kammaktor, electrowetting Linse, Reluktanz, FEM Simulation, Poiseuille-Strömung sowie zu kombinierten Problemen.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
Siehe Vorlesung
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
keine
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
keine
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
Basiswissen in Physik, Elektronik, Mechanik und MST Technologien

↑

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

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	in jedem Semester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
None

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Mikroakustische Wandler / Micro Acoustical Transducers	Vorlesung		3.0	2.0	90 hours

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
This lecture introduces into the fundamentals of air born sound propagation and effects in conjunction with the interaction of MEMS systems. You familiarize with the principles of sound transducers such as microphones and microspeakers as well as their design, key performance parameters and fabrication. Silicon microphones are the most widely spread MEMS systems worldwide and keep growing in volume as well as applications. As a role model for an integrated system, the Si microphone development will open insight into the needs and constraints of consumer product development.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Oral examination (20 minutes)
Zu erbringende Studienleistung
None

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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



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

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 hours
Präsenzstudium	28 hours
Selbststudium	62 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	in jedem Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

Inhalte
Lectures on: 1. Acoustic field and effects 2. General acoustical transducer principles 3. Modeling in acoustical, mechanical and electrical domain 4. Example of capacitive transducer and identification of key performance parameters 5. Different MEMS microphone concepts and their pros and cons 6. MEMS fabrication 7. Aspects of assembly and packaging 8. Acoustical measurement techniques 9. From microphone to microspeaker 10. Future trends 11. Applications of MEMS acoustical transducers
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
See module level
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
See module level
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
None
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
None
<b>Lehrmethoden</b>
Will be taught in English if there is at least one international participant.



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Mikrocomputertechnik/ Microcontroller Techniques - Praktikum	11LE50MO-760MScPr PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Stefan Rupitsch	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Elektr. Messt. u. Eingebettete Sys.	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

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

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Mikrocomputertechnik / Microcontroller Techniques - Praktikum	Praktikum		3.0	2.0	90 hours

<b>Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung</b>
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.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
The exam consists in the submission of 9 practically-oriented exercise sheets throughout the semester. The grade of each exercise sheet is 1/9 of the final module grade.
Explanation: This lab course is a hands-on course with an emphasis on the continuous development of microprocessor programming. Since these development processes represent the essential course work, their results will be collected and evaluated throughout the semester. In case of failure to hand in one of these deliverables due to illness, an extension of the deadline will be granted.

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

↑

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

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 hours
Präsenzstudium	30 hours
Selbststudium	60 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

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

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

↑

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

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 hours
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	unregelmäßig

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Prior Knowledge in Systems and Control, State Space Control Systems, Numerical Optimization, Numerical Optimal Control, Reinforcement Learning and Machine Learning is an advantage.

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Model Predictive Control and Reinforcement Learning	Vorlesung		3.0	1.0	90 h
Model Predictive Control and Reinforcement Learning	Übung			1.0	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
Participants understand the concepts of model predictive control (MPC) and reinforcement learning (RL) as well the similarities and differences between the two approaches. They are able to apply the methods to practical optimal control problems from science and engineering.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Towards the end of the course, participants will work on application projects which apply at least one of the MPC and RL methods to self-chosen application problems from any area of science or engineering. The results of the projects, that can be performed in teams, will be presented in a public presentation on the last day of the course and a short report to be submitted two weeks after the course. The final course grade (Prüfungsleistung) is based on the final project report.

Zu erbringende Studienleistung
A mandatory requirement for passing (Studienleistung) is based on the written microexam at the end of the course.
Verwendbarkeit des Moduls
As compulsory elective in <ul style="list-style-type: none"><li>■ M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021) and M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Concentrations Area: Circuits and Systems</li><li>■ M.Sc. Informatik / Computer Science in Spezialvorlesung   Specialization Courses</li><li>■ M.Sc. Embedded Systems Engineering (ESE) in Microsystems Engineering Concentrations Area: Circuits and Systems</li></ul> Also: <ul style="list-style-type: none"><li>■ Concentration course for MSc. Embedded Systems Engineering (PO 2012) in the concentration areas Robotic and Computer Vision, Zuverlässige Eingebettete Systeme, Circuits and Systems, Design and Simulation.</li><li>■ Concentration course for MSc. Microsystems Engineering (PO 2018) in the concentration areas Circuits and Systems, Design and Simulation.</li><li>■ Concentration course for MSc. Mikrosystemtechnik (PO 2018) students in the concentration areas Circuits and Systems, Design and Simulation.</li></ul>

↑

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

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 h
Präsenzstudium	26
Selbststudium	64
Semesterwochenstunden (SWS)	1.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	unregelmäßig
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

<b>Inhalte</b>
Lectures cover: optimal control problem formulations (constrained, infinite horizon, discrete time, stochastic, robust), dynamic programming, model predictive control formulations and stability, reinforcement learning formulations, MPC algorithms, RL algorithms, similarities and differences between MPC and RL
Towards the end of the course, participants will work on application projects which apply at least one of the MPC and RL methods to self-chosen application problems from any area of science or engineering. The results of the projects, that can be performed in teams, will be presented in a public presentation on the last day of the course and a short report to be submitted two weeks after the course. The report will determine the final grade of the course.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
see module details
<b>Literatur</b>
“Reinforcement Learning: An Introduction” by Richard S. Sutton and Andrew G. Barto “Model Predictive Control: Theory, Computation, and Design” by James B. Rawlings, David Q. Mayne, and Moritz M. Diehl “Optimal Control and Reinforcement Learning” by Dimitri Bertsekas
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
None

Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung

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



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Model Predictive Control and Reinforcement Learning	11LE50MO-5720 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Model Predictive Control and Reinforcement Learning	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5720_PO20091
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Systemtheorie Institut für Informatik Neurorobotik	

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

<b>Inhalte</b>
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
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
see module details
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>

↑

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

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 Stunden / hours
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

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

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Modellprädiktive Regelung für erneuerbare Energiesysteme	Vorlesung		3.0	2.0	90 Stunden

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

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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



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

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Präsenzstudium	32 Stunden
Selbststudium	58 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

Inhalte
<p>Model predictive control (MPC) is an advanced control technique that is able to flexibly deal with complex, multivariable systems with high performance demands operating under constraints. MPC becomes more and more important in the field of renewable energy systems because it can account systematically for the complex and varying system demands while maximizing resource efficiency during operation.</p> <p>During the lectures the following topics will be treated:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Introduction to MPC for energy systems</li> <li>Overview of traditional and advanced control concepts</li> <li>Basics of simulation and optimization</li> <li>Fundamentals and solution methods of linear MPC</li> <li>Fundamentals and solution methods of nonlinear MPC</li> <li>Modeling and control of building energy systems</li> <li>Modeling and control of solar energy plants</li> <li>Modeling and control of wind energy plants</li> </ul> <p>Bi-weekly voluntary exercises will be provided in order to help the student to understand the theory better.</p>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
see module details
<b>Literatur</b>
"Model Predictive Control: Theory, Computation, and Design" by James B. Rawlings, David Q. Mayne, and Moritz M. Diehl

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung

None

Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung

Prior knowledge in the following fields is an advantage:

- Mathematics 1 and 2 for engineers (or basic linear algebra and calculus courses)
- Linear systems theory
- State space control
- Numerical optimization
- Modeling and system identification (MSI)



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

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 hours
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

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

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Modellbildung und Systemidentifikation / Modelling and System Identification	Vorlesung		6.0	2.0	180 hours
Modellbildung und Systemidentifikation / Modelling and System Identification	Übung			2.0	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
Aim of the module is to enable the students to create and identify models that help to describe and predict the behaviour of dynamic systems. In particular, students shall become able to use input-output measurement data in form of time series to identify unknown system parameters and to assess the validity and accuracy of the obtained models.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Written exam (180 minutes)

#### Zu erbringende Studienleistung

The course work is successfully completed if both of the following criteria are met:

1) Passing the exercise: For each exercise sheet, the achieved points are determined in percentage points with respect to the maximum score of the respective exercise sheet. The two exercise sheets with the lowest percentage points achieved will not be included in the assessment. The exercise is considered passed if the average of the achieved percentage points in the remaining exercise sheets is at least 50 percentage points.

2) Passing the micro-examinations: For each micro-examination, the points achieved are determined in percentage points with respect to the maximum number of points. The micro-exam in which the fewest percentage points were obtained will not be included in the evaluation. The microclauses are considered passed if the average of the percentage points achieved in the remaining microclauses is at least 50 percentage points.

#### Verwendbarkeit des Moduls

As compulsory elective in

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

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

Wahlpflichtmodul für Studierende des Studiengangs

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



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

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 hours
Präsenzstudium	60 hours
Selbststudium	120 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

<b>Inhalte</b>
Linear and Nonlinear Least Squares, Maximum Likelihood and Bayesian Estimation, Cramer-Rao-Inequality, Recursive Estimation, Dynamic System Model Classes (Linear and Nonlinear, Continuous and Discrete Time, State Space and Input Output, White Box and Black Box Models), Application of identification methods to several case studies. The lecture course will also review necessary concepts from the three fields Statistics, Optimization, and Systems Theory, where needed.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
see module details
<b>Literatur</b>
1. Lecture manuscript 2. Ljung, L. (1999). System Identification: Theory for the User. Prentice Hall 3. Lecture manuscript "System Identification" by J
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
None
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
Undergraduate knowledge in analysis, algebra, differential equations as well as in systems theory and feedback control.

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Modelling and System Identification	11LE50MO-2080 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Modellbildung und Systemidentifikation / Modelling and System Identification	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-2080
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Systemtheorie	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

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

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
MST Design Lab II für Mikrosystemtechnik	11LE50MO-7002 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Peter Woias	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Konstruktion von Mikrosystemen	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	180 Stunden
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 term
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

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

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
MST Design Lab II for Microsystems Engineering - Praktische Übung	Praktikum		3.0	4.0	180 hours

<b>Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung</b>
<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, <math>\mu</math>C 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</p>

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.

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.

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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



Name des Moduls	Nummer des Moduls
MST Design Lab II für Mikrosystemtechnik	11LE50MO-7002 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
MST Design Lab II for Microsystems Engineering - Praktische Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Praktikum	11LE50prÜ-7005_PO 20091
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Konstruktion von Mikrosystemen	

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	180 hours
Präsenzstudium	52 hours
Selbststudium	128 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

<b>Inhalte</b>
The aim of this lab course is to build the product ideas designed in the lectures "MST Design Lab I" in the International Master course "Microsystems Engineering" or the lecture "Konstruktionsmethodik" in the German Bachelor course "Mikrosystemtechnik", to achieve a working device.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
see module details
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
Succesful completion of either the module "MST Design Lab I" (M.Sc. Microsystems Engineering) or "Konstruktionsmethodik" (B.Sc. Mikrosystemtechnik).

↑

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

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 Stunden
Mögliche Fachsemester	1
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
keine

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
MST technologies and processes	Vorlesung		6.0	2.0	180 hours
MST technologies and processes	Übung			1.0	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
<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"> <li>■ the physical and technological background of microsystems processing</li> <li>■ process flows for the fabrication of MEMS elements</li> <li>■ principals of material sciences (silicon and other semiconductors)</li> <li>■ principals of clean-room and vacuum technologies</li> </ul> <p>Also the students will be able to apply this knowledge practically to own designs, and especially in the MST design laboratories.</p>
Zu erbringende Prüfungsleistung
Written examination with a duration of 120 minutes

Zu erbringende Studienleistung
Within the practical course of this lecture, students will be assembled in teams and given an assignment to perform. The assignment will stem from the context of the lecture and will be solved by the teams independently under supervision of the professor. The assignment will be documented in a 4-page summary reported which will be graded and corrected. The result will then be presented in a 10-15 minute presentation.
Literatur
Marc Madou: Fundamentals of Microfabrication and Nanotechnology, CRC Press; 3 edition (August 1, 2011), ISBN 978-0849331800 Menz, Mohr, Paul: Microsystem Technology, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA; Edition: 1 edition (February 15, 2001), ISBN 978-3527296347
Verwendbarkeit des Moduls
Mandatory module for students of the study program <ul style="list-style-type: none"><li>■ M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021)</li></ul> Compulsory elective module for students of the study program <ul style="list-style-type: none"><li>■ M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Schaltungen und Systeme</li><li>■ M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentration Area Circuits and Systems</li></ul>



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

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 hours
Präsenzstudium	60
Selbststudium	120
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	1
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

Inhalte
The content of the course: <ul style="list-style-type: none"> <li>■ overview of MEMS processing (silicon, polymers)</li> <li>■ mechanical, chemical and physical properties of silicon</li> <li>■ cleanrooms – layout, function and operational procedures</li> <li>■ lithographic methods: physical background, optical lithography, ebeam lithography, x-Ray lithography</li> <li>■ vacuum technology, thin film and etching processes: physical and chemical background, Oxidation, Doping, Implantation, Physical Vapor Deposition (PVD), Chemical Vapor Deposition (CVD), Chemical etching processes. Plasma and reactive ion etching (RIE)</li> <li>■ surface and bulk micromachinig (process chains)</li> <li>■ back end processing: wafer bonding, dicing</li> <li>■ assembly and packaging</li> </ul>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
see module details
<b>Literatur</b>
Marc Madou: Fundamentals of Microfabrication and Nanotechnology, CRC Press; 3 edition (August 1, 2011), ISBN 978-0849331800 Menz, Mohr, Paul: Microsystem Technology, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA; Edition: 1 edition (February 15, 2001), ISBN 978-3527296347
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
none

Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung

none



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

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	1.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

<b>Inhalte</b>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
see module details
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
keine

↑

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

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 hours
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	unregelmäßig

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
None

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Numerical Optimal Control - Project	Projekt		3.0	1.0	90 hours

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

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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



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

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 hours
Präsenzstudium	14 hours
Selbststudium	76 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	1.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	unregelmäßig
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

<b>Inhalte</b>
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.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
see module details
<b>Literatur</b>
<a href="http://syscop.de/teaching/">http://syscop.de/teaching/</a>
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
None
<b>Bemerkung / Empfehlung</b>
It is strongly recommended to attend the Numerical Optimal Control lecture offered in the same semester.

↑

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

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 hours
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

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

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Numerische Optimierung / Numerical Optimization	Vorlesung		6.0	4.0	180 hours
Numerische Optimierung / Numerical Optimization	Übung			2.0	

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

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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



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

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 hours
Präsenzstudium	90 hours
Selbststudium	90 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

<b>Inhalte</b>
<p>The course is divided into four major parts:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Fundamental Concepts of Optimization: Definitions, Types, Convexity, Duality</li> <li>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</li> <li>3. Equality Constrained Optimization Algorithms: Newton Lagrange and Generalized Gauss-Newton, Range and Null Space Methods, Quasi-Newton and Adjoint Based Inexact Newton Methods</li> <li>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</li> </ol>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
see module details
<b>Literatur</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Jorge Nocedal and Stephen J. Wright, Numerical Optimization, Springer, 2006</li> <li>2. Amir Beck, Introduction to Nonlinear Optimization, MOS-SIAM Optimization, 2014</li> <li>3. Stephen Boyd and Lieven Vandenberghe, Convex Optimization, Cambridge Univ. Press, 2004</li> </ol>
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
None
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
Mathematics 1 and 2 for Engineers or basic Linear Algebra and Calculus courses



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Numerische Optimierung / Numerical Optimization	11LE50MO-5243 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Numerische Optimierung / Numerical Optimization	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5243
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Systemtheorie	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

<b>Inhalte</b>
In der Übung werden die Inhalte der Vorlesung anhand theoretischer Beispielaufgaben sowie mit Rechnerübungen vertieft.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
see module details
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
None
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
Mathematics 1 and 2 for Engineers or basic Linear Algebra and Calculus courses

↑

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

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 hours
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Numerische Optimierung / Numerical Optimization - Projekt	Projekt		3.0	1.0	90 hours

<b>Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung</b>
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.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
Submission of a report incl. a documented computer code.
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
A short oral presentation at the end of the semester.

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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



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

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 hours
Präsenzstudium	15 hours
Selbststudium	75 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	1.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

<b>Inhalte</b>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
see module details
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
None
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
None
<b>Bemerkung / Empfehlung</b>
It is strongly recommended to attend the Numerical Optimization lecture offered in the same semester.

↑

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

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 hours
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	unregelmäßig

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

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Rennautoregelung Praktikum / Race Car Control Laboratory	Praktikum		6.0	4.0	180 Stunden

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
Aim of this lab course is to use the theoretical background for real applications in a scientific project. Finding creative solutions to problems as well as hands-on testing/verification of soft- and hardware will be part of the projects. The lab course will also offer experience of working in an international team.
Zu erbringende Prüfungsleistung
project report
Zu erbringende Studienleistung
none

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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



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

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 Stunden
Präsenzstudium	56 hours
Selbststudium	126 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	unregelmäßig
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

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

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 hours
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
None

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
RF- und Mikrowellen Bauelemente und Schaltungen - Vorlesung	Vorlesung		3.0	2.0	90 h

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
The students will be able to understand concepts, devices, design, and functioning of modern RF- and microwave transceiver subsystems. This includes the understanding of basic RF-concepts, passive and active devices, circuits, functionalities, their critical figures-of-merit, and the inclusion into modules. The students will be competent to analyse passive and active RF-structures and circuits, which are relevant for any system with an RF-functionality. The competence includes the full understanding of a transmit/receive module needed for today's communication and sensing.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Oral examination, duration: approx. 30 min.
Zu erbringende Studienleistung
none

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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



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

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 h
Präsenzstudium	26 h
Selbststudium	64 h
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

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

Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
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
Arbeitsaufwand	90 hours
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
None

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
RF- und Mikrowellen Schaltungen und Systeme - Vorlesung	Vorlesung		3.0	2.0	90 h

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
The students will be able to understand, design and layout modern RF- and microwave components and systems by means of the electronic design environment Agilent Advanced Design System including the two- and three dimensional electromagnetic simulators Momentum and EMPro 3D. The detailed use of a complex RF-software environment is a dedicated target of this course. This includes the numerical analysis of complex passive and active devices, the design and layout of hybrid and integrated circuits, and their packaging and signal flow. The students are competent to design and layout passive and active RF-structures including packages and interconnects and circuits of relevance to everyday communication and sensing. The competence includes in-depth understanding and treatment of complex microwave systems and of general system design including the treatment of complex modulated signal flows.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Oral examination, duration: approx. 30 min.
Zu erbringende Studienleistung
none

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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



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

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 h
Präsenzstudium	30 h
Selbststudium	60 h
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

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

Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
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	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 hours
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
The prior or parallel participation in either module "RF- and microwave devices and circuits" or "RF- and microwave circuits and systems" is required. No prior knowledge of the software is required.
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
None

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
RF- und Mikrowellen Systeme - Design Kurs / RF- and Microwave Systems - Design Course	Praktikum		3.0	2.0	90 h

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
The students will be enabled to understand, design and layout modern RF- and microwave components and systems by means of the electronic design environment Agilent Advanced Design System including the two- and three dimensional electromagnetic simulators Momentum and EMPro 3D. The detailed use of a complex RF-software environment is a dedicated target of this course. This includes the numerical analysis of complex passive and active devices, the design and layout of hybrid and integrated circuits, and their packaging and signal flow. The students will be competent to design and layout passive and active RF-structures including packages and interconnects and circuits of relevance to everyday communication and sensing. The competence includes in-depth understanding and treatment of complex microwave systems and of general system design including the treatment of complex modulated signal flows.
Zu erbringende Prüfungsleistung
The grade is calculated based on the average of the submitted exercises (5 out of 6). There is no exam.

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

↑

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

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 h
Präsenzstudium	26 h
Selbststudium	64 h
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

<b>Inhalte</b>
The Design Course: RF- and Microwave Systems deals with the analysis and creation of RF devices, circuits and systems. It comprises three aspects: the detailed electromagnetic design of high-frequency/RF passive and active structures, the modelling and layout and verification of active electronic RF-devices in circuit environments based on various semiconductor technologies, and the high-level combination of more complex microwave systems. This includes the simulation of printed circuit boards, of integrated circuits and of devices in package including RF-interconnects, and of behavioural system simulation. Advanced analysis of RF-problems, characterisation, modelling and linear and non-linear simulation techniques are introduced in order to combine knowledge from modern electronics (from various technologies such as silicon complementary MOS and GaAs), from component analysis, RF-circuit design principles, and system engineering. The examples include simple printed circuits boards, integrated circuits, advanced communication transceivers in mobile communication based on LTE and modern radar.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
See module
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
See module
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Keysight Design System User Manual <a href="http://www.keysight.com">www.keysight.com</a></li> <li>■ Script: Design Course: RF- and Microwave Systems, R. Quay, (will be provided at the beginning of the lecture)</li> </ul>
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
The prior or parallel participation in either module <i>RF- and microwave devices and circuits</i> or <i>RF- and microwave circuits and systems</i> is required. No prior knowledge of the software is required.

Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung

None



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Robot Mechanics	11LE50MO-5724 PO 2021
Verantwortliche/r	
JProf. Dr. Edoardo Milana	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Professur für Soft Machines	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 Stunden   hours
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
keine   none
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Foundations in mechanics, calculus, geometry

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Robot Mechanics	Vorlesung		3.0	2.0	90 Stunden   hours

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
This course provides students with the knowledge and tools needed to model and analyze robotic manipulators, with an emphasis on mechanical performance. Students will learn how to analyze robotic systems, model their kinematics and dynamics, and design manipulators based on operational requirements. Application of this knowledge includes designing, modeling, and evaluating robots using real-world examples. Students demonstrate their understanding by presenting real-world use cases and demonstrate their ability to select and evaluate robot types for specific manipulation tasks.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Klausur   written exam
Zu erbringende Studienleistung
keine   none

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Robot Mechanics	11LE50MO-5724 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Robot Mechanics	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5724 PO 2021
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Professur für Soft Machines	

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 Stunden   hours
Präsenzstudium	64 Stunden   hours
Selbststudium	26 Stunden   hours
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

<b>Inhalte</b>
Kinematic chains, joints, mobility, types of manipulators, reference frames, forward kinematics, inverse kinematics, Jacobian, trajectory planning, dynamics
<b>Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung</b>
This course provides students with the knowledge and tools needed to model and analyze robotic manipulators, with an emphasis on mechanical performance. Students will learn how to analyze robotic systems, model their kinematics and dynamics, and design manipulators based on operational requirements. Application of this knowledge includes designing, modeling, and evaluating robots using real-world examples. Students demonstrate their understanding by presenting real-world use cases and demonstrate their ability to select and evaluate robot types for specific manipulation.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
siehe Moduleebene   see module level
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
siehe Moduleebene   see module level
<b>Literatur</b>
Bruno Siciliano, Lorenzo Sciavicco, Luigi Villani, and Giuseppe Oriolo. 2008. Robotics: Modelling, Planning and Control (1st. ed.). Springer Publishing Company, Incorporated.
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
keine   none
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
Foundations in mechanics, calculus, geometry

↑

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

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 Stunden
Mögliche Fachsemester	
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

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

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Sensor-Aktor-Schaltungstechnik	Vorlesung		6.0	2.0	180 Stunden
Sensor-Aktor-Schaltungstechnik	Übung			2.0	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
Das Modul vermittelt grundlegendes Wissen zur elektronischen Schaltungstechnik der signalverarbeitenden Elektronik für verschiedene Mikrosensoren und Mikroaktoren. 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.
Zu erbringende Prüfungsleistung
mündliche Prüfung

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

↑

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

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 Stunden
Präsenzstudium	52 Stunden
Selbststudium	128 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

Inhalte
Inhalte sind: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung in elektronische Bauelemente und Funktionsblöcke (Diode, Bipolartransistor, Stromquellen, Stromspiegel, Bandgap-Referenz, Operationsverstärker)</li> <li>• Stromliefernde Sensoren (Photodiode, amperometrische Elektrode)</li> <li>• Spannungsliefernde Sensoren (Ionensensitiver Feldeffekttransistor)</li> <li>• Resistive Sensoren nach dem Wheatstone-Brückenprinzip (Druck, Beschleunigung)</li> <li>• Kapazitive Sensoren (Druck, Beschleunigung, Feuchte)</li> <li>• Kapazitive Aktoren (elektrostatistisch, piezo)</li> </ul>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
siehe Modulebene
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
keine
<b>Literatur</b>
Tietze, Schenk, Gamm, Halbleiter-Schaltungstechnik, 15. Auflage, 2016, Springer, Berlin, ISBN 978-3-662-48354-1. Schrüfer, Reindl, Zagar, Elektrische Messtechnik, 11. Auflage, 2014, Carl-Vieweg-Verlag, München, ISBN 978-3-446-44208-5.
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
Wissen und Kenntnisse der vermittelten Lehrmodule "Einführung in die Elektrotechnik" und "Messtechnik" des Bachelor-Studiengangs Mikrosystemtechnik, alternativ aus vergleichbaren Lehrveranstaltungen anderer Hochschulen.

Vertiefte Grundkenntnisse zu elektronischen Bauelementen.



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Sensor-Aktor-Schaltungstechnik	11LE50MO-5725 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Sensor-Aktor-Schaltungstechnik	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5725
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Konstruktion von Mikrosystemen	

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

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

↑

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

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 hours
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

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

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Signal processing - Vorlesung	Vorlesung		6.0	2.0	180 hours
Signal processing - Übung	Übung			1.0	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
With this module students will be able to mathematically model the propagation of signals in electronic systems, enabling them to optimize their design. In particular, students will be able to design and test analog and digital filters.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Written exam (Klausur), 120 minutes
Zu erbringende Studienleistung
none

Verwendbarkeit des Moduls

Mandatory Module for students of the study program

- Master of Science in Microsystems Engineering (PO 2021)

Compulsory elective module for students of the study program

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



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

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 hours
Präsenzstudium	60
Selbststudium	120
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

Inhalte
<p>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.</p>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
see module details
<b>Literatur</b>
<p>In English:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Denbigh, Philip: System Analysis and Signal Processing</li> <li>■ Mertins: Signal Analysis</li> <li>■ Mitra: Digital Signal Processing</li> <li>■ Kay: Fundamentals of statistical signal processing &amp; Modern spectral estimation</li> <li>■ Ingle, Proakis: Digital Signal Processing using MATLAB</li> </ul> <p>In German:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Butz, Tilman: Fouriertransformation für Fußgänger</li> <li>■ Daniel Ch. von Grüningen: Digitale Signalverarbeitung, Fachbuchverlag Leipzig</li> <li>■ E. Schröder: Signalverarbeitung, Hanser Verlag</li> <li>■ R. Scheithauer: Signale und Systeme, Teubner Stuttgart</li> <li>■ Kammeyer, Kroschel: Digitale Signalverarbeitung</li> <li>■ Einführung in MATLAB, Skript zu den Übungen Signalverarbeitung SS2005</li> </ul>

- Vorlesungsskript Signalverarbeitung SS2005
- Oppenheim, Schafer: Zeitdiskrete Signalverarbeitung

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung

None

Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung

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

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Signal processing	11LE50MO-7400 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Signal processing - Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-7400
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Elektr. Messt. u. Eingebettete Sys.	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	1.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

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

↑

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

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 Stunden   hours
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	unregelmäßig

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine   none
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Students are expected to have an undergraduate knowledge in mathematics. It is furthermore recommended to have a good knowledge of differential equations, system theory and control.
Kenntnisse/Kompetenzen aus Mathematik I und II werden VORAUSGESETZT. Kenntnisse aus Differentialgleichungen, Systemtheorie und Regelungstechnik werden EMPFOHLEN.

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
State Space Control Systems	Vorlesung		6.0	3.0	180 hours
State Space Control Systems	Übung			1.0	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
The students understand the mathematical foundations of state space control systems and are able to design and use state space control systems in engineering applications.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Written exam (120 minutes)
Zu erbringende Studienleistung
none
Bemerkung / Empfehlung
Work on the weekly exercise sheets and participation in the exercises is voluntary.

Verwendbarkeit des Moduls

As compulsory elective in

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

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

Wahlpflichtmodul für Studierende des Studiengangs

- Bachelor of Science in Mikrosystemtechnik (PO 2018), im Wahlpflichtbereich, Bereich Mikrosystemtechnik
- B.Sc. in Informatik (PO 2018)



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

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 hours
Präsenzstudium	52 Stunden
Selbststudium	128 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	3.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	unregelmäßig
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

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

Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung

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



Name des Moduls	Nummer des Moduls
State Space Control Systems	11LE50MO-5267 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
State Space Control Systems	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5267
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Systemtheorie	

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

<b>Inhalte</b>
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.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
see module details
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
None
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
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
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
keine
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
keine

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Thermoelektrik und thermische Messtechnik	Vorlesung			2.0	90 Stunden

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
Nach Absolvieren dieses Moduls "Thermoelektrik und thermische Messtechnik": <ul style="list-style-type: none"> <li>■ kennen die Studierenden die physikalischen, chemischen, elektrischen Grundlagen thermoelektrischer Bauelemente und Systeme</li> <li>■ kennen die Studierenden die typische Materialsysteme, Modultechnologien und Anwendungen thermoelektrischer Bauelemente und Systeme</li> <li>■ kennen die Studierenden die physikalischen und elektrischen Grundlagen thermischer Sensoren und Messsysteme und ihre Anwendungen</li> <li>■ können die Studierenden einfache Schaltungen für thermoelektrische Systeme und thermische Sensoren entwerfen</li> </ul>
Zu erbringende Prüfungsleistung
Mündliche Prüfung (30 Minuten)
Zu erbringende Studienleistung
keine

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Thermoelektrik und thermische Messtechnik	11LE50MO-5262 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Thermoelektrik und thermische Messtechnik	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5262
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Dünnschicht-Gassensorik	

ECTS-Punkte	
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Präsenzstudium	30 Stunden
Selbststudium	60 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

<b>Inhalte</b>
<p>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.</p>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
siehe Modulebene
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
keine
<b>Literatur</b>
Begleitend zur Vorlesung werden die verwendeten Folien zur Verfügung gestellt.
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Wearable and Implantable Computing (WIC)	11E13MO-1402_PO 2020
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Oliver Amft	
Veranstalter	
Institut für Informatik Intelligente Eingebettete Systeme	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 Stunden   hours
Präsenzstudium	32 Stunden / Hours
Selbststudium	116 Stunden / Hours
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

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

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Wearable and Implantable Computing (WIC)	Vorlesung		6.0	2.0	180 Stunden / Hours
Wearable and Implantable Computing (WIC)	Übung			2.0	

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

Zu erbringende Prüfungsleistung
mündliche Prüfung (i.d.R. 30 oder 45 Minuten)   Oral exam (usually 30 or 45 minutes)  If there are too many students for a reasonably organized oral exam, it will be held as a written exam instead, announced well in advance.
Zu erbringende Studienleistung
Durchführung von Versuchen und Ergebnisprotokoll   Execution of experiments and written report of results
Verwendbarkeit des Moduls
Compulsory elective module for students of the study program ■ M.Sc. Informatik / Computer Science (2020) in Spezialvorlesung   Specialization Courses ■ M.Sc. Embedded Systems Engineering (ESE) (2021) in Elective Courses in Computer Science <b>OR</b> in Microsystems Engineering Concentrations Area Circuits and Systems/Biomedical Engineering ■ M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Circuits and Systems/Biomedical Engineering ■ M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Schaltungen und Systeme/Biomedizinische Technik  Part of the specialization Artificial Intelligence (AI) in Master of Science Informatik/Computer Science resp. MSc Embedded Systems Engineering <b>and</b> Part of the specialization Cyber-Physical Systems (CPS) in Master of Science Informatik/Computer Science resp. MSc Embedded Systems Engineering



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

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 Stunden / Hours
Präsenzstudium	32 Stunden / Hours
Selbststudium	116 Stunden / Hours
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

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

↑

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

ECTS-Punkte	
Präsenzstudium	32 Stunden / Hours
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

<b>Inhalte</b>
Student groups will investigate concrete cases including context recognition, energy-efficient signal processing, and digital design of wearable systems. A wearable device prototype will be realised per student group.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
see module details
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>

↑

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

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 hours
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	unregelmäßig

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

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Windenergiesysteme / Wind Energy Systems	Vorlesung		6.0	3.0	180 hours
Windenergiesysteme / Wind Energy Systems	Übung			1.0	-

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

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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

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

This module is available as both

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

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

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



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

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 hours
Präsenzstudium	52 hours
Selbststudium	128 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	3.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	unregelmäßig
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

<b>Inhalte</b>
Global wind energy resource - aerodynamic principles of wind turbines - design of modern wind turbines - control of modern wind turbines - the electrical system of wind turbines - alternative concepts and high-altitude wind energy.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
See module level
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
See module level
<b>Literatur</b>
"Wind Energy Handbook" by T. Burton, N. Jenkins, D. Sharpe, E. Bossanyi, 2nd edition, Wiley, 2011
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
Undergraduate knowledge in physics, mathematics as well as in systems and control.

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Windenergiesysteme / Wind Energy Systems	11LE50MO-5256 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Windenergiesysteme / Wind Energy Systems	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5256
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Systemtheorie	

ECTS-Punkte	
Arbeitsaufwand	-
Präsenzstudium	-
Selbststudium	-
Semesterwochenstunden (SWS)	1.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	unregelmäßig
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

<b>Inhalte</b>
The tutorials deepen the understanding of the material of the lecture.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
See module level
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
See module level
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
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
Arbeitsaufwand	
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
keine

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Zuverlässigkeitstechnik / Reliability Engineering - Vorlesung	Vorlesung		3.0	1.0	90 hours
Zuverlässigkeitstechnik / Reliability Engineering - Übung	Übung			1.0	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
<p>The first qualification target is an understanding of terminology for dependability, reliability and safety in an engineering context.</p> <p>To that purpose quantitative definitions are given, and a mathematical understanding of the statistical basics of reliability engineering are acquired.</p> <p>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.</p> <p>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.</p> <p>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</p>

aerospace technology are of high relevance. In this way the lecture provides the basis for the understanding of state-of-the-art techniques and concepts of reliability engineering.

Zu erbringende Prüfungsleistung

Oral exam (30 minutes)

Zu erbringende Studienleistung

none

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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

↑

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

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 hours
Präsenzstudium	30 hours
Selbststudium	60 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	1.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

Inhalte
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 1. Definitions <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 1.1 Quality, dependability, reliability and safety</li> <li>■ 1.2 Benchmarks for dependability, availability und lifetime</li> <li>■ 1.3 Statistical description of reliability</li> </ul> </li> <li>■ 2. Dependability of mechanical systems <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 2.1 Example 1: The ICE-crash at Eschede</li> <li>■ 2.2 Loads on mechanical components</li> <li>■ 2.3 Risk factors: notches and cracks</li> <li>■ 2.4 Fatigue - Woehler's S-N-curve concept</li> <li>■ 2.5 Computation of operational strength</li> </ul> </li> <li>■ 3. Reliability of electronic hardware <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 3.1 Automotive electronics: architecture, requirements and quality level</li> <li>■ 3.2 Reliability of electronic devices, data</li> </ul> </li> <li>■ 4. Reliability data-bases</li> <li>■ 5. Reliability of systems <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 5.1 Reliability block-diagram (failure-rate analysis)</li> <li>■ 5.2 Overview of failure mode analyses</li> <li>■ 5.3 Fault tree analysis (FTA)</li> <li>■ 5.4 State-Space: A general method to compute <math>R_s(t)</math> and <math>F_s(t)</math></li> </ul> </li> <li>■ 6. Reliability of repairable systems <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 6.1 Definitions</li> <li>■ 6.2 Repair rate</li> <li>■ 6.3 Availability</li> <li>■ 6.4 Markov-Chains and Markov-Processes</li> </ul> </li> <li>■ 7. Software reliability <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 7.1 Examples of software-induced accidents</li> <li>■ 7.2 Probability of software faults</li> <li>■ 7.3 Reliability models for software</li> <li>■ 7.4 Misjudgements concerning software use</li> </ul> </li> </ul>

- 8. Human factors
- 9. Pre-requisites for development processes
- 10. Standards and legislation for medical devices

Zu erbringende Prüfungsleistung

see module details

Zu erbringende Studienleistung

none

Literatur

Short lecture notes and data files with existing ANSYS macros.

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung

None

Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung

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

↑

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

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	1.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

<b>Inhalte</b>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
See module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
None
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
None
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
See lecture

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Study Project in Concentration Schaltungen und Systeme	11LE50MO-SP MST CS
Verantwortliche/r	
Prof. Dr.-Ing. Bastian Rapp	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	9.0
Arbeitsaufwand	270 Stunden /hours
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	unregelmäßig

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
keine   none
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
allgemeine mathematische Grundlagen, praktische und theoretische Grundlagen der Ingenieurwissenschaften, Programmierkenntnisse, themenspezifische Vorkenntnisse für den gewählten Themenbereich   general fundamental mathematical knowledge, practical and theoretical foundations in Engineering Sciences, programming skills, subject-specific knowledge for the chosen topics

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
In this module students get involved in the actual research process of the chosen work group/chair in the area of Circuits and Systems. Depending on their personal field of interest and their expertise in various research and teaching areas offered at the Department of Microsystems Engineering, they decide on a specific topic and deepen their knowledge and skills in this area as well as their overall proficiency in academic work and research. They learn to work on the different tasks required for the specific project under given technical specifications, to develop appropriate systems and to work experimentally and constructively in projects. Students acquire the ability to familiarize themselves with new engineering problems and do independent background research. They will work with modern development environments and adhere to the generally accepted quality standards. During the project, working in a team as well as observing the rules of good scientific work will be trained.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Depending on the specific project: written research paper or creation of demonstrators including a sufficient documentation or presentation and subsequent discussion

Zu erbringende Studienleistung
Regular attendance in (team) discussions or meetings with the supervisor. Self-organizing the given tasks, doing background research, presentation of results
Bemerkung / Empfehlung
Language is usually English, but might be negotiable (changed to German). Please learn about the procedure of finding a topic and registering for the project in good time. (For instance, see "A to Z - Study FAQ" under "Studies and Teaching" on our faculty website.)

↑

Name des Kontos	Nummer des Kontos
Materialien und Herstellungsprozesse	11LE50KO-9991-MSc-286 Vertiefung 2
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

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

↑

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

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Präsenzstudium	30
Selbststudium	60
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
keine

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Bioinspirierte Funktionsmaterialien / Bioinspired functional materials - Vorlesung	Vorlesung		3.0	2.0	90 Stunden

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
In this lecture the students will get fundamental knowledge on the structure and functionality of biological materials as to apply their design principle in the development of bioinspired biomaterials. At the end of the module, the student should be able to describe the interrelation between microstructure and properties in biological materials; apply advance methods for the characterization of microstructure and properties of biological and artificially developed bioinspired materials, and explain the theoretical principle of these methods; and describe the physical-chemistry of the processing of different bioinspired materials studied in the course.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Part of the Exam "Advanced Macromolecular Materials and Nanostructural Engineering" of the study program <u>M.Sc. Sustainable Materials - Polymer Science</u> .  written examination (90 minutes)
Zu erbringende Studienleistung
none

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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



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

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Präsenzstudium	26
Selbststudium	64
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

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

Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
none

↑

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

ECTS-Punkte	9.0
Arbeitsaufwand	270 hours
Mögliche Fachsemester	
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht

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

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Computational Physics: Materials Science	Vorlesung		9.0	4.0	270

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
<p>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.</p>
Zu erbringende Prüfungsleistung
The Prüfungsleistung consists of a written exam, and only the result of the written exam contributes to the Prüfungsleistung.
Zu erbringende Studienleistung
Criteria for passing: For successfully completing the Studienleistung (SL), students must (i) obtain, at least, an average of 50% over all the tutorial sheets , (ii) not miss more than two tutorials (either digital or in presence), and (iii) present their results at least twice during the semester.

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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



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

ECTS-Punkte	9.0
Arbeitsaufwand	270
Präsenzstudium	90
Selbststudium	180
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	unregelmäßig
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

Inhalte
<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.</p> <p>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>
Zu erbringende Prüfungsleistung
Zu erbringende Studienleistung
Literatur
lecture script: A brief Introduction into Computational Materials Science
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung

↑

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

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
keine
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
keine

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Disposable sensors	Vorlesung		3.0	2.0	90 Stunden

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
You understand the basics of different signal detection and amplification strategies. - You know the materials and the fabrication techniques used for disposable sensors. - You learn various biorecognition elements and their working mechanisms. - You overview the recent advances in disposable sensors from different application fields. - You can apply these knowledge to develop new bioanalytical devices in future.
Zu erbringende Prüfungsleistung
written exam with a duration of 90 minutes
Zu erbringende Studienleistung
none

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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



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

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Präsenzstudium	28 Stunden
Selbststudium	62 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

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

↑

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

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 h
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
None

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Werkstoffdynamik: Werkstoffcharakterisierung - Vorlesung	Vorlesung		6.0	2.0	180 h
Werkstoffdynamik: Werkstoffcharakterisierung / Dynamics of Materials: Material Characterization	Übung		6.0	2.0	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
Aim of the course is the knowledge of experimental and numerical basics on the mechanical behaviour of materials under dynamic loading conditions. It enables the students in deriving strain-rate dependent stress-strain relations and in implementing the resulting constitutive models into numerical codes. General aim is the basic ability for experimental characterization and numerical modelling of dynamic material behaviour.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Written supervised exam, duration: 90 min.
Zu erbringende Studienleistung
None

Verwendbarkeit des Moduls

Mandatory elective module for students of the study program

- M.Sc. in Sustainable Systems Engineering (PO 2021) in the technical concentration area *Resilience Engineering*

Compulsory elective module for students of the study program

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



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Dynamics of Materials: Material Characterization	11LE68MO-5118 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Werkstoffdynamik: Werkstoffcharakterisierung - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE68V-5118
Veranstalter	
Inst. f. Nachh. Technische Systeme Nachhaltige Ingenieursysteme	

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 h
Präsenzstudium	52 h
Selbststudium	128 h
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

Inhalte
Materials Characterisation: <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Static and dynamic testing of materials</li> <li>■ Strain rate as a measure for dynamic material behaviour</li> <li>■ Use of elastic waves for materials testing</li> <li>■ Strain-rate dependent elasticity, plasticity, and failure</li> <li>■ Mathematical modelling of material failure</li> <li>■ Shock waves in solids</li> <li>■ Equations of state and the total stress tensor</li> <li>■ Nonlinear Equations of state</li> </ul>
Numerical modelling of dynamic deformation <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Spatial and Time Discretization of dynamic deformation of solids</li> <li>■ Finite differences for space and time</li> <li>■ Basics of the Finite Element method</li> <li>■ Implicit and explicit time integration</li> <li>■ Basics of meshfree discretization methods</li> </ul>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
See module
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
See module
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ S. Hiermaier, "Structures under Crash and Impact", Springer, 2008.</li> </ul>
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
None

Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung

None

Lehrmethoden

Lecture + exercise

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Dynamics of Materials: Material Characterization	11LE68MO-5118 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Werkstoffdynamik: Werkstoffcharakterisierung / Dynamics of Materials: Material Characterization	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE68Ü-5118
Veranstalter	
Inst. f. Nachh. Technische Systeme Nachhaltige Ingenieursysteme	

ECTS-Punkte	6.0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

<b>Inhalte</b>
Exercises will utilize freely available Finite-Element codes (currently: Ansys Student) to study specific applications of the theoretical knowledge established in the lectures. We will work through a series of applied examples demonstrating different material behaviour, e.g. reversible elastic or permanent plastic deformation. Different solution methods for quasi-static and time-dependent phenomena will be explored. The need for simulation as a tool to interpret experimental data will be demonstrated in case of elastic wave propagation for the Split-Hopkinson Bar Method. Students are expected to present solutions to exercises in front of the class.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
See module
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
See module
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
None
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
None

↑

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

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 hours
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	in jedem Semester

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

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Electrochemical energy applications: fuel cells and electrolysis	Vorlesung		3.0	2.0	90 Stunden

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

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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



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

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Präsenzstudium	26
Selbststudium	64
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	in jedem Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

<b>Inhalte</b>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
siehe Modulebene
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
keine
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
none
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
Knowledge in material science

↑

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

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

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

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Elektrochemische Methoden für Ingenieure / Electrochemical Methods for Engineers - Vorlesung	Vorlesung		3.0	2.0	90 hours

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
The students know the essential concepts and fundamental equations of electrochemical theory. The participants from different subjects link together the knowledge from physical chemistry and several engineering disciplines to get a sound understanding of the classical electrochemical methods and electrochemical impedance spectroscopy. The students can apply their knowledge and understanding of the electrochemical methods to tasks in the field of material science, microtechnology, microsystems and energy application.
Zu erbringende Prüfungsleistung
written examination (90 minutes)
Zu erbringende Studienleistung
none

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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



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

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 hours
Präsenzstudium	30
Selbststudium	60
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

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

Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung

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



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

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Energiespeicherung und Wandlung mittels Brennstoffzellen / Energy storage and conversion using fuel cells - Vorlesung	Vorlesung		3.0	2.0	90 Stunden

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
Ziel des Moduls ist die Vermittlung der vertieften theoretischen Grundlagen und der spezifischen Kenntnisse zur Speicherung und Wandlung von Energie mittels Brennstoffzellen in mikrotechnischen Systemen.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Klausur (90 Minuten)
Zu erbringende Studienleistung
keine
Verwendbarkeit des Moduls
Compulsory elective module for students of the study program <ul style="list-style-type: none"> <li>■ M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Materials and Fabrication</li> <li>■ M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Materialien und Herstellungsprozesse</li> <li>■ M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), Concentration Materials and Fabrication</li> </ul>



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

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Präsenzstudium	26
Selbststudium	64
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

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

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung



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

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 hours
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

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

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Fortgeschrittene Siliziumtechnologie / Advanced Silicon Technology - Vorlesung	Vorlesung		3.0	2.0	90 hours

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
<p>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.</p> <p>Whenever possible, we will organize a visit of the Micronas GmbH in Freiburg and their CMOS Fab.</p>
Zu erbringende Prüfungsleistung
<p>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.</p>
Zu erbringende Studienleistung
none

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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



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

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 hours
Präsenzstudium	26
Selbststudium	64
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

<b>Inhalte</b>
Substrate materials, oxidation, diffusion, implantation, polysilicon and epitaxy, silicides, metallisation, dielectric layers, SiGe, strained silicon, low- und high-k-dielectrics, photo lithography (immersion lithography, phase shift mask, EUV, chemical-mechanical polishing, process integration, CMOS-compatible micro mechanics
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
none
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Chang/Sze: ULSI Technology, Wiley</li> <li>■ Semiconductor International: monatliche Technologie-Zeitschrift</li> </ul>
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
Basic knowledge in microsystems technology and semiconductor physics

↑

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

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 h
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

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

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Functional Safety, Security and Sustainability: Active Resilience - Vorlesung	Vorlesung		3.0	2.0	90 h

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
Main learning targets include: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Know main (emerging) application domains, e.g. digitalized production, autonomous transport, aerospace, safety of self-learning systems, and renewable energy systems</li> <li>2. Knowledge how to achieve acceptable overall safety (risk control), security, sustainability, and resilience of socio-technical (safety relevant and critical) systems through reliable functions</li> <li>3. Knowledge and tailoring of definitions, types and effects of reliability functions</li> <li>4. Relation of functional safety to related concepts for security and sustainability generation</li> </ol>

5. Knowledge and tailoring of safety life cycle, development processes and process steps to plan, develop, verify and validate reliability or safety functions
6. Knowledge, tailoring, process-driven application, quantification and evaluation, executive conclusions development, and litigable documentation of mainly quantitative system analysis methods
7. Knowledge of required development methods and how to combine and tailor them for achieving functional safety
8. Know failure types and how to avoid and control them with techniques and measures for hardware and software
9. Knowledge and application of assessment quantities for reliable functions, e.g. safety integrity level (on demand or continuous), hardware failure tolerance, diagnostic coverage, safe failure fraction, complexity level
10. Understanding of the role of Machine Learning (ML) and artificial intelligence (AI) approaches as part of considered systems or of the functional safety process and methods, and related emerging options
11. Knowledge of reliability prediction methods and related standards
12. Applicable knowledge of related standardization landscape

#### Zu erbringende Prüfungsleistung

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

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

#### Zu erbringende Studienleistung

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

#### Verwendbarkeit des Moduls

Elective module for students of the study program

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



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

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 h
Präsenzstudium	26 h
Selbststudium	64 h
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

Inhalte
<p>Main content:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Definition of functional safety, safety functions, safety integrity level (SIL), safety related systems and related key quantities, e.g. hardware failure tolerance (HFT), complexity, diagnostic coverage (DC), safe failure fraction (SFF)</li> <li>2. Relation and transfer of functional safety to reliability, availability, security, IT-security, sustainability, and resilience</li> <li>3. Functional safety, security, sustainability and resilience life cycle models (management and development processes): general and phase-specific requirements</li> <li>4. System definition and graphical/semi-formal modelling for system analysis, e.g. with UML and SysML</li> <li>5. Inductive analytical tabular system analysis methods: e.g. hazard analyses (PHL, PHA, SSH, O and SHA, HAZOP), hazard log, failure mode and effects analysis (FMEA, FMEDCA), double failure matrix</li> <li>6. (Deductive) Graphical system analysis methods: Fishbone diagram, Event Tree Analysis, Reliability block diagram (RBDs), Fault tree analysis (FTA, TDFTA)</li> <li>7. Markov models and Petri nets</li> <li>8. (Semi) Quantification and evaluation of system analysis methods, e.g. using risk priority numbers, parts count and parts stress, reliability prediction standards, Boolean algebra and importance measures for FTA, quantitative measures for graph-based methods, computation and simulation approaches for Markov and Petri models</li> <li>9. Overview on methods for requirements determination, e.g. SIL: graphical, numerical, analytical, statistical, simulation based using individual and collective risk criteria</li> <li>10. Safety and reliability function architecture allocation, e.g. MooN, MooND</li> <li>11. Overview on techniques and measures for hardware and software to avoid and control systematic errors of hardware and software and to avoid and control statistic errors of hardware</li> <li>12. Combination and tailoring of processes and methods</li> <li>13. Application domains and examples: e.g. automation, production, automotive, transport, energy generation, systems with ML/AI, e.g. autonomous driving</li> <li>14. Use of ML/AI for safety assessment and development</li> <li>15. Standardization landscape, e.g. functional safety standards IEC 61508, ISO 26262 and safety of intended functionality ISO/PAS 21448</li> </ol>

16. Emerging standards, future risk control and resilience generation challenges, e.g. AI and superintelligence control

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung

Zu erbringende Prüfungsleistung

See module

Zu erbringende Studienleistung

See module

Literatur

Sample literature:

1. Satisfying safety goals by probabilistic risk analysis, Hiromitsu Kumamoto, Springer 2007
2. Modern statistical and mathematical methods in reliability, Alyson Wilson et. al. (eds.), World Scientific, 2005
3. Mathematical and statistical methods in reliability, Bo H Lindqvist and Kyell A Doksum, World Scientific, 2003
4. Hazard analysis techniques for system safety, Clifton A. Ericson, Wiley, 2015
5. FRAM: the functional resonance analysis method, Erik Hollnagel, Ashgate, 2012
6. Synesis: The Unification of Productivity, Quality, Safety and Reliability, Erik Hollnagel, Ashgate, 2020
7. Control systems safety evaluation and reliability, William M. Gobe, 2010
8. System reliability theory: models, statistical methods and applications, Marvin Rausand, Arnljot Hoyland, Wiley-Interscience, 2004
9. Risk assessment: theory, methods, and application, Marvin Rausand, Wiley, 2011
10. Reliability of safety-critical systems: theory and applications, Marvin Rausand, Wiley, 2014
11. Risk and resilience: methods and application in environment, cyber and social domains, Eds.: Igor Linkov, Jose Manuel Palma-Oliviera, Springer, 2017
12. Functional safety for road vehicles: new challenges and solutions for e-mobility and automated driving, Hans-Leo Ross, Springer, 2016
13. Functional Safety of Machinery: Sample Questions and Solutions, Jagadeesh-Pandiyam, author's edition, 2019
14. Functional safety in practice, Harvey T Dearden, CreateSpace Independent Publishing Platform, 2018
15. Modeling for reliability analysis: Markov modeling for reliability, maintainability, safety, and supportability analyses of complex systems, Jan van Pukite, Paul Pukite, Wiley-IEEE Press, 1998
16. Applied reliability engineering and risk analysis: probabilistic models and statistical inference, Editor(s): Ilia B. Frenkel, Alex Karagrigoriou, Anatoly Lisnianski, Andre Kleyner, John Wiley & Sons, 2013
17. Reliability engineering: theory and practice, Alessandro Birolini, Springer, 2013
18. Electronic safety systems: hardware concepts, models, calculations, Josef Börcsök, Hüthig, 2004
19. Functional Safety: Basic Principles of Safety-related Systems, Josef Börcsök, Hüthig, 2020
20. Zuverlässigkeitstechnik, Arno Meyna and Bernhard Pauli, Hanser, 2010
21. The safety critical systems handbook, David J. Smith, Butterworth-Heinemann, 2010
22. Reliability and availability engineering: modeling, analysis, and applications, Kishor S. Trivedi, Andrea Bobbio, Cambridge University Press, 2017
23. Embedded Software Development for Safety-Critical Systems, Chris Hobbs, CRC Press, 2019
24. Dynamic Probabilistic Systems, Volume I: Markov Models, Ronand A. Howard, Dover publications, 2012
25. Dynamic Probabilistic Systems, Volume II: Semi-Markov and Decision Processes, Ronand A. Howard, Dover publications, 2013
26. Fault-Tolerant Systems, Israel Koren, C. Mani Krishna, Morgan Kaufmann Publisher, 2020
27. Semi-Markov Processes: Applications in System Reliability and Maintenance, Franciszek Grabski, Elsevier, 2014

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

**Further information:**

Sample related standards for information

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

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

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung

None

Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung

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

- system description and modelling
- graphical/ semiformal modelling
- product and development life cycles
- classical system analysis
- reliability analysis for any engineering discipline, e.g. electronics, computer science, mechanical, civil and aerospace engineering

Lehrmethoden

Lecture with integrated exercises.



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Grundlagen der mechanischen Werkstoffcharakterisierung	11LE68MO-BScSSE-3034
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Stefan Hiermaier	
Veranstalter	
Inst. f. Nachh. Technische Systeme Nachhaltige Ingenieursysteme	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 h
Präsenzstudium	60
Selbststudium	120
Mögliche Fachsemester	5
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Kenntnisse in Kontinuumsmechanik

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Grundlagen der mechanischen Werkstoffcharakterisierung	Vorlesung		6.0	2.0	
Grundlagen der mechanischen Werkstoffcharakterisierung	Übung			2.0	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
<p>Nach Abschluss dieses Moduls kennen Studierende die grundlegenden Charakterisierungsmethoden für mechanisches Werkstoffverhalten. Sie haben anhand selbst durchgeführter Charakterisierungsexperimente Erfahrung, wie sich Materialien unter mechanischer Beanspruchung verhalten. Studierende sind in der Lage, aus einfachen Zug- und Druckversuchen ingenieurtechnische Parameter wie das E-Modul oder die plastische Fließspannung abzuleiten.</p> <p>Durch Auswertung von reellen Versuchsdaten kennen Studierende den Einfluß experimenteller Unsicherheiten auf die auszuwertende Zielgröße und sind in der Lage, angegebene Genauigkeiten physikalischer Meßgrößen einzuordnen.</p>

Zu erbringende Prüfungsleistung
Protokoll
Zu erbringende Studienleistung
Regelmäßige Teilnahme an der Übung gemäß §13 (2) der Rahmenprüfungsordnung Bachelor of Science. Zu Beginn jeder Übung muss ein fünfminütiges Prüfungsgespräch abgelegt werden.
Verwendbarkeit des Moduls
Wahlpflichtmodul für Studierende des Studiengangs ■ B.Sc. Sustainable Systems Engineering (PO 2018)

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Grundlagen der mechanischen Werkstoffcharakterisierung	11LE68MO-BScSSE-3034
<b>Veranstaltung</b>	
Grundlagen der mechanischen Werkstoffcharakterisierung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE68V-BScSSE-3034
Veranstalter	
Inst. f. Nachh. Technische Systeme Nachhaltige Ingenieursysteme	

ECTS-Punkte	6.0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

Inhalte
<p>Das Modul besteht aus Vorlesungen und praktischen Übungen, die wochenweise abwechseln. Die Arbeit im Charakterisierungslabor erfolgt in Gruppen unter Anleitung. Folgende Inhalte werden vermittelt:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Umwandlung von Kraft und Verschiebung in technische Spannung und technische Dehnung; Kenngrößen E-Modul, Querkontraktionszahl, Cauchy-Spannung, logarithmische Verzerrung anhand Zugversuch an duktilem Metall.</li> <li>2. Messtechnik: Weg und Kraftmessung, DMS- und Piezosensoren, kontaktlose Verfahren</li> <li>3. Druckversuche an Schaumstoff; Energieabsorptionsvermögen</li> <li>4. Polymere Werkstoffe und Viskoelastizität</li> <li>5. Ratenabhängigkeit der Festigkeit, dynamische Werkstoffcharakterisierung</li> <li>6. Biegeversuche an homogenen Werkstoffen und Verbundwerkstoffen</li> </ol> <p>Vorlesung und Übungen sind in zusammengehörenden Einheiten organisiert.</p>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
siehe Modulebene
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
siehe Modulebene
<b>Literatur</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Meyers and Chawla, "Mechanical Behavior of Materials", ISBN 9780521866750, <a href="http://www.cambridge.org/9780521866750">www.cambridge.org/9780521866750</a></li> <li>2) Literatur wird über ILIAS im geschlossenen Benutzerkreis den Studierenden bereitgestellt.</li> </ol>
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Grundlagen der mechanischen Werkstoffcharakterisierung	11LE68MO-BScSSE-3034
<b>Veranstaltung</b>	
Grundlagen der mechanischen Werkstoffcharakterisierung	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE68Ü-BScSSE-3034
Veranstalter	
Inst. f. Nachh. Technische Systeme Nachhaltige Ingenieursysteme	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

Inhalte
Zu erbringende Prüfungsleistung
Zu erbringende Studienleistung
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung

↑

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

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 hours
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

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

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Hardware-Entwicklung mit der Finite-Elemente-Methode / Hardware Design with the Finite-Element-Method - Praktische Übung	Praktikum		6.0	4.0	180 Stunden

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
It is the aim, that after this module, the student will know the fundamental physical problems in electronic hardware based on own numerical investigations. The student will have elementary capabilities to solve praxis-relevant design problems in assembly and packaging of MEMS using a professional finite-element-system. He/she will know how experiments can be replaced by simulation and what the necessary input data are. He/she will be able to work with the Finite-Element-Code and to modify complex existing models. Furthermore it is expected that the student will have improved capabilities in the analysis of industrial problems and on reporting of the corresponding results.

Zu erbringende Prüfungsleistung
Benotete Protokolle und eine schriftliche Prüfung auf der Grundlage der Protokolle. Bei geringer Teilnehmerzahl kann anstelle der schriftlichen Prüfung eine mündliche Prüfung durchgeführt werden. Die Studierenden werden rechtzeitig darüber informiert.  Graded protocols and a written examination based on the protocols. If the number of participants is very small, an oral examination may be held instead of the written exam. The students will be informed in good time.
Zu erbringende Studienleistung
keine / none
Verwendbarkeit des Moduls
Compulsory elective module for students of the study program <ul style="list-style-type: none"><li>■ M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Materials and Fabrication</li><li>■ M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Materialien und Herstellungsprozesse</li><li>■ M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), Concentration Materials and Fabrication</li></ul>



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Hardware-Entwicklung mit der Finite-Elemente-Methode / Hardware Design with the Finite-Element-Method	11LE50MO-5503 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Hardware-Entwicklung mit der Finite-Elemente-Methode / Hardware Design with the Finite-Element-Method - Praktische Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Praktikum	11LE50P-5503

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 Stunden
Präsenzstudium	60
Selbststudium	120
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

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

↑

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

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 Stunden   hours
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

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

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
High-Performance Computing: Fluid Mechanics with Python	Vorlesung		6.0	2.0	180 Stunden
High-Performance Computing: Fluid Mechanics with Python	Übung			2.0	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
The student <ul style="list-style-type: none"> <li>■ can use Python for solving numerical problems using the numpy and scipy libraries and knows strategies for writing efficient code</li> <li>■ can apply the Message Passing Interface (MPI) libraries to parallelize specific numerical problems</li> <li>■ can use job submission systems on parallel computers to run their Python codes.</li> </ul>
Zu erbringende Prüfungsleistung
Written examination. The students have to submit a written report, describing numerical results and scaling tests obtained with their simulation code.
Zu erbringende Studienleistung
none

Verwendbarkeit des Moduls

Wahlpflichtmodul für Studierende des Studiengangs

- Bachelor of Science in Mikrosystemtechnik (PO 2018), im Wahlpflichtbereich, Bereich Mikrosystemtechnik
- B.Sc. in Embedded Systems Engineering (PO 2018) im Bereich Mikrosystemtechnik

As compulsory elective module for students of the study program

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

Students enrolled in the Master of Science in Sustainable Systems Engineering (2021 version of the exam-regulations) can complete this elective module in the technical concentration area *Sustainable Materials Engineering* or *Interdisciplinary Profile - Modules related to the Subject Area*.



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

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 Stunden
Präsenzstudium	52 Stunden
Selbststudium	128 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

Inhalte
<p>This class teaches parallel scientific computing with Python using the numpy library for fast array operations. Parallelization strategies that use the Message Passing Interface (MPI) will be presented. These technical concepts will be applied to the solution of fluid mechanical problems using the lattice Boltzmann method.</p> <p>Scientific computing:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Efficient Python: basics, numpy arrays, numpy operations, scipy</li> <li>2. Translating mathematical expressions into efficient array operations</li> <li>3. The Message Passing Interface (MPI)</li> <li>4. Parallelization strategies</li> <li>5. Practical aspects of working with High-Performance clusters</li> </ol> <p>Fluid mechanics and the Lattice Boltzmann method:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>6. Phenomenology of fluid mechanics</li> <li>7. Lattice gas and lattice Boltzmann</li> <li>8. Boundary conditions</li> </ol>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
See module level
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
See module level
<b>Literatur</b>
<p>A. Scopatz, K.D. Huff, "Effective Computation in Physics" (O'Reilly 2015)                      W.A. Wolf-Gladrow, "Lattice-Gas Cellular Automata and Lattice Boltzmann Models" (Springer 2000)</p>

T. Krüger, H. Kusumaatmaja, A. Kuzmin, O. Shardt, G. Silva, E.M. Vigen, "The Lattice Boltzmann Method" (Springer 2017)

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung

None

Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung

Knowledge of a programming language (not necessarily Python, i.e. Java, C, C++, etc.)

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
High-Performance Computing: Fluid Mechanics with Python	11LE50MO-5285 ESE PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
High-Performance Computing: Fluid Mechanics with Python	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5285
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Simulation	

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

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

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
High-Performance Computing: Molecular Dynamics with C++	11LE50MO-5288 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Lars Pastewka	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Simulation	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 Stunden   hours
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

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

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
High-Performance Computing: Molecular Dynamics with C++	Vorlesung		6.0	2.0	180 hours
High-Performance Computing: Molecular Dynamics with C++	Übung			2.0	-

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

Zu erbringende Studienleistung

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

Verwendbarkeit des Moduls

As compulsory elective in

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



Name des Moduls	Nummer des Moduls
High-Performance Computing: Molecular Dynamics with C++	11LE50MO-5288 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
High-Performance Computing: Molecular Dynamics with C++	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5286
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Simulation	

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 hours
Präsenzstudium	56 Stunden
Selbststudium	124 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

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

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
High-Performance Computing: Molecular Dynamics with C++	11LE50MO-5288 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
High-Performance Computing: Molecular Dynamics with C++	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5286
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Simulation	

ECTS-Punkte	
Arbeitsaufwand	-
Präsenzstudium	-
Selbststudium	-
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

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

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
High-Performance Computing: Molecular Dynamics with C++	11LE50MO-5288 PO 2021
Name der Prüfungsleistung	
Leistungsart	Nummer
Verantwortliche/r	
Fachbereich / Fakultät	

Prüfungsform	
Benotung	
Mögliche Fachsemester	4
Teilnahmepflicht	

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Introduction to (Bioinspired) Programmable Meta Materials	11LE50MO-5287 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Christoph Eberl	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Mikro- und Werkstoffmechanik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 Stunden / hours
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine / none
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Bachelor in engineering or natural sciences and related studies.

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Introduction to (Bioinspired) Programmable Meta Materials	Vorlesung		6.0	2.0	180 Stunden / hours
Introduction to (Bioinspired) Programmable Meta Materials	Übung			2.0	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
Concluding this course enables you to design programmable mechanical metamaterials. You will know how to prototype such materials and be able to characterize their behavior. You will be able to relate algorithms from biological model systems which can be implemented into programmable materials. You will understand the mechanics behind it.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Prüfungsgespräch / oral examination

Zu erbringende Studienleistung

Referat, Vortrag / presentation

There will be lab courses where characterization methods will be introduced. Students will design, simulate or manufacture programmable metamaterials and present their project at the end.



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Introduction to (Bioinspired) Programmable Meta Materials	11LE50MO-5287 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Introduction to (Bioinspired) Programmable Meta Materials	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5287 PO 2021
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Mikro- und Werkstoffmechanik	

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 Stunden / hours
Präsenzstudium	52 Stunden
Selbststudium	128 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

Inhalte
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Programmable Materials: from properties to abilities (should we combine the first two?)</li> <li>2. The introduction of mechanical metamaterials and their manufacturing and possible applications</li> <li>3. Learning from nature – plant mechanics and function integration in biological role models</li> <li>4. Semantic description of materials</li> <li>5. Calculating analytical relationships for the mechanical properties of 2D and 3D metamaterials</li> <li>6. Simulation of the mechanical metamaterials unit cells and lattices under periodic boundary condition.</li> <li>7. Introducing nonlinearities and instabilities such as buckling and bistability in metamaterials (Mechanisms, Simulations and experimental examples)</li> <li>8. Structural and mechanical characterization: how to measure complex structures as well as nonlinear and discontinuous behavior</li> <li>9. How to introduce algorithms into programmable mechanical meta materials (Simulation and Experiments)</li> <li>10. Programming mechanical metamaterials for specific functionalities</li> <li>11. An introduction to forward and inverse design with machine learning</li> <li>12. Manufacturing of (programmable) meta materials and the semantic description of manufacturing</li> <li>13. Wrap-up</li> </ol>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
Keine / none
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
Bachelor in engineering or natural sciences and related studies.



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Introduction to (Bioinspired) Programmable Meta Materials	11LE50MO-5287 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Introduction to (Bioinspired) Programmable Meta Materials	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5287 PO 2021
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Mikro- und Werkstoffmechanik	

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

<b>Inhalte</b>
Students learn the application of the courses content in the excercises. Students will design, simulate or manufacture programmable metamaterials and present their project at the end.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>

↑

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 Werkstoffprozessertechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
keine
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Kenntnisse der Werkstoffwissenschaft, z.B. Zustandsdiagramme, physikalische Eigenschaften verschiedener Materialklassen, Kristallsysteme, thermodynamische Eigenschaften und Kinetik kristalliner und nichtkristalliner Festkörper

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Keramische Werkstoffe der Mikrotechnik / Ceramic Materials for microsystems - Vorlesung	Vorlesung		3.0	2.0	90 Stunden

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
Ziel des Moduls ist es, die technologischen und physikalischen Grundlagen der keramischen Werkstoffe und die zugehörigen Prozessierungsmethoden zu vermitteln. Mikrosystemtechnisch relevante Aspekte der keramischen Werkstoffe und ihrer Prozessierungsmethoden sollen aufgezeigt werden.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Schriftliche Prüfungsleistung von 90 Minuten Dauer
Wenn die Teilnehmerzahl gering ist, kann stattdessen eine mündliche Prüfung (30 Minuten) durchgeführt werden. Die Studierenden werden rechtzeitig informiert.

Zu erbringende Studienleistung

keine

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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

↑

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

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Präsenzstudium	26
Selbststudium	64
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

<b>Inhalte</b>
<p>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.</p>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
siehe Modulebene
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
keine
<b>Literatur</b>
Begleitend zur Vorlesung wird ein Skriptum und werden Handzettel der Vorlesungsfolien zur Verfügung gestellt.
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
keine
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
Kenntnisse der Werkstoffwissenschaft, z.B. Zustandsdiagramme, physikalische Eigenschaften verschiedener Materialklassen, Kristallsysteme, thermodynamische Eigenschaften und Kinetik kristalliner und nichtkristalliner Festkörper



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

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 h
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

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

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Kontinuumsmechanik I - Vorlesung	Vorlesung		6.0	2.0	180 h
Kontinuumsmechanik I / Continuum Mechanics I	Übung			2.0	

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

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



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

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 h
Präsenzstudium	52 h
Selbststudium	128 h
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

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

↑

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

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

<b>Inhalte</b>
The content of the lecture will be further studied by exercises in order to train the mathematical foundations and the first applications in the field of continuum mechanics.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
See module
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
See module
<b>Literatur</b>
See lecture
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
None
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
See lecture

↑

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

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 h
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Module Continuum Mechanics I with Exercises</li> </ul>

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Kontinuumsmechanik II - Vorlesung	Vorlesung		6.0	2.0	180 h
Kontinuumsmechanik II / Continuum Mechanics II	Übung			2.0	See lecture

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
The objective of the course is the knowledge of nonlinear continuum mechanics and its applications in solid state and fluid mechanics. The content of the topics of the lecture will be further studied by exercises in order to train the mathematical foundations and the first applications in the field of continuum mechanics.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Oral examination (one-on-one, Prüfungsgespräch) with a max. duration of 45 min. The oral examination covers the content of the lecture and exercises.
Important info for exchange students: the examination must be taken at the official examination date.
Zu erbringende Studienleistung
none

Verwendbarkeit des Moduls

Elective Module for students of the study program

- Master of Science in Sustainable Systems Engineering (2021 version of the exam regulations):
  - Resilience Engineering
  - Sustainable Materials Engineering
- M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Materials and Fabrication
- M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Materialien und Herstellungsprozesse
- M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area:Materials and Fabrication



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

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 h
Präsenzstudium	60 h
Selbststudium	120 h
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

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



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

ECTS-Punkte	
Arbeitsaufwand	See lecture
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

<b>Inhalte</b>
The content of the lecture will be further studied by exercises in order to train the mathematical foundations and the first applications in the field of continuum mechanics.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
See module
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
See module
<b>Literatur</b>
See lecture
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
See lecture
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
See lecture
<b>Lehrmethoden</b>
See lecture

↑

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

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 h
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
None

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Konstitutive Gleichungen und Diskretisierungsverfahren zur Versagensmodellierung - Vorlesung	Vorlesung		3.0	2.0	90 h

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
With this module students are able to distinguish between damage and failure as two distinct process types in materials as other thermo-mechanic behaviors. Basic differences between phenomenological and physics based modeling approaches become evident. Specifically, the multi-scale character of the process is recognized. The resulting dimension of related resources for computations as well as the necessity for scale-bridging methodologies is learnt. Furthermore, a variety of experimental and numerical methods for characterizing and modeling the processes is investigated.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Oral examination (Prüfungsgespräch), duration: approx. 20 min. per student. The oral exam covers the content of the lecture.
Zu erbringende Studienleistung
none

Verwendbarkeit des Moduls

Elective Module for students of the study program

- Master of Science in Sustainable Systems Engineering (2021 version of the exam regulations):
  - Resilience Engineering
  - Sustainable Materials Engineering
- M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Materials and Fabrication
- M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Materialien und Herstellungsprozesse
- M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area:Materials and Fabrication



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

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 h
Präsenzstudium	30 h
Selbststudium	60 h
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

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

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
None
Lehrmethoden
Lecture

↑

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

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
keine

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Lithographie / Lithography - Vorlesung	Vorlesung		3.0	2.0	90 Stunden

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

↑

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

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Präsenzstudium	26
Selbststudium	64
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

Inhalte
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Optische Mikroskopie</li> <li>■ Hellfeld Beleuchtung</li> <li>■ Dunkelfeld Beleuchtung</li> <li>■ Aperturblende</li> <li>■ Gesichtsfeldblende</li> <li>■ Aufbau und Funktion von Photoresisten</li> <li>■ Positiv und negativ Resiste</li> <li>■ Chemischer Aufbau der Resiste</li> <li>■ Lithographische Masken</li> <li>■ Herstellung</li> <li>■ Materialien</li> <li>■ Aufbau</li> <li>■ Grenzen</li> <li>■ Aufbau und Funktion von Maskaligner</li> <li>■ Justage Vorderseite und Rückseite</li> <li>■ Belichtungsmodi</li> <li>■ Prozessablauf und Prozessketten</li> <li>■ Charakterisierung von lithographisch hergestellten Strukturen</li> <li>■ Weiterführende Prozessvarianten</li> </ul>
Zu erbringende Prüfungsleistung
siehe Modulebene
Zu erbringende Studienleistung
keine
Literatur
Begleitend zur Vorlesung wird ein Skriptum zur Verfügung gestellt und regelmäßig aktualisiert.

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung

keine

↑

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

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 hours
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
none

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Machine Learning Approaches in Structural Mechanics	Vorlesung		6.0	2.0	
Machine Learning Approaches in Structural Mechanics	Übung			2.0	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
After the completion of the module, students will be able to:
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Understand different neural network topologies and their possible applications in mechanical engineering and structural mechanics;</li> <li>2. Understand the interplay between optimization and machine learning;</li> <li>3. Analyze and augment datasets obtained via experiments or simulations;</li> <li>4. Program simple architectures and make predictions on the mechanical behavior of materials and structures;</li> <li>5. Understand the limitations of proposed approaches and the ways to overcome them using state-of-art publications.</li> </ol>
Zu erbringende Prüfungsleistung
Prüfungsgespräch / oral examination (idR 30-45 Minuten/usually 30 or 45 minutes)

Zu erbringende Studienleistung

Protokoll / written lab report:

- Each student has to solve one practical problem using appropriate studied machine learning techniques, analyze obtained results, and provide a written report accompanying the code. Sample problems will be provided, however, students are encouraged to explore other problems from mechanical engineering after prior approval by the lecturer. Among provided problems are: predicting the properties in mechanical lattices, detecting the crack; obtaining the critical load of the heterogeneous column.

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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



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

ECTS-Punkte	6.0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

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

↑

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

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

<b>Inhalte</b>
During the course, students will complete four practice programming exercises devoted to different aspects of machine learning in mechanical engineering and solid mechanics. Students must score at least 50% on each of these practice exercises. Additionally, a detailed report on one of these exercises will be requested as a prerequisite for admission to the examination.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
see module details
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>

↑

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

ECTS-Punkte	
Arbeitsaufwand	
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
			3.0		

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Mechanische Eigenschaften und Degradationsmechanismen / Mechanical Properties and Degradation Mechanisms- Vorlesung	
Veranstaltungsart	

ECTS-Punkte	3.0
Semesterwochenstunden (SWS)	
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

Inhalte
Zu erbringende Prüfungsleistung
Zu erbringende Studienleistung
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Memory Device Technology	11LE50MO-5726 PO 2021
Verantwortliche/r	
JProf. Dr. Alwin Stefan Daus	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Sensoren	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 Stunden / Hours
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Basic knowledge on semiconductor physics and semiconductor devices. Having completed the module micro-electronics before taking this module is recommended.

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Memory Device Technology	Vorlesung		6.0	2.0	180 Stunden / hours
Memory Device Technology	Übung			2.0	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
<p>After completion of the module, -</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ the students know various classical memory and storage device types, technologies and working principles.</li> <li>■ the students can explain the working principle of various emerging memory device types.</li> <li>■ the students know about the different memory performance parameters, how they are measured and how different memory device technologies compare in those metrics</li> <li>■ the students know how the physical integration and realization of different memory device types is realized</li> <li>■ the students can explain limitations of different memory device technologies</li> <li>■ the students can explain how the basic material properties of each memory device type enable and affect the memory behavior</li> <li>■ the students can explain how emerging memristive devices are beneficial to enable in-memory computing and neuromorphic hardware</li> </ul>

Zu erbringende Prüfungsleistung
Prüfungsgespräch / oral examination
Zu erbringende Studienleistung
Referat, Vortrag / Presentation

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Memory Device Technology	11LE50MO-5726 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Memory Device Technology	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5726 PO 2021
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Sensoren	

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 Stunden / hours
Präsenzstudium	52 Stunden
Selbststudium	128 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

<b>Inhalte</b>
<p>This course provides an overview on different memory device technologies. The classical memory and storage device types include static random-access memory, dynamic random-access memory, flash, hard disk drive and tape storage. The emerging memory device types include magnetic memory, phase-change memory, resistive random-access memory, ferroelectric memory and electrochemical memory. Along with the basic device concepts, the underlying physics and material properties enabling the memory functionality are explained. The various important performance parameters for memory devices are discussed. New application directions such as in-memory computing and neuromorphic computing hardware are introduced and the requirements for memory devices to be used in such scenarios are discussed.</p>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
Presentation on implemented memory device model and functionality in circuit
<b>Literatur</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Daniele Ielmini, Rainer Waser, "Resistive Switching: From Fundamentals of Nanoionic Redox Processes to Memristive Device Applications", 2016 Wiley-VCH, DOI: 10.1002/9783527680870</li> <li>2. Jennifer Rupp, Daniele Ielmini, Ilia Valov, "Resistive Switching: Oxide Materials, Mechanisms, Devices and Operations", Springer, DOI: 10.1007/978-3-030-42424-4</li> <li>3. Andrea Redaelli, Fabio Pellizzer, "Semiconductor Memories and Systems", Elsevier, ISBN 9780128209462</li> </ol>
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
None

Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung

Basic knowledge on semiconductor physics and semiconductor devices. Having completed the module micro-electronics before taking this module is recommended.



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Memory Device Technology	11LE50MO-5726 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Memory Device Technology	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5726 PO 2021

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

<b>Inhalte</b>
The exercise will recap and deepen on most important aspects of the lecture. In addition, the students will learn how to develop and incorporate emerging memory device models in a compact modeling environment. They will then simulate the behavior of such devices in simple circuits.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Memory Device Technology	11LE50MO-5726 PO 2021
<b>Name der Studienleistung</b>	
Leistungsart	Nummer
Verantwortliche/r	
Fachbereich / Fakultät	

Prüfungsform	
Benotung	
Mögliche Fachsemester	2
Teilnahmepflicht	

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Memory Device Technology	11LE50MO-5726 PO 2021
Name der Prüfungsleistung	
Leistungsart	Nummer
Verantwortliche/r	
Fachbereich / Fakultät	

Prüfungsform	
Benotung	
Mögliche Fachsemester	2
Teilnahmepflicht	

↑

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

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
keine

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Methoden der Materialanalyse / Methods of Material Analysis	Vorlesung		3.0	2.0	90 hours

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
The module gives an overview of all state of the art measurement and analysis methods for thin films and nanoscopic structures. Special emphasis will be placed on the prospects and drawbacks of each method as well as on typical limits and potential measurement artifacts. Educational objective is to enable students to find a suitable and appropriate method to measure or detect a certain material property of interest.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Klausur (i.d.R. 90 bis 180 Minuten)
Wenn die Teilnehmerzahl gering ist, kann stattdessen eine mündliche Prüfung durchgeführt werden. Die Studierenden werden rechtzeitig informiert.
Zu erbringende Studienleistung
keine

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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



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

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 hours
Präsenzstudium	26 SS; 30 WS
Selbststudium	64 SS; 60 WS
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	unregelmäßig
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

<b>Inhalte</b>
The treated measurement and analysis techniques include optical, electrical, chemical and structural methods which detect and probe material properties like morphology/shape, film thickness, crystallinity, chemical composition, trace impurities, bonding configurations, bandgap, etc. Namely methods like AFM, SEM / TEM, APT, SIMS, XPS, SE, PL, FTIR, Raman, XRD, C-V / I-V, RBS and many more will be dealt with.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
siehe Modulebene
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
keine
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
none
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
none

↑

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

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
keine
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
keine

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Mikrostrukturierte Kunststoffkomponenten / Microstructured Polymer Components - Vorlesung	Vorlesung		3.0	2.0	90 Stunden

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
<p>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.</p>

Zu erbringende Prüfungsleistung
Written examination (90 minutes) if number of participants is small, oral exam (30 minutes) instead. Students will be informed in good time.
Zu erbringende Studienleistung
keine
Verwendbarkeit des Moduls
Compulsory elective module for students of the study program <ul style="list-style-type: none"><li>■ M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Materials and Fabrication</li><li>■ M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Materialien und Herstellungsprozesse</li><li>■ M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area: Materials and Fabrication</li></ul>



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

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Präsenzstudium	30
Selbststudium	60
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

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



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
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
keine

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Oberflächenanalyse / Surface Analysis - Vorlesung	Vorlesung		3.0	2.0	90 Stunden

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
XPS, TEM, FTIR, UPS, SEM, AFM, SPR, GIR, ATR, STM?? Got it? The performance of microsystems is often dominated by the nature of the surfaces involved. This course honours the great importance of surfaces and interfaces in microsystems engineering by introducing the most common techniques for surface analysis. Examples will be presented which are typical to various fields of microsystems engineering.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Schriftliche Abschlussprüfung (Klausur) mit einer Dauer von 90 Minuten/written examination with a duration of 90 minutes
Zu erbringende Studienleistung
keine

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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



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

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Präsenzstudium	26
Selbststudium	64
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

<b>Inhalte</b>
The techniques presented are grouped into three general topics which are imaging of surfaces (electron microscopy, scanning probe techniques), chemical analysis (XPS, SIMS, FTIR) of the composition of surfaces and methods for the determination of thicknesses (Ellipsometry, XRR, Surface Plasmon Spectroscopy) of layers. General topics from the surface sciences such as adhesion, wetting, and adsorption processes are also presented together with the techniques.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
siehe Modulebene/see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
keine/none
<b>Literatur</b>
Various materials are available on the website.
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
none

↑

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

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
none

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Oberflächenanalyse – Praktikum / Surface Analysis Laboratory	Praktikum		3.0	2.0	90 hours

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
In microsystems, especially those for microfluidics, surface effects can no longer be neglected due to the small volume. In many cases, the properties of the surface even dominate the behavior of the overall system. The same can be said for components that are brought into contact with biological fluids as sensors, for example. For this reason, surface analysis is of central importance for many questions relevant to microsystems technology. In the practical course, selected surface analysis techniques will be presented and their respective strengths and limitations demonstrated using examples. Examples will be chosen from questions that frequently occur in the life sciences.
Zu erbringende Prüfungsleistung
For each experiment, students need to hand in a protocol which will be graded. The final grade is calculated according to the weighed arithmetic mean from the individual protocol grades.
Zu erbringende Studienleistung
none

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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



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

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 hours
Präsenzstudium	26
Selbststudium	64
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

Inhalte
<p>Topic 1: <b>Determination of the layer thickness and roughness of biocompatible coatings</b>                      Experiment 1: Using ellipsometry and x-ray reflectometry to determine the thickness of hydrogel coatings</p> <p>Topic 2: <b>Wetting of surfaces – Surface free energies</b>                      Experiment 2: Measurement of the contact angles of test liquids in various surfaces; Determination of the surface free energy using the Zisman method                      Experiment 3: Generation and characterization of microarrays on various surfaces</p> <p>Topic 3: <b>Proteins / peptides on surfaces</b>                      Experiment 4: Measurement of the adsorption of blood proteins on surfaces using Surface Plasmon Resonance                      Experiment 5: Characterization of the structure of protein layers using Fourier Transform Infrared Spectroscopy</p> <p>Topic 4: <b>DNA at surfaces</b>                      Experiment 6: Visualisation of DNA on mica using the Atomic Force Microscope</p>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
none
<b>Literatur</b>
see script
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
none
<b>Bemerkung / Empfehlung</b>
Findet am Lehrstuhl statt



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

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

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

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Optimierung	Vorlesung		3.0	2.0	90 Stunden
Optimierung	Übung			1.0	

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



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

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Präsenzstudium	30
Selbststudium	45
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

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

↑

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

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

<b>Inhalte</b>
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.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
Siehe Modulebene
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
Siehe Modulebene
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>

↑

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

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

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

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Optimierung von Fertigungsverfahren / Advanced engineering - Vorlesung	Vorlesung		3.0	2.0	90 Stunden

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

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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



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

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Präsenzstudium	26
Selbststudium	64
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

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

Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung

Statistical Basics  
Fundamentals of Manufacturing Technology  
Processes of microsystem technology (clean room fabrication and conventional environment)



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

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
none

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Polymer Processing and Microsystems Engineering - Vorlesung	Vorlesung		3.0	2.0	90 hours

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
This course will teach students the various types of polymers in practical use today, the methods required for characterizing them, the processing techniques that are used to shape these polymers including polymer molding as well as 3D Printing. The lecture will cover fundamental aspects of polymer science and characterization as well as industrial process technology both for microsystems as well as scalable manufacturing.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Oral exam with a duration of 30 minutes
Zu erbringende Studienleistung
none
Zusammensetzung der Modulnote
<ul style="list-style-type: none"> <li>Master of Science in Sustainable Systems Engineering, Academic regulations of 2016: The grade of the module is single-weighted according to the number of its ECTS-points in the calculation of the overall grade.</li> </ul>

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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

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
<b>Veranstaltung</b>	
Polymer Processing and Microsystems Engineering - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5124
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Chemie und Physik von Grenzflächen Institut für Mikrosystemtechnik Werkstoffprozessertechnik Institut für Mikrosystemtechnik Prozesstechnologie	

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 hours
Präsenzstudium	26
Selbststudium	64
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

<b>Inhalte</b>
<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>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
none
<b>Literatur</b>
Various materials will be provided through the ILIAS online learning tool.
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>

↑

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

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 hours
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
none

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Polymere in der Membrantechnik / Polymers in Membrane Technology - Vorlesung	Vorlesung		3.0		90 Stunden

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

↑

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

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Präsenzstudium	39
Selbststudium	51
Semesterwochenstunden (SWS)	
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

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

↑

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

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 Stunden
Präsenzstudium	56 Stunden
Selbststudium	124 Stunden
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
keine
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Physik I + II / physics I + II Mathematik I + II / mathematics I + II Festkörperphysik / solid state physics Halbleiter / semiconductors Elektronik / electronics Differentialgleichungen / differential equations

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Quantenmechanik für Ingenieur*innen / Quantum Mechanics for Engineers	Vorlesung		6.0	2.0	180 hours
Quantenmechanik für Ingenieur*innen / Quantum Mechanics for Engineers	Übung			2.0	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
The goal is to introduce the students to the main effects of quantum mechanics relevant in technical micro and nano devices. Current semiconductor components in which quantum mechanics plays a role are 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.

Zu erbringende Prüfungsleistung
Oral examination if there are 20 or fewer than 20 registered participants; written examination if there are more than 20 registered participants (minimum 60 and maximum 240 minutes). Details will be announced by the examiner in due time.
Zu erbringende Studienleistung
The course work ("Studienleistung") consists of (1) the documented, successful attempt to solve more than 60% of the homework problems (as checked weekly); "60% of the homework problems" means the fraction of the overall number of homework problems proposed during the course, not of each homework problem separately; "successful" means that the solution could be presented by the student in front of the class; (2) the presentation of a representative number of solutions of homework problems in front of the class.
Verwendbarkeit des Moduls
Compulsory elective module for students of the study program <ul style="list-style-type: none"><li>■ M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Materials and Fabrication</li><li>■ M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Materialien und Herstellungsprozesse</li><li>■ M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area: Materials and Fabrication</li></ul>



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Quantenmechanik für Ingenieur*innen / Quantum Mechanics for Engineers	11LE50MO-5273 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Quantenmechanik für Ingenieur*innen / Quantum Mechanics for Engineers	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5273
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Institut für Mikrosystemtechnik Materialien der Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 hours
Präsenzstudium	52 Stunden
Selbststudium	128 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

<b>Inhalte</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Introduction: historical overview, probability amplitudes, uncertainty relation</li> <li>2. Wave mechanics: Schrödinger equation, separation of variables, free particle, reflection at wall, potential step, transfer matrix method, wave packets</li> <li>3. Tunneling: principle, semiconductor tunneling devices, potential barriers, WKB approximation, triangular potential well</li> <li>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</li> <li>5. Operators and state spaces, commensurate operators and quantum numbers, perturbation theory, energy matrix diagonalization</li> <li>6. 3D problems, angular momentum, hydrogen atom and 3D harmonic oscillator</li> </ol>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
see module details
<b>Literatur</b>
A script will be handed out during the course. Material for further reading will be indicated therein.
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
None
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
Undergraduate knowledge in the field of physics, mathematics, solid state physics, semiconductors, electronics and differential equations.



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Quantenmechanik für Ingenieur*innen / Quantum Mechanics for Engineers	11LE50MO-5273 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Quantenmechanik für Ingenieur*innen / Quantum Mechanics for Engineers	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5273
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Materialien der Mikrosystemtechnik	

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

<b>Inhalte</b>
The exercises will deepen the topics treated during the lecture. They will allow the students to rethink and rework the more theoretical aspects and apply them to realistic examples inspired from real devices or use them to expand the theoretical framework of the lecture. Solution approaches to the homework problems will be presented weekly by the participants and discussed and elaborated upon with the group of colleagues under the guidance of the professor. This discursive, participative approach allows to learn more than by being presented with up-front oral or written solutions.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
see module details
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
None
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
Undergraduate knowledge in the field of physics, mathematics, solid state physics, semiconductors, electronics and differential equations.

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Quantification of Resilience	11LE50MO-4110 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Stefan Hiermaier	
Veranstalter	
Inst. f. Nachh. Technische Systeme Nachhaltige Ingenieursysteme	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 hours
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

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

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Resilienzquantifizierung - Vorlesung	Vorlesung		3.0	2.0	90 h

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
Main learning objectives include: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Know main (emerging) application domains, e.g. digitalized production, transport, aerospace, AI safety, and renewable energy</li> <li>2. Knowledge how to achieve acceptable overall safety (risk control), security, sustainability, and resilience of socio-technical (safety relevant and critical) systems through reliable functions</li> <li>3. Knowledge and tailoring of definitions, types and effects of reliability functions</li> <li>4. Relation of functional safety to related concepts for security and sustainability generation</li> <li>5. Knowledge and tailoring of safety life cycle, development processes and process steps to plan, develop, verify and validate reliability or safety functions</li> <li>6. Knowledge, tailoring, process-driven application, quantification and evaluation, executive conclusions development, and litigable documentation of mainly quantitative system analysis methods</li> <li>7. Know how to efficiently combine and tailor modern system analysis methods</li> </ol>

8. Know failure types and how to avoid and control them with techniques and measures for hardware and software
9. Knowledge and application of assessment quantities for reliable functions, e.g. safety integrity level (on demand or continuous), hardware failure tolerance, diagnostic coverage, safe failure fraction, complexity level
10. Knowledge of reliability prediction methods and related standards
11. Applicable knowledge of related standardization landscape

#### Zu erbringende Prüfungsleistung

The *Prüfungsleistung* is a written supervised examination at the end of the semester covering the content of the lecture and its embedded exercises contributing 100% to the final grade, duration: 90 min.

#### Zu erbringende Studienleistung

Expected coursework (0% contribution to the final grade):

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

#### Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Quantification of Resilience	11LE50MO-4110 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Resilienzquantifizierung - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE68V-4110
Veranstalter	
Institut für Nachhaltige Technische Systeme	

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 h
Präsenzstudium	32 h
Selbststudium	58 h
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

Inhalte
<p>Main contents comprise:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Context, basic definitions, objectives and options of resilience quantification: resilience management processes, resilience quantification and development processes</li> <li>System (service) performance based resilience quantification</li> <li>Method types for resilience quantification, resilience dimensions, and resilience method taxonomy</li> <li>Qualitative and semi-quantitative resilience assessments: ontologies, process schemes, quantification and evaluation</li> <li>Resilience dimensional order expansions and resulting quantification bounds</li> <li>Application of classical system analysis approaches, e.g. deterministic inductive and deductive system analysis methods</li> <li>Advanced system analysis methods, in particular time, system phase and system trajectory dependent methods such as TDFT, non-classical Markov models, Petri nets and stochastic processes</li> <li>System graph-based and topological approaches: system definition, identification of disruption vector, response and recovery determination and response strategy optimization</li> <li>Resilience quantification based on multiple event propagation through resilience analysis layers: heuristics vs. formalization, resilience transition matrix elements, related statistical-empirical, probabilistic, engineering and physical-simulative methods, forward and backward propagation methods</li> <li>Input-output models, operability models: discrete and continuous</li> <li>Coupled agent-supported engineering grid-model approaches for overall system modelling, simulation and resilience determination: operator, prosumer and consumer models; organizational, policy and framing models</li> <li>Combination of resilience quantification approaches</li> <li>Optimization problems in resilience engineering</li> <li>For all resilience quantification approaches: model assumptions, application domains, application examples, typical input and output data, acceptance of modeling approach</li> <li>Use of Machine Learning (ML) and artificial intelligence (AI) as support and stand-alone approaches for resilience quantification of systems</li> <li>Standards, emerging standards and ongoing standardization efforts</li> </ol>

Zu erbringende Prüfungsleistung
See module
Zu erbringende Studienleistung
See module
Literatur
<p>Sample literature includes:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Satisfying safety goals by probabilistic risk analysis, Hiromitsu Kumamoto, Springer 2007</li> <li>2. Modern statistical and mathematical methods in reliability, Alyson Wilson et. al. (eds.), World Scientific, 2005</li> <li>3. Mathematical and statistical methods in reliability, Bo H Lindqvist and Kyell A Doksum, World Scientific, 2003</li> <li>4. Hazard analysis techniques for system safety, Clifton A. Ericson, Wiley, 2015</li> <li>5. FRAM: the functional resonance analysis method, Erik Hollnagel, Ashgate, 2012</li> <li>6. Synesis: The Unification of Productivity, Quality, Safety and Reliability, Erik Hollnagel, Ashgate, 2020</li> <li>7. Control systems safety evaluation and reliability, William M. Gobe, 2010</li> <li>8. System reliability theory: models, statistical methods and applications, Marvin Rausand, Arnljot Hoyland, Wiley-Interscience, 2004</li> <li>9. Risk assessment: theory, methods, and application, Marvin Rausand, Wiley, 2011</li> <li>10. Reliability of safety-critical systems: theory and applications, Marvin Rausand, Wiley, 2014</li> <li>11. Risk and resilience: methods and application in environment, cyber and social domains, Eds.: Igor Linkov, Jose Manuel Palma-Oliviera, Springer, 2017</li> <li>12. Functional safety for road vehicles: new challenges and solutions for e-mobility and automated driving, Hans-Leo Ross, Springer, 2016</li> <li>13. Functional Safety of Machinery: Sample Questions and Solutions, Jagadeesh-Pandiyan, author's edition, 2019</li> <li>14. Functional safety in practice, Harvey T Dearden, CreateSpace Independent Publishing Platform, 2018</li> <li>15. Modeling for reliability analysis: Markov modeling for reliability, maintainability, safety, and supportability analyses of complex systems, Jan van Pukite, Paul Pukite, Wiley-IEEE Press, 1998</li> <li>16. Applied reliability engineering and risk analysis: probabilistic models and statistical inference, Editor(s): Ilia B. Frenkel, Alex Karagrigoriou, Anatoly Lisnianski, Andre Kleyner, John Wiley &amp; Sons, 2013</li> <li>17. Reliability engineering: theory and practice, Alessandro Birolini, Springer, 2013</li> <li>18. Electronic safety systems: hardware concepts, models, calculations, Josef Böröcsök, Hüthig, 2004</li> <li>19. Functional Safety: Basic Principles of Safety-related Systems, Josef Böröcsök, Hüthig, 2020</li> <li>20. Zuverlässigkeitstechnik, Arno Meyna and Bernhard Pauli, Hanser, 2010</li> <li>21. The safety critical systems handbook, David J. Smith, Butterworth-Heinemann, 2010</li> <li>22. Reliability and availability engineering: modeling, analysis, and applications, Kishor S. Trivedi, Andrea Bobbio, Cambridge University Press, 2017</li> <li>23. Embedded Software Development for Safety-Critical Systems, Chris Hobbs, CRC Press, 2019</li> <li>24. Dynamic Probabilistic Systems, Volume I: Markov Models, Ronand A. Howard, Dover publications, 2012</li> <li>25. Dynamic Probabilistic Systems, Volume II: Semi-Markov and Decision Processes, Ronand A. Howard, Dover publications, 2013</li> <li>26. Fault-Tolerant Systems, Israel Koren, C. Mani Krishna, Morgan Kaufmann Publisher, 2020</li> <li>27. Semi-Markov Processes: Applications in System Reliability and Maintenance, Franciszek Grabski, Elsevier, 2014</li> <li>28. A Primer in Petri Net Design, Wolfgang Reisig, Springer, 1992</li> <li>29. Ereignisdiskrete Systeme: Modellierung und Analyse dynamischer Systeme mit Automaten, Markovketten und Petrinetzen, Jan Lunze, De Gruyter, 2017</li> <li>30. System Modeling and Control with Resource-Oriented Petri Nets, MengChu Zhou, Routledge, 2017</li> <li>31. Formal Methods in Computer Science, Jiacun Wang, William Tepfenhart, Taylor &amp; Francis, 2019</li> </ol> <p>Further information:  Sample related standards for information  <a href="https://www.iec.ch/functionalsafety/">https://www.iec.ch/functionalsafety/</a>  <a href="https://www.iso.org/standard/68383.html">https://www.iso.org/standard/68383.html</a>  <a href="https://www.iso.org/standard/70939.html">https://www.iso.org/standard/70939.html</a></p>

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

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung

None

Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung

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

- system description and modelling
- graphical/ semiformal modelling
- product and development life cycles
- classical system analysis
- reliability analysis for any engineering discipline, e.g. electronics, computer science, mechanical, civil and aerospace engineering

Lehrmethoden

Lecture with embedded exercises including contextualization and discussion of short students' journal paper presentations.



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

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Präsenzstudium	42 Stunden
Selbststudium	48 Stunden
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Reinraumlaborkurs für Ingenieure / Clean Room Laboratory for Engineers	Praktikum		3.0	3.0	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
The Goal of the Cleanroom Lab Course is to learn Cleanroom behaviour and processing and the creation of a high quality lab report.
Zu erbringende Prüfungsleistung
The grade of the lab course is derived from the average of 6 short tests with evaluation of the practical skill of the student by the supervisor (50%) and a lab report (50%).
Zu erbringende Studienleistung
none
Zusammensetzung der Modulnote
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Master of Science im Fach Embedded Systems Engineering Prüfungsordnungsversion 2012: Die Modulnote wird nach ECTS-Punkten einfach gewichtet in die Gesamtnote eingerechnet.</li> <li>■ Master of Science im Fach Microsystems Engineering, Prüfungsordnungsversion 2009: Die Modulnote wird nach ECTS-Punkten einfach gewichtet in die Gesamtnote eingerechnet.</li> </ul>

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Reinraumlaborkurs für Ingenieure / Clean Room Laboratory for Engineers	11LE50MO-5804 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Reinraumlaborkurs für Ingenieure / Clean Room Laboratory for Engineers	
Veranstaltungsart	Nummer
Praktikum	11LE50P-5804

ECTS-Punkte	3.0
Präsenzstudium	42 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	3.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

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

↑

Name des Moduls		Nummer des Moduls
Reinraumlaborkurs für Ingenieure / Clean Room Laboratory for Engineers		11LE50MO-5804 PO 2021
Name der Prüfungsleistung		
Leistungsart		Nummer
Verantwortliche/r		
Fachbereich / Fakultät		

Prüfungsform	
Benotung	
Mögliche Fachsemester	2
Teilnahmepflicht	

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Soft Robotics	11LE50MO-5374 PO 2021
Verantwortliche/r	
JProf. Dr. Edoardo Milana	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Professur für Soft Machines	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 Stunden/hours
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
none
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
none

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Soft Robotics	Vorlesung		6.0	2.0	180 hours
Soft Robotics - Projekt	Projekt			2.0	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
The objective of this course it to provide students of engineering with the basics of Soft Robotics. Thus, the following topics will be addressed: <ul style="list-style-type: none"> <li>- design and modeling of soft robots</li> <li>- soft actuation principles</li> <li>- materials and fabrication processes</li> <li>- control of soft robots</li> <li>- multifunctional embodiement</li> </ul>
Zu erbringende Prüfungsleistung
oral examination oral presentation
The final grade will be a weighted average of the project presentation (30%) and oral exam (70%)

Zu erbringende Studienleistung
none
Verwendbarkeit des Moduls
<p>Compulsory elective module for students of the study program</p> <ul style="list-style-type: none"><li>■ M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Materials and Fabrication</li><li>■ M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Materialien und Herstellungsprozesse</li><li>■ M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area: Materials and Fabrication</li><li>■ M.Sc. Informatik / Computer Science (PO 2020), in Spezialvorlesung   Specialization Courses</li></ul> <p>Wahlpflichtmodul für Studierende des Studiengangs</p> <ul style="list-style-type: none"><li>■ Master of Science in Sustainable Systems Engineering - Interdisciplinary Profile</li></ul>

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Soft Robotics	11LE50MO-5374 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Soft Robotics	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5374
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Professur für Soft Machines	

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

<b>Inhalte</b>
The students will learn how to design, fabricate and control robots made of soft and deformable materials. Models of soft manipulators based on beam theory and piecewise constant strain approximation will be introduced. We will study the main soft actuation mechanisms, such as inflatable actuators, electroactive polymers, magnetorheological elastomers, liquid crystal elastomers. Different manufacturing techniques will be analysed, in the context of polymer molding and additive manufacturing. Further, we will see some examples of model-based control for soft robots. Finally, the concept of multifunctional embodiment of sensing, actuation, control and energy will be discussed. During the course there will be a project assignment, where the students will be divided in groups and will be given a design challenge for a soft robotic system with specific requirements in terms of operational environment and locomotion modes.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
See module level
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
See module level
<b>Literatur</b>
Della Santina, Cosimo, et al. "Soft robots." Encyclopedia of Robotics 489 (2020). Rus, Daniela, and Michael T. Tolley. "Design, fabrication and control of soft robots." Nature 521.7553 (2015): 467-475. Gorissen, Benjamin, et al. "Elastic inflatable actuators for soft robotic applications." Advanced Materials 29.43 (2017): 1604977. Suzumori et al "The Science of Soft Robots: Design, Materials and Information Processing", Springer (2023)
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
None
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
Continuum Mechanics (Solid and Fluid), Electromagnetism, Thermodynamics

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Soft Robotics	11LE50MO-5374 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Soft Robotics - Projekt	
Veranstaltungsart	Nummer
Projekt	11LE50P-5374
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Professur für Soft Machines	

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

<b>Inhalte</b>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
See module level
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
See module level
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Solar Energy	11LE68MO-8060 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Stefan Glunz	
Veranstalter	
Institut für Nachhaltige Technische Systeme Inst. f. Nachh. Technische Systeme Photovoltaische Energiekonversion	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Nachhaltige Technische Systeme	

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 h
Mögliche Fachsemester	1
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Basic understanding of physics

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Solare Energie - Vorlesung	Vorlesung		6.0	4.0	180 h
Solare Energie / Solar Energy	Übung			1.0	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
Students will be able to understand the fundamentals and different technology variants of solar energy conversion such as photovoltaics and solar thermal. They will know the relevant physical background, technical characteristics, materials and designs used. The lecture will cover the component, product and system level. Furthermore, students will understand trends of further development as well as limitations and possibilities in application of solar energy.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Written supervised exam, duration: 120 min.
Zu erbringende Studienleistung
Regular attendance of the exercise workshops according to §13 (2) of the General Examination Regulations for the Master of Science and submission of exercise sheets.

Verwendbarkeit des Moduls

Mandatory elective module for students of the study program

- M.Sc. in Sustainable Systems Engineering (PO 2021) in the technical concentration area *Energy Systems Engineering*

Compulsory elective module for students of the study program

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



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Solar Energy	11LE68MO-8060 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Solare Energie - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE68V-8060
<b>Veranstalter</b>	
Inst. f. Nachh. Technische Systeme Photovoltaische Energiekonversion	

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 h
Präsenzstudium	60 h
Selbststudium	120 h
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	
Geplante Gruppengröße	50

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

Literatur
<ul style="list-style-type: none"><li>■ Duffie-Beckman: Solar Engineering of Thermal Processes,</li><li>■ V. Quaschnig: Understanding Renewable Energy,</li><li>■ Peuser FA, Remmers K, et.al.: Solar thermal systems</li><li>■ P. Würfel, Physik der Solarzelle, Spektrum - Akademischer Verlag 2000</li><li>■ Goetzberger, B. Voß und J. Knobloch, Sonnenenergie: Photovoltaik, Teubner 1997</li><li>■ M.A. Green, Solar Cells, University of New South Wales 1982</li><li>■ K. Mertens, Photovoltaik, Hanser 2011</li><li>■ J. Nelson, The physics of solar cells, Imperial College Press 2008</li></ul>
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Basic understanding of physics
Lehrmethoden
Lecture with accompanied, weekly exercise

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Solar Energy	11LE68MO-8060 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Solare Energie / Solar Energy	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE68Ü-8060
Veranstalter	
Inst. f. Nachh. Technische Systeme Photovoltaische Energiekonversion	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	1.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

<b>Inhalte</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ The lecture will be accompanied by a weekly exercise to deepen the understanding of the lecture's content and to discuss further details</li> </ul>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
See module
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
See module
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>

↑

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
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
none

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Techniken zur Oberflächenmodifizierung / Surface coating Techniques	Vorlesung		3.0	2.0	90 Stunden

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
This module describes all aspects of surface modification as often used in microsystems engineering. It tackles questions on the chemistry of the various approaches and discusses the advantages and shortcomings of a number of methods. Among the techniques presented are high energy surface oxidation techniques ( chemical modification, flame treatment, corona discharge or plasma) as well as more elaborate approaches such as self-assembled monolayers. Special emphasis is given to the use of polymers for coatings.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Schriftliche Abschlussprüfung (Klausur) mit einer Dauer von 90 Minuten
Zu erbringende Studienleistung
keine

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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



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

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Präsenzstudium	30
Selbststudium	60
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

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

↑

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

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
keine

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Verbindungshalbleiter / Compound semiconductor devices	Vorlesung		3.0	2.0	90 Stunden

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
<p>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.</p>
Zu erbringende Prüfungsleistung
mündliche Abschlussprüfung (90 Minuten)

Zu erbringende Studienleistung

keine

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Verbindungshalbleiter / Compound semiconductor devices	11LE50MO-5111_PO 20091
<b>Veranstaltung</b>	
Verbindungshalbleiter / Compound semiconductor devices	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5111
Veranstalter	
Inst. f. Nachh. Technische Systeme Prof. f. Leistungselektronik	

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Präsenzstudium	30
Selbststudium	60
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

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

Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung

Bachelor-Abschluss (Ingenieur- oder Naturwissenschaften)



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

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 h
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
none
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
none

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Von Mikrosystemen zur Nanowelt / From Microsystems to the Nanoworld - Vorlesung	Vorlesung		3.0	2.0	90 Stunden

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
This module describes the issues encountered at the transition from the world of Microsystems to the nano-world. It aims at an understanding of the principle concepts for both worlds and describes current trends and problems in the field. It is also attempted to give an outlook for future research within the boundaries of physics.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Schriftliche Abschlussprüfung mit einer Dauer von 90 Minuten
Zu erbringende Studienleistung
keine

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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



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

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Präsenzstudium	30
Selbststudium	60
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

Inhalte
<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
siehe Modulebene
Zu erbringende Studienleistung
keine
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
none
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
none



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Study Project in Concentration Materialien und Herstellungsprozesse	11LE50MO-SP MST MF
Verantwortliche/r	
Prof. Dr.-Ing. Bastian Rapp	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	9.0
Arbeitsaufwand	270 Stunden /hours
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	unregelmäßig

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
keine   none
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
allgemeine mathematische Grundlagen, praktische und theoretische Grundlagen der Ingenieurwissenschaften, Programmierkenntnisse, themenspezifische Vorkenntnisse für den gewählten Themenbereich   general fundamental mathematical knowledge, practical and theoretical foundations in Engineering Sciences, programming skills, subject-specific knowledge for the chosen topics

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand

<b>Inhalte</b>
In this module students get involved in the actual research process of the chosen work group/chair in the area of Materials and Fabrication. Depending on their personal field of interest and their expertise in various research and teaching areas offered at the Department of Microsystems Engineering, they decide on a specific topic and deepen their knowledge and skills in this area as well as their overall proficiency in academic work and research. They learn to work on the different tasks required for the specific project under given technical specifications, to develop appropriate systems and to work experimentally and constructively in projects. Students acquire the ability to familiarize themselves with new engineering problems and do independent background research. They will work with modern development environments and adhere to the generally accepted quality standards. During the project, working in a team as well as observing the rules of good scientific work will be trained.
<b>Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung</b>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
Depending on the specific project: written research paper or creation of demonstrators including a sufficient documentation or presentation and subsequent discussion

Zu erbringende Studienleistung
Regular attendance in (team) discussions or meetings with the supervisor. Self-organizing the given tasks, doing background research, presentation of results
Bemerkung / Empfehlung
Language is usually English, but might be negotiable (changed to German). Please learn about the procedure of finding a topic and registering for the project in good time. (For instance, see "A to Z - Study FAQ" under "Studies and Teaching" on our faculty website.)

↑

Name des Kontos	Nummer des Kontos
Biomedizinische Technik	11LE50KO-9991-MSc-286 Vertiefung 3
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

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

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Ausgewählte Problemstellungen in Biosignalverarbeitung / Selected Problems in Biosignal Processing	11LE50MO-5303 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Ulrich Hofmann	
Veranstalter	
Medizinische Fakultät	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 hours
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Prerequisite to be able to follow this module is a thorough understanding of classical signal processing. Strongly recommended is the knowledge of one „programming“ language like Python (preferably), Matlab (or Octave) or even IDL (not supported). It is strongly recommended to complete the module "Neuroprosthetics" prior to taking this course.

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Ausgewählte Problemstellungen in Biosignalverarbeitung / Selected Problems in Biosignal Processing - Vorlesung	Vorlesung		3.0	2.0	90 hours
Ausgewählte Problemstellungen in Biosignalverarbeitung / Selected Problems in Biosignal Processing - Übung	Übung			1.0	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
<p>Participants will learn to interpret and analyze biological signals of high bandwidth. They will</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ gain a deep knowledge of feature extraction methods,</li> <li>■ utilize selected classification methods and</li> <li>■ decision making methods.</li> </ul>

Zu erbringende Prüfungsleistung
Written documentation in the form of a short scientific paper (5-10 pages) and oral presentation (30 minutes) about the software developed. The module grade is based on the written documentation (50%) and the oral presentation (50%).
Zu erbringende Studienleistung
none
Verwendbarkeit des Moduls
Compulsory elective module for students of the study program <ul style="list-style-type: none"><li>■ M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Biomedical Engineering</li><li>■ M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Biomedizinische Technik</li><li>■ M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area: Biomedical Engineering</li></ul>



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Ausgewählte Problemstellungen in Biosignalverarbeitung / Selected Problems in Biosignal Processing	11LE50MO-5303 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Ausgewählte Problemstellungen in Biosignalverarbeitung / Selected Problems in Biosignal Processing - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5303

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 hours
Präsenzstudium	45 hours
Selbststudium	45 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

Inhalte
<p>Selected sources of biosignals:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ ECG</li> <li>■ EMG</li> <li>■ EOG</li> <li>■ EEG</li> <li>■ LFP</li> <li>■ Multi- and Single Unit Neuronal Records</li> </ul> <p>Selected feature extraction methods:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Nyquist Sampling and standard conditioning</li> <li>■ (adaptive) Filtering</li> <li>■ Fouriertransform and related methods:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Fourier Coefficients,</li> <li>■ Short Term Fourier Transform</li> <li>■ Gabor Functions</li> <li>■ Discrete Cosinus Transform</li> <li>■ Short Term Fourier Transform</li> </ul> </li> <li>■ Coarse Graining Signal Analysis</li> <li>■ Bispectrum and Bi-Coherence</li> <li>■ Empirical Mode Decomposition (Hilbert-Huang Transformation)</li> <li>■ Undecimated Wavelet Transform and Polyphase Matrices</li> <li>■ The Teager Operator</li> <li>■ Compressed Sensing</li> <li>■ Kernel Methods and Spike Detections</li> </ul> <p>Selected Classification and Decision Methods</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Principal Components</li> <li>■ Independent Component Analysis</li> <li>■ LDA, QDA, RFD</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Gaussian Mixture Models</li> <li>■ SVM, soft margin SVM</li> <li>■ Hidden Markov Modells</li> <li>■ Maximum Relevance Minimum Redundancy</li> <li>■ Ensemble Methods</li> <li>■ Bagging</li> </ul>
Zu erbringende Prüfungsleistung
see module details
Zu erbringende Studienleistung
None
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Prerequisite to be able to follow this module is a thorough understanding of classical signal processing. Strongly recommended is the knowledge of one „programming“ language like Python (preferably), Matlab (or Octave) or even IDL (not supported). It is strongly recommended to complete the module "Neuroprosthetics" prior to taking this course.

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Ausgewählte Problemstellungen in Biosignalverarbeitung / Selected Problems in Biosignal Processing	11LE50MO-5303 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Ausgewählte Problemstellungen in Biosignalverarbeitung / Selected Problems in Biosignal Processing - Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5303

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	1.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

<b>Inhalte</b>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
See lecture
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
None
<b>Literatur</b>
tba
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>

↑

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

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
None

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Biointerfaces I - Basics for Bioanalytical Systems	Vorlesung		3.0	2.0	90 hours

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
The learning objective is the understanding of the basic methods for the analysis of biomolecules and their technical requirements. The participant will acquire an understanding of methods of DNA analysis (e.g. PCR) and protein analysis (e.g. ELISA) and will be able to plan such analyses (equipment / execution).
Zu erbringende Prüfungsleistung
Written exam (90 minutes)
Zu erbringende Studienleistung
none
Verwendbarkeit des Moduls
Compulsory elective module for students of the study program <ul style="list-style-type: none"> <li>■ M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Biomedical Engineering</li> <li>■ M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Biomedizinische Technik</li> <li>■ M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area: Biomedical Engineering</li> </ul>



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Biointerfaces I - Basics for Bioanalytical Systems	11LE50MO-5406_1 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Biointerfaces I - Basics for Bioanalytical Systems	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5406_1
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Chemie und Physik von Grenzflächen	

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 hours
Präsenzstudium	30 hours
Selbststudium	60 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

<b>Inhalte</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ DNA analytics (enzymes / methods / devices)</li> <li>■ Various PCR methods</li> <li>■ DNA Fingerprinting</li> <li>■ Protein analysis (enzymes / methods / devices)</li> <li>■ Antibody based detection systems (ELISA)</li> </ul>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
None
<b>Literatur</b>
Materials are provided via the ILIAS system. An ILIAS page will be created and made available to students before the start of lectures.
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
None
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
None

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Biointerfaces II - Interfaces for Bioanalytical Systems	11LE50MO-5407_1 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Jürgen Rühle	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Chemie und Physik von Grenzflächen	
Fachbereich / Fakultät	
Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 hours
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
None

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Biointerfaces II - Interfaces for Bioanalytical Systems	Vorlesung		3.0	2.0	90 hours

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
Biochip technologies play an important role in the miniaturization and parallelization of bioanalytical techniques. They combine microbiological methods with microsystems technology. Students will understand the requirements for integrating modern bioanalytical methods into microsystems. Emphasis will be placed on the design of bioanalytical surfaces and surface architectures, and students will learn how such concepts can be applied to chip-based detection methods.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Written examination (90 minutes)
Zu erbringende Studienleistung
none

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Biointerfaces II - Interfaces for Bioanalytical Systems	11LE50MO-5407_1 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Biointerfaces II - Interfaces for Bioanalytical Systems	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5407_1
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Chemie und Physik von Grenzflächen	

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 hours
Präsenzstudium	26 hours
Selbststudium	64 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

<b>Inhalte</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Interaction of surfaces with biological environments</li> <li>■ Design criteria for bioanalytical surfaces and interfaces</li> <li>■ Methods and techniques of biochip fabrication</li> <li>■ Biochips for the analysis of nucleic acids</li> <li>■ Protein biochips</li> <li>■ Complex biochip techniques</li> </ul>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
None
<b>Literatur</b>
Materials are provided via the ILIAS system. An ILIAS page will be created and made available to students before the start of lectures.
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
None
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
None

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Biologie für Ingenieurinnen und Ingenieure	11LE50MO-780 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Ulrich Egert	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Biomikrotechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Mögliche Fachsemester	5
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
keine
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
keine

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Biologie für Ingenieurinnen und Ingenieure	Vorlesung		3.0	2.0	90 Stunden
Biologie für Ingenieurinnen und Ingenieure	Übung			1.0	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
Das Ziel dieses Moduls ist es, das Verständnis für grundlegende biomedizinische Konzepte, Prozesse und Strukturen, die definieren, oder Einfluss auf die Funktion der technischen Komponenten für biomedizinische Anwendungen zu vermitteln.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Klausur (90 Min.)
Zu erbringende Studienleistung
keine

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Biologie für Ingenieurinnen und Ingenieure	11LE50MO-780 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Biologie für Ingenieurinnen und Ingenieure	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-BScMST-780
<b>Veranstalter</b>	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik Biomikrotechnik	

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Präsenzstudium	30 Stunden
Selbststudium	60 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

Inhalte
<p>Die Vorlesungsreihe vermittelt die Grundlagen der verschiedenen biologischen Prozesse und Strukturen mit dem Ziel, den Rahmen der Messung von Signalen und die Anwendung von Mikrosystemen in der Biologie und Medizin zu beschreiben. Wir legen Wert auf Prozesse, die</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Einfluss auf die Erzeugung und die Eigenschaften der Signale meßbar Mikrosysteme, z.B. klinisch relevanten Schlüssel-moleküle, elektrische Signale in Muskel- und Nervensysteme, Sauerstoffversorgung des Blutes usw.</li> <li>■ Einfluss auf die Nutzbarkeit von MST componentes, beispielsweise Sensoren oder Implantaten, wie zB durch Korrosion, Gewebereaktionen, Verkapselung, Veränderungen der Messbedingungen usw.</li> <li>■ typische Anwendungsbereiche der MST-Komponenten sind, beispielsweise relevant implantierbare Sensoren, Prothesen, Neurotechnologie, usw.</li> </ul> <p>Im Rahmen der Vorlesungen werden wir einen ziemlich breiten Überblick zu präsentieren, mit einer gewissen Vorliebe für elektrische Biosignale. Notwendigerweise die Tiefe, durch die wir diese Themen behandeln muss begrenzt werden.</p> <p>Themenschwerpunkte sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ grundlegende Konzepte zugrunde liegenden biologischen Geweben und ihre Funktionen</li> <li>■ Zellstruktur und Wachstum, den Stoffwechsel, die Zelldifferenzierung und spezilization</li> <li>■ Grundlagen der Genetik</li> <li>■ Funktionssysteme des menschlichen Körpers</li> <li>■ Biophysik elektrischer Potentiale</li> <li>■ Neuronale Netze und deren Signale</li> <li>■ sensorische Systeme</li> <li>■ Fundamente von Lernen und Gedächtnis</li> <li>■ Energiestoffwechsels und der Ausscheidung</li> <li>■ Atmung</li> <li>■ Herz-Kreislauf-System</li> </ul>

Zu erbringende Prüfungsleistung
siehe Modulebene
Zu erbringende Studienleistung
keine
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
keine
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
keine

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Biologie für Ingenieurinnen und Ingenieure	11LE50MO-780 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Biologie für Ingenieurinnen und Ingenieure	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-BScMST-780-PO 2018

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	1.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

Inhalte
Zu erbringende Prüfungsleistung
Zu erbringende Studienleistung
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung

↑

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

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 hours
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
none

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Biomedical Microsystems	Vorlesung		6.0	2.0	180 hours
Biomedical Microsystems	Übung			2.0	

<b>Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung</b>
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.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
Written examination with a duration of 90 minutes
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
There are exercises at regular intervals which are corrected and assessed with points. The exercises are considered passed if 50% of maximum points will be achieved from the tests that are written in the exercises with prior notice.

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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



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

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 hours
Präsenzstudium	60
Selbststudium	120
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

Inhalte
<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"> <li>■ Introduction to Biomedical Microdevices</li> <li>■ Medical Devices: Legal Framework and Classification</li> <li>■ Glaucoma Monitoring Implant</li> <li>■ Neural Implants to Restore Vision</li> <li>■ Neural Implants to Record from the Brain</li> <li>■ Sensors in Cardiac Pacemakers</li> <li>■ Imaging Pills</li> <li>■ Spectroscopic Billirubin Measurement</li> <li>■ Trends for Intelligent Endoprostheses</li> <li>■ Stability and Functionality Implantable MEMS</li> <li>■ Packaging and Housing Concepts</li> <li>■ Data and Energy Transmission in (Micro-)Implants</li> </ul> <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>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
see module details
<b>Literatur</b>
Actual copies of the slides will be delivered accompanying to the lectures.

Literature:

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

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung

none



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

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

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

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Biomedizinische Messtechnik I / Biomedical Instrumentation I	11LE50MO-5301 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr.-Ing. Thomas Stieglitz	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Biomedizinische Mikrotechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 hours
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
None

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Biomedizinische Messtechnik I / Biomedical Instrumentation I - Vorlesung	Vorlesung		3.0	2.0	90 hours
Biomedizinische Messtechnik I / Biomedical Instrumentation I - Übung	Übung			1.0	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
<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>
Zu erbringende Prüfungsleistung
Oral examination (30 minutes)

Zu erbringende Studienleistung

The exercises are considered passed if 50% of maximum points will be achieved in each of the three tests that are written in the exercises with prior notice.

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Biomedizinische Messtechnik I / Biomedical Instrumentation I	11LE50MO-5301 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Biomedizinische Messtechnik I / Biomedical Instrumentation I - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5301
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Biomedizinische Mikrotechnik	

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 hours
Präsenzstudium	39 hours
Selbststudium	51 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

Inhalte
<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"> <li>■ Origin of bioelectrical signals</li> <li>■ Electrochemistry of electrodes</li> <li>■ Acute and chronic applications of electrodes</li> <li>■ Recording and amplification of bioelectrical signals</li> <li>■ Interference and artefacts</li> <li>■ Bioelectrical signals of peripheral nerves and the muscle</li> <li>■ Electrical signals of the heart (ECG)</li> <li>■ Cardiac pacemakers and implantable defibrillators</li> <li>■ Technical safety of medical devices</li> </ul> <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>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
see module details
<b>Literatur</b>
<p>Actual copies of the slides will be delivered accompanying to the lectures. Literature:</p> <p><b>German</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Schmidt, Robert F., Lang, Florian, Thews, Gerhard (Hrsg.): Physiologie des Menschen, 29. Auflage. Heidelberg: Springer Medizin Verlag, 2005</li> </ol>

**English**

1. Bronzino, Joseph D. (Hrsg.): The Biomedical Engineering Handbook, Volume 1 (and 2), Second Edition. Boca Raton: CRC Press 2000 / Heidelberg: Springer-Verlag, 2000
2. Enderle, John, Blanchard, Susan, Bronzino, Joseph (Hrsg.): Introduction to Biomedical Engineering, Second Edition. Burlington, San Diego, London, Elsevier, 2005

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung

None

Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung

None

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Biomedizinische Messtechnik I / Biomedical Instrumentation I	11LE50MO-5301 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Biomedizinische Messtechnik I / Biomedical Instrumentation I - Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5301
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Biomedizinische Mikrotechnik	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	1.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

<b>Inhalte</b>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
see module details
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Biomedizinische Messtechnik II / Biomedical Instrumentation II	11LE50MO-5302 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr.-Ing. Thomas Stieglitz	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Biomedizinische Mikrotechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 hours
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
None

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Biomedizinische Messtechnik II / Biomedical Instrumentation II - Vorlesung	Vorlesung		3.0	2.0	90 hours
Biomedizinische Messtechnik II / Biomedical Instrumentation II - Übung	Übung			1.0	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
<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>
Zu erbringende Prüfungsleistung
Oral examination (30 minutes)

Zu erbringende Studienleistung

The exercises are considered passed if 50% of maximum points will be achieved in each of the three tests that are written in the exercises with prior notice.

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Biomedizinische Messtechnik II / Biomedical Instrumentation II	11LE50MO-5302 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Biomedizinische Messtechnik II / Biomedical Instrumentation II - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5302
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Biomedizinische Mikrotechnik	

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 hours
Präsenzstudium	45 hours
Selbststudium	45 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

Inhalte
<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"> <li>■ Measurement of cardiovascular parameters: blood pressure, physiology, pressure, measurement according to Riva Rocci &amp; oscillometric</li> <li>■ Measurement of cardiovascular parameters: blood flow, electromagnetic measurement principle</li> <li>■ Measurement of cardiovascular parameters: blood flow, ultrasound measurement principle</li> <li>■ Imaging techniques: x-ray</li> <li>■ Imaging techniques: systems theory of imaging systems, digital signal processing</li> <li>■ Imaging techniques: computer tomography</li> <li>■ Biological effect of ionizing radiation / dosimetry</li> <li>■ Imaging techniques in nuclear medicinal diagnosis</li> <li>■ Imaging techniques: ultrasound</li> <li>■ Imaging techniques: thermography and impedance tomography</li> <li>■ Imaging techniques: electrical sources, optical tomography, endoscopy</li> <li>■ Imaging techniques: MR tomography</li> <li>■ Imaging techniques: molecular imaging</li> </ul> <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>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
see module details
<b>Literatur</b>
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 laut Prüfungsordnung

None

Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung

None

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Biomedizinische Messtechnik II / Biomedical Instrumentation II	11LE50MO-5302 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Biomedizinische Messtechnik II / Biomedical Instrumentation II - Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5302
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Biomedizinische Mikrotechnik	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	1.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

<b>Inhalte</b>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
see module details
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Biomedizinische Messtechnik - Praktikum / Biomedical Instrumentation - Laboratory	11LE50MO-5304 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr.-Ing. Thomas Stieglitz	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Biomedizinische Mikrotechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 hours
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Successful completion of "Biomedical Instrumentation I" is a prerequisite for attending this module.
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Grundkenntnisse in Mathematik und Naturwissenschaften

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Biomedizinische Messtechnik - Praktikum / Biomedical Instrumentation - Laboratory	Praktikum		3.0	4.0	90 hours

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
<p>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.</p> <p>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.</p>
Zu erbringende Prüfungsleistung
Written documentation

Zu erbringende Studienleistung

The "Studienleistung" is considered passed if 50% of maximum points will be achieved in each of the four tests that are written with prior notice. For the lab sessions, attendance is mandatory. In case of illness an additional lab session is offered. It is also possible to ask for auxiliary dates and to have access to the chair's labs outside the lab sessions.

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Biomedizinische Messtechnik - Praktikum / Biomedical Instrumentation - Laboratory	11LE50MO-5304 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Biomedizinische Messtechnik - Praktikum / Biomedical Instrumentation - Laboratory	
Veranstaltungsart	Nummer
Praktikum	11LE50P-5304
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Biomedizinische Mikrotechnik	

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 hours
Präsenzstudium	60 hours
Selbststudium	30 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	
Geplante Gruppengröße	15

<b>Inhalte</b>
The practical exercises are performed in small groups of maximum three persons. In the first part, diagnostic procedures (e.g. blood pressure measurement, electrocardiogram, determination of motor nerve conduction velocity, electro-myogram) are learned and characteristic quantities are extracted from the signals. In the second part, students independently design and develop an electronic amplifier circuit to record muscle signals and a user interface to graphically display the signals and control a screen pointer using the recorded muscle signals. This development of a simple human-computer interface is finally tested under real-time conditions.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
see module details
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
Successful completion of "Biomedical Instrumentation I" is a prerequisite for attending this module.
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
Basic knowledge in mathematics and sciences.

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
BioMEMS	11LE50MO-5403 PO 2021
Verantwortliche/r	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Elektr. Messt. u. Eingebettete Sys.	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 hours
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
none
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Kenntnisse aus dem Modul "Sensors" oder "Sensorik/Aktorik"

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
BioMEMS - Vorlesung	Vorlesung		3.0	2.0	90 hours

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
After this lecture, the students will overview the application of MEMS in biology and medicine. They will know the recent microfabrication technologies for biomedical applications as well as the basics of cell biology and biochemistry. The attendees of this lecture will think about the social impact of engineering. Most importantly, they will understand the connections between biology, medicine, and engineering. Finally, the students can apply this understanding to future topics in this field.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Written examination (90 minutes)
Zu erbringende Studienleistung
none

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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



Name des Moduls	Nummer des Moduls
BioMEMS	11LE50MO-5403 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
BioMEMS - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5403
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Sensoren	

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 hours
Präsenzstudium	26
Selbststudium	64
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

Inhalte
<p>Content</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Introduction</li> <li>2. Biochemistry and cells</li> <li>3. Cell culture monitoring</li> <li>4. Organ-on-chip (OOC) systems</li> <li>5. Cell mechanics</li> <li>6. Single cell analysis</li> <li>7. DNA, RNA and protein analytics on chip</li> <li>8. Implantable devices, in vivo sensors</li> <li>9. Wearables</li> <li>10. Summary</li> </ol>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
none
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
none
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
Knowledge from the module "Sensors" or "Sensors/Actuators"

### Lehrmethoden

- Lecture (recorded)
- Q&A live sessions
- Surveys (ethics, social impact)
- Design task (cooperative, in a live session)



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Biophysics of cardiac function and signals	11LE50MO-5324 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Jens Timmer Dr. Viviane Timmermann	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 hours
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
none
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Basic interest in biology and computational modeling Knowledge in Python (or equivalent) is beneficial

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Biophysics of cardiac function and signals	Vorlesung		6.0	2.0	180 hours
Biophysics of cardiac function and signals - praktische Übung	Übung			2.0	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
The basic concept of this lecture is to examine a biological system, analyze it and define mathematical equations in order to describe the system. In this lecture, the heart is used as this system. The students learn the electrical and mechanical function of the heart and its modeling. Additionally, the bioelectrical signals that are generated in the human body are described and how these signals can be measured, interpreted and processed. The content is explained both on the biological level and based on mathematical modelling. Aligned to the lecture is the exercise in which students learn to implement and use these models, get a practical introduction to medical image processing and perform signal processing using python.
Zu erbringende Prüfungsleistung
oral examination (30 minutes)
Zu erbringende Studienleistung
Regelmäßige Teilnahme an der Lehrveranstaltung gemäß §13 (2) der Rahmenprüfungsordnung Master of Science/regular participation according to §13 (2) of the framework examination regulations M.Sc.

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Biophysics of cardiac function and signals	11LE50MO-5324 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Biophysics of cardiac function and signals	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5324

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 hours
Präsenzstudium	60
Selbststudium	120
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

<b>Inhalte</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cell membrane and ion channels</li> <li>• Cellular electrophysiology</li> <li>• Conduction of action potentials</li> <li>• Cardiac contraction and electromechanical interactions</li> <li>• Optogenetics in cardiac cells</li> <li>• Image processing and numerical field calculation in the body</li> <li>• Measurement of bioelectrical signals</li> <li>• Electrocardiography</li> <li>• Imaging of bioelectrical sources (ECG imaging)</li> <li>• Biosignal processing</li> </ul>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
see module details
<b>Literatur</b>
Lecture slides (further literature is included in the slides)
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
none
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
Knowledge in Python (or equivalent) is beneficial Basic interest in biology and computational modeling

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Biophysics of cardiac function and signals	11LE50MO-5324 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Biophysics of cardiac function and signals - praktische Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50prÜ-5324

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

<b>Inhalte</b>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
none
<b>Literatur</b>
Python implementation of <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hodgkin-Huxley model</li> <li>• Ion channel model adjustment to measurement data</li> <li>• Simulation of cardiac electrophysiology using openCARP</li> <li>• Image processing</li> <li>• ECG signal processing</li> </ul>
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
none

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Biotechnologie für Ingenieurinnen und Ingenieure I - Praktikum: Mikro- und Molekularbiologie	11LE50MO-5373 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Felix von Stetten	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Anwendungsentwicklung	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 Stunden   hours
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	unregelmäßig

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
keine   none
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Participation in the examination of "Biotechnology for Engineers I - Lecture"

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Biotechnologie für Ingenieurinnen und Ingenieure I - Praktikum: Mikro- und Molekularbiologie	Praktikum		3.0	2.0	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
Successful candidates are able to independently apply basic laboratory methods in the field of micro- and molecular biology, as well as to perform, report, and discuss their laboratory experiments.
Zu erbringende Prüfungsleistung
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Protokoll/report on the lab excersises (50%)</li> <li>■ mündlicher Vortrag / oral presentation with a duration of 30 minutes (50%)</li> </ul>

Zu erbringende Studienleistung
Durchführung von 10 Versuchen / carrying out of 10 experiments: <ol style="list-style-type: none"><li>1. Presentation of Protocol</li><li>2. Pipetting</li><li>3. Buffer</li><li>4. Microbiological culture</li><li>5. Manual DNA-extraction</li><li>6. LabDisk DNA-extraction</li><li>7. Manual Real-time PCR</li><li>8. GeneSlice Real-time PCR</li><li>9. Gelelectrophoresis</li><li>10. Immunoassay</li></ol>
Verwendbarkeit des Moduls
As compulsory elective in <ul style="list-style-type: none"><li>■ M.Sc. Embedded Systems Engineering (ESE) in Microsystems Engineering Concentrations Area: Biomedical Engineering</li><li>■ M.Sc. Microsystems Engineering in Microsystems Engineering Concentrations Area: Biomedical Engineering</li><li>■ M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Biomedizinische Technik</li></ul>

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Biotechnologie für Ingenieurinnen und Ingenieure I - Praktikum: Mikro- und Molekularbiologie	11LE50MO-5373 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Biotechnologie für Ingenieurinnen und Ingenieure I - Praktikum: Mikro- und Molekularbiologie	
Veranstaltungsart	Nummer
Praktikum	11LE50Pr-5373 PO 2021
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Anwendungsentwicklung	

ECTS-Punkte	3.0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	unregelmäßig
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

Inhalte
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Preparation of nutrient media</li> <li>- Bacterial culture</li> <li>- Determination of bacterial count</li> <li>- DNA extraction from bacteria</li> <li>- DNA quantitation by real-time PCR</li> <li>- Detection of bacteria by Immunoassay</li> <li>- Assay automation by lab-on-a-chip technology</li> </ul> <p>1) The lab course will take place at the end of each semester.                      2) Block course of four days                      3) Students are required to study the script before the lab course starts.                      4) Students are required to prepare a 10 minutes talk about one selected laboratory method                      5) Students are required to report the 10 experiments performed as individual laboratory record</p>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
siehe Modulebene
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
siehe Modulebene
<b>Literatur</b>
Script "Lab course Biotechnology for Engineers I" - Felix von Stetten et al. (will be provided on ILIAS)
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
none
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
Participation in the examination of "Biotechnology for Engineers I - Lecture"

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Digital Health (DH)	11LE50MO-1160 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Oliver Amft	
Veranstalter	
Institut für Informatik Intelligente Eingebettete Systeme	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 hours
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

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

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Digital Health (DH)	Vorlesung		6.0	2.0	180 hours
Digital Health (DH)	Übung			2.0	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
<ul style="list-style-type: none"> <li>* Understand the data sources and modalities in digital medicine and the processes of data integration in clinical information systems and DGAs</li> <li>* Understand the German DGA regulation and issues relating to data privacy</li> <li>* Apply ubiquitous technology (ambient, mobile, wearable, implantable) for digital health</li> <li>* Apply context recognition and personalisation methods to qualify ubiquitous system data</li> <li>* Apply data-based privacy preserving techniques (obfuscation)</li> <li>* Design and implement digital biomarkers based on multimodal data</li> <li>* Design and apply digital health twins and clinical data modelling</li> <li>* Design medical decision support systems based on multimodal data</li> </ul>

Zu erbringende Prüfungsleistung
mündliche Prüfung (i.d.R. 30 oder 45 Minuten)   Oral exam (usually 30 or 45 minutes)  If there are too many students for a reasonably organized oral exam, it will be held as a written exam instead, announced well in advance.
Zu erbringende Studienleistung
written composition Reports on exercises to be submitted
Literatur
Up-to-date literature recommendations are provided during the lectures.
Verwendbarkeit des Moduls
Compulsory elective module for students of the study program <ul style="list-style-type: none"><li>■ M.Sc. Informatik / Computer Science (2020) in Spezialvorlesung   Specialization Courses</li><li>■ M.Sc. Embedded Systems Engineering (ESE) (2021) in Elective Courses in Computer Science <b>OR</b> in Microsystems Engineering Concentrations Area Biomedical Engineering</li><li>■ M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Biomedical Engineering</li><li>■ M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Biomedizinische Technik</li></ul> Part of the specialization Artificial Intelligence (AI) in Master of Science Informatik/Computer Science resp. MSc Embedded Systems Engineering <b>and</b> Part of the specialization Cyber-Physical Systems (CPS) in Master of Science Informatik/Computer Science resp. MSc Embedded Systems Engineering

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Digital Health (DH)	11LE50MO-1160 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Digital Health (DH)	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE13V-1160_PO 2020
Veranstalter	
Institut für Informatik Intelligente Eingebettete Systeme	

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 hours
Präsenzstudium	32 hours
Selbststudium	116 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

Inhalte
<p>Digital health is a branch of digital medicine that integrates and leverages multisource and multimodal data for medical knowledge extraction and decision support across a wide range of preventive, diagnostic, and therapeutic applications. The course starts by introducing the basic properties of medically relevant data sources and their different modalities. The course introduces the medical benefits of using ubiquitous technologies for data collection, in particular, between hospital visits. The process of medical data integration in clinical information systems and in digital health applications ("Digitale Gesundheitsanwendungen", DGA) is discussed. The German DGA regulations and their consequences are introduced, in particular relating to digital health application qualification and data privacy. Privacy preserving techniques are discussed and applied. Subsequently, data interpretation in telemedicine and digital biomarker design are analysed regarding context recognition and personalisation methods and algorithms. Decision support systems are dissected regarding their components and data analysis algorithms. Finally, the concept, realisation, and application of digital health twins in medicine is developed. The exercises will include practical experiments and implementation tasks, e.g. smartphone apps, 3D digital twin modelling, and data analysis for decision support.</p>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module level
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
see module level
<b>Literatur</b>
Up-to-date literature recommendations are provided during the lectures.
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
None

Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung

Basic timeseries analysis methods, basic programming skills, coding in Python



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Digital Health (DH)	11LE50MO-1160 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Digital Health (DH)	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE13Ü-1160_PO 2020
Veranstalter	
Institut für Informatik Intelligente Eingebettete Systeme	

ECTS-Punkte	
Präsenzstudium	32 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

<b>Inhalte</b>
Students will investigate concrete data science methods related to medical data, including context recognition, data interpretation and abstraction.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module level
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
see module level
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Embedded Computing Entrepreneurship (2ES)	11LE13MO-1404 MST/MSE PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Oliver Amft	
Veranstalter	
Institut für Informatik Intelligente Eingebettete Systeme	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 Stunden / Hours
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	unregelmäßig

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

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Embedded Computing Entrepreneurship (2ES)	Vorlesung		6.0	1.0	180 Stunden / Hours
Embedded Computing Entrepreneurship (2ES)	Seminar			1.0	
Embedded Computing Entrepreneurship (2ES)	Übung			2.0	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
<ul style="list-style-type: none"> <li>* Conceptualise and design embedded sensor systems along a specific application.</li> <li>* Develop and demonstrate key components of embedded sensor systems, including signal and pattern analysis and recognition algorithms.</li> <li>* Develop a basic market analysis and business plan.</li> <li>* Implement an agile development process.</li> </ul>
Zu erbringende Prüfungsleistung
Presentation followed by an oral examination (10 minutes per person, total duration depends on group size)

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

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Embedded Computing Entrepreneurship (2ES)	11LE13MO-1404 MST/MSE PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Embedded Computing Entrepreneurship (2ES)	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE13V-1404_PO 2020
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Informatik Intelligente Eingebettete Systeme	

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 Stunden / Hours
Präsenzstudium	16 Stunden / Hours
Selbststudium	116 Stunden / Hours
Semesterwochenstunden (SWS)	1.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	unregelmäßig
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

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

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Embedded Computing Entrepreneurship (2ES)	11LE13MO-1404 MST/MSE PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Embedded Computing Entrepreneurship (2ES)	
Veranstaltungsart	Nummer
Seminar	11LE13S-1404_PO 2020
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Informatik Intelligente Eingebettete Systeme	

ECTS-Punkte	
Präsenzstudium	16 Stunden / Hours
Semesterwochenstunden (SWS)	1.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	unregelmäßig
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

<b>Inhalte</b>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
see module details
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Embedded Computing Entrepreneurship (2ES)	11LE13MO-1404 MST/MSE PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Embedded Computing Entrepreneurship (2ES)	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE13Ü-1404_PO 2020
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Informatik Intelligente Eingebettete Systeme	

ECTS-Punkte	
Präsenzstudium	32 Stunden / Hours
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	unregelmäßig
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

<b>Inhalte</b>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
see module details
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Embedded Computing Entrepreneurship (2ES)	11LE13MO-1404 MST/MSE PO 2021
<b>Name der Studienleistung</b>	
Leistungsart	Nummer
Verantwortliche/r	
Fachbereich / Fakultät	

Prüfungsform	
Benotung	
Teilnahmepflicht	

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Embedded Computing Entrepreneurship (2ES)	11LE13MO-1404 MST/MSE PO 2021
<b>Name der Prüfungsleistung</b>	
Leistungsart	Nummer
Verantwortliche/r	
Fachbereich / Fakultät	

Prüfungsform	
Benotung	
Mögliche Fachsemester	2
Teilnahmepflicht	

↑

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

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
keine
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Interesse an interdisziplinärer Aufbereitung aktueller Fragestellungen

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Ethische Aspekte der Neurotechnologie / Ethical Aspects of Neurotechnology - Seminar	Seminar		3.0	2.0	90 Stunden

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
Studierende der Philosophie und Studierende der Neurobiologie und der Ingenieurwissenschaften erarbeiten in diesem Seminar gemeinsam ethische und philosophische Perspektiven der aktuellen Eingriffsmöglichkeiten in das Gehirn und der derzeit entwickelten und in naher Zukunft entwickelbaren Mensch-Maschine-Komplexe, um auf dieser Grundlage die Herausforderungen für unser personales Selbstverständnis und unsere ethischen Kriterien für die Grenzen solcher Eingriffe zu diskutieren. Dabei soll versucht werden, philosophische Ansätze zum Verhältnis von Person sein und neurobiologischer „Determinierung“ als zentrale Aspekte in der ethischen Theoriebildung mit den empirischen und interagierenden Zugängen der Neurowissenschaften in einen konstruktiven und kontroversen Dialog gebracht werden.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Mündliche Abschlussprüfung (30 Minuten)
Zu erbringende Studienleistung
keine

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Ethische Aspekte der Neurotechnologie / Ethical Aspects of Neurotechnology	11LE50MO-5320 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Ethische Aspekte der Neurotechnologie / Ethical Aspects of Neurotechnology - Seminar	
Veranstaltungsart	Nummer
Seminar	11LE50S-5320
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Biomikrotechnik	

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

Inhalte
<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"> <li>1. Ethik der Neurowissenschaften als aktuelles Gebiet der Philosophie</li> <li>2. Identität, Person und Persönlichkeit als Grundbegriffe der Ethik der Neurowissenschaften</li> <li>3. Spezifische philosophische und ethische Aspekte folgender Anwendungsfelder: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Invasive und nicht-invasive Gehirn-Maschine-Schnittstellen</li> <li>- Neuroimaging- Emotionale Integration neuronaler Prothesen</li> <li>- Tiefe Hirnstimulation</li> <li>- Optogenetische Interaktion</li> <li>- Neuro-Enhancement</li> <li>- Zukunftstechnologien und deren Einsatz</li> </ul> </li> </ol>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
siehe Modulebene
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
keine
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
keine
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
Interesse an interdisziplinärer Aufbereitung aktueller Fragestellungen

↑

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

ECTS-Punkte	
Arbeitsaufwand	
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Biophysik - Grundlagen und Konzepte	Vorlesung		6.0	2.0	180 Stunden
Biophysik - Grundlagen und Konzepte	Übung			2.0	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
<b>Veranstaltung</b>	
Biophysik - Grundlagen und Konzepte	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5380_PO 20091
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Bio- und Nano-Photonik	

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 Stunden
Präsenzstudium	60
Selbststudium	120
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

Inhalte
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Aufbau der Zelle oder Das Rezept für biophysikalische Forschung <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Eine Einführung</li> <li>2. Die Bausteine des Lebens</li> <li>3. Modellerstellung in der Biologie durch Schematisierung</li> <li>4. Bewegung in einer überdämpften Welt</li> <li>5. Kurztrip durch die Zellbiologie</li> </ol> </li> <li>2. Diffusion und Fluktuationen <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Brownsche Bewegung</li> <li>2. Diffusion im externen Potential</li> </ol> </li> <li>3. Mess- und Manipulationstechniken <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Optische Abbildung und Konfokale Mikroskopie</li> <li>2. Fluoreszenzmikroskopie</li> <li>3. Fluorescence Resonance Energy Transfer (FRET)</li> <li>4. Particle Tracking</li> <li>5. Optische Pinzetten</li> <li>6. Rasterkraftmikroskopie</li> <li>7. Röntgenbeugung und NMR-Spektroskopie</li> </ol> </li> <li>4. Biologisch relevante Kräfte <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Einführung und Übersicht</li> <li>2. Van der Waals Kräfte</li> <li>3. Elektrostatische Wechselwirkung</li> <li>4. Entropische Wechselwirkungen</li> </ol> </li> <li>5. Biophysik der Proteine <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Einleitung und Motivation</li> <li>2. Die Struktur der Proteine</li> <li>3. Proteinfaltung</li> </ol> </li> <li>6. Polymerphysik einzelner Filamente <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Einleitung und Motivation</li> <li>2. Die Balkentheorie</li> </ol> </li> </ol>

<ul style="list-style-type: none"> <li>3. Polymere als biegsame Federn</li> <li>7. Visko-Elastizität und Mikro-Rheologie <ul style="list-style-type: none"> <li>1. Motivation und Hintergrund</li> <li>2. Elastizität und Viskosität</li> <li>3. Retardierte Partikelbewegung und Antwortfunktion</li> <li>4. Mikro-Rheologie</li> </ul> </li> <li>8. Die Dynamik des Zytoskeletts <ul style="list-style-type: none"> <li>1. Einleitung und Motivation</li> <li>2. Struktur der Zytoskelett-Filamente</li> <li>3. Mathematische Modelle der Zytoskelett-Polymerisation</li> <li>4. Kraftentfaltung durch Polymerisation</li> </ul> </li> <li>9. Molekulare Motoren <ul style="list-style-type: none"> <li>1. Rotations- und Translationsmotoren</li> <li>2. Struktur der Translations-Motoren</li> <li>3. Motorgeschwindigkeiten und Schrittweiten</li> <li>4. Myosin-Motoren in einem zellulären Teilsystem</li> <li>5. Motorenorganisation mit dem Zytoskelett</li> </ul> </li> <li>10. Membran-Biophysik <ul style="list-style-type: none"> <li>1. Aufbau und Struktur der Membrane</li> <li>2. Elastische Eigenschaften der Membrane</li> </ul> </li> <li>11. Anhang <ul style="list-style-type: none"> <li>1. Anhang: Wichtige Zellorganellen</li> <li>2. Anhang: Ausgewählte Probleme</li> </ul> </li> </ul>
<b>Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden sind in der Lage rechnerische oder phänomenologische Lösungen von physikalischen/mathematischen Problemstellungen aus dem Bereich der Spezialvorlesung eigenständig zu erarbeiten.</li> <li>• Die Studierenden können eigene Lösungen vor der Gruppe vorrechnen und die Lösungswege diskutieren.</li> </ul>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
siehe Modulebene
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
siehe Modulebene
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Joe Howard: Mechanics of Motor Proteins and the Cytoskeleton.</li> <li>■ Gary Boal: Mechanics of the Cell.</li> <li>■ Rob Phillips: Physical Biology of the Cell.</li> </ul> <p>Begleitend zur Vorlesung wird ein Skriptum mit definierten Lücken (weiße Boxen) zur Verfügung gestellt.</p>
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
keine
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
keine



Name des Moduls	Nummer des Moduls
<b>Veranstaltung</b>	
Biophysik - Grundlagen und Konzepte	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5380_PO 20091
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Bio- und Nano-Photonik	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

<b>Inhalte</b>
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.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
siehe Modulebene
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
siehe Modulebene
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Grundlagen der Elektrostimulation / Fundamentals of electrical stimulation	11LE50MO-5306 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr.-Ing. Thomas Stieglitz	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik Biomedizinische Mikrotechnik	

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 hours
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
None

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Grundlagen der Elektrostimulation / Fundamentals of electrical stimulation - Vorlesung	Vorlesung		3.0	2.0	90 hours

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
<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>
Zu erbringende Prüfungsleistung
Oral exam (30 minutes)
Zu erbringende Studienleistung
none

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Grundlagen der Elektrostimulation / Fundamentals of electrical stimulation	11LE50MO-5306 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Grundlagen der Elektrostimulation / Fundamentals of electrical stimulation - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5306

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 hours
Präsenzstudium	30 hours
Selbststudium	60 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

Inhalte
<p>The course introduces the medical and biological as well as the physicochemical and technical aspects of electrical stimulation. In detail, students get familiar with the following topics:</p> <p>Overview of the history of electrical stimulation  Anatomy and physiology of nerve and muscle  Description of nerve excitation  Electrical fields and electrochemical processes at electrodes  Electrode designs and applications  Charakteristic parameters during technical excitation of nerves  Methods for selective stimulation  Effects of chronic electrical stimulation  Limits of safe electrical stimulation  Systems theory aspects of control of neural prostheses  Simulation of nerve excitation  Stimulator design  Overview of stimulation parameters in clinical applications</p> <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>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
None
<b>Literatur</b>
<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"> <li>■ Horch, K.W., Dhillon, G.S. (Hrsg.): Neuroprosthetics – Theory and Practice. (Series on Bioengineering &amp; Biomedical Engineering – Vol. 2)</li> <li>■ River Edge: World Scientific Computing, 2004</li> </ul>

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
None

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Introduction to data driven life sciences	11LE13MO-1335 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Rolf Backofen	
Veranstalter	
Institut für Informatik Bioinformatik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 hours
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
None

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Introduction to data driven life sciences	Vorlesung		6.0	2.0	180 hours
Introduction to data driven life sciences	Übung			2.0	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
<ul style="list-style-type: none"> <li>- The students have a basic knowledge and understanding about origin and content of life science high-throughput data</li> <li>- They know methods and tools for the analysis of such data, can compare it to different data, and have knowledge about visualization</li> <li>- They are able to analyse small data sets and apply their gained knowledge</li> </ul>
Zu erbringende Prüfungsleistung
Written exam (120 minutes).
Zu erbringende Studienleistung
none

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Introduction to data driven life sciences	11LE13MO-1335 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Introduction to data driven life sciences	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE13V-1335
Veranstalter	
Institut für Informatik Bioinformatik	

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 hours
Präsenzstudium	30 hours
Selbststudium	120 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

<b>Inhalte</b>
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.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
see module details
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
None
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
None
<b>Bemerkung / Empfehlung</b>
<p><b>Important note for M.Sc. Computer Science:</b>  This module is available as both</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ a specialization lecture in Computer Science (with a graded assessment / Prüfungsleistung)</li> <li>■ as a course in the application area Applied Bioinformatics (as pass/fail course / Studienleistung)</li> </ul> <p>Take care during the booking process, as that will define the category in which the course is considered.  <b>You can't change the category afterwards!</b>  So, you can't change it from PL to SL or vice versa.</p>

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Introduction to data driven life sciences	11LE13MO-1335 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Introduction to data driven life sciences	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE13Ü-1335
Veranstalter	
Institut für Informatik Bioinformatik	

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

<b>Inhalte</b>
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 workflow management framework Galaxy which is an open source tool for life science data analysis.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
See module level
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
See module level
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Introduction to physiological control systems	11LE50MO-5258 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr.-Ing. Thomas Stieglitz	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Biomedizinische Mikrotechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 hours
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
None

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Introduction to physiological control systems	Vorlesung		3.0	1.0	90 hours
Introduction to physiological control systems	Übung			1.0	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
This course will introduce students in engineering and non-engineering fields to the modeling and control of physiological processes. A brief introduction to signals, systems and control theory is provided at the beginning. Several physiological process are then addressed from a control system perspective, discussing state-of-the-art literature. The main goal of this course is to provide a general overview of how control system theory can be applied to understand, modeling and control physiological processes.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Written examination (90 minutes)
Zu erbringende Studienleistung
none

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Introduction to physiological control systems	11LE50MO-5258 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Introduction to physiological control systems	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5258
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Biomedizinische Mikrotechnik	

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 hours
Präsenzstudium	26 hours
Selbststudium	64 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	1.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

<b>Inhalte</b>
1. Introduction and course overview. 2. Review of signals, systems, and control theory. 3. Positive and negative feedback in physiology. 4. Blood pressure control. 5. Balance control during quiet standing. 6. Complex dynamics of heart rate variability. 7. Feedback and feedforward limb control during reach-to-pinch task. 8. Summary.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
None
<b>Literatur</b>
1. M. Khoo. Physiological control systems: analysis, simulation, and estimation. IEEE Series in Biomedical Engineering, 1999, NY. 2. A. Guyton and J. Hall, Textbook of Medical Physiology, Elsevier, 2006. 3. Current scientific literature.
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
None
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
None

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Introduction to physiological control systems	11LE50MO-5258 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Introduction to physiological control systems	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5258
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Biomedizinische Mikrotechnik	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	1.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

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

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Machine Learning	11LE13MO-1153 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Joschka Bödecker Prof. Dr. Frank Roman Hutter	
Veranstalter	
Institut für Informatik Neurorobotik Institut für Informatik Maschinelles Lernen	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 Stunden   hours
Mögliche Fachsemester	1
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

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

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Machine Learning	Vorlesung		6.0	3.0	180 Stunden   hours
Machine Learning	Übung			1.0	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
<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>

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

#### Zu erbringende Prüfungsleistung

Usually a written exam (duration of 90 to 180 minutes)

If the number of participants is small, an oral examination (with a duration of 35 minutes) may be held instead. The students will be informed in good time.

#### Zu erbringende Studienleistung

To prepare for the exam, there can be a mock exam (written or oral).

#### Verwendbarkeit des Moduls

Wahlpflichtmodul für Studierende des Studiengangs

- B.Sc. in Embedded Systems Engineering (PO 2018) im Bereich Informatik
- B.Sc. in Informatik (PO 2018)
- polyvalenter 2-Hauptfächer-Bachelor Informatik (PO 2018)
- M.Ed. Informatik (PO 2018)
- Master of Education Erweiterungsfach Informatik (PO 2021)

Compulsory elective module for students of the study program

- M.Sc. Informatik / Computer Science (2020) in Weiterführende Vorlesung | Advanced Lectures
- M.Sc. Embedded Systems Engineering (ESE) (2021) in Essential Lectures in Computer Science
- Students of the M.Sc. programs Microsystems Engg. and Mikrosystemtechnik (PO 2021) can select this module in the concentration area Biomedical Engineering (Biomedizinische Technik).

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

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



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Machine Learning	11LE13MO-1153 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Machine Learning	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE13V-1153
Veranstalter	
Institut für Informatik Maschinelles Lernen	

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 Stunden   hours
Präsenzstudium	45 Stunden   hours
Selbststudium	120 Stunden   hours
Semesterwochenstunden (SWS)	3.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

Inhalte
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Applications / typical problems dealt with by machine learning</li> <li>■ basic data analysis pipeline (from data recording to output shaping)</li> <li>■ software libraries</li> <li>■ linear methods (e.g. LDA, logistic regression, ICA, PCA, OLSR) for dimensionality reduction, classification, regression and blind source separation</li> <li>■ non-linear methods (e.g. support vector machines, kernel PCA, decision trees / random forests, neural networks) for classification and regression</li> <li>■ unsupervised clustering (e.g. k-means, DBSCAN)</li> <li>■ algorithm independent principles in machine learning (z.b. bias-variance trade-off, model complexity, regularization, validation strategies, interpretation of trained machine learning models, basic optimization approaches, feature selection, data visualization)</li> </ul>
Zu erbringende Prüfungsleistung
Siehe Modulebene   See module level
Zu erbringende Studienleistung
Siehe Modulebene   See module level
Literatur
Duda, Hart and Stork: Pattern Classification Christopher Bishop: Pattern Recognition and Machine Learning Hastie, Tibshirani and Friedman: The Elements of Statistical Learning Mitchell: Machine Learning Murphy: Machine Learning – a Probabilistic Perspective Criminisi et. al: Decision Forests for Computer Vision and Medical Image Analysis Schölkopf & Smola: Learning with Kernels

Goodfellow, Bengio and Courville: Deep Learning  
Michael Nielsen: Neural Networks and Deep Learning

In addition, literature for every section of the course is announced during these sections.

#### Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung

keine | none

#### Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung

We have to rely on a solid background in basic math, specifically linear algebra (an eigenvalue decomposition, matrix operations, covariance matrices etc. should be very familiar concepts), calculus and probability theory.

We use the Python programming language for most of our assignments. If you do not yet have Python experience, you must ramp up at least basic knowledge thereof.

We recommend basic knowledge of optimization and of the scikit-learn Python library.

#### Lehrmethoden

##### **For in-class lectures:**

Despite the large lecture rooms, a teacher-centered style shall be enriched as much as possible by measures like:

- interactive question and answer rounds
- discussions in sub-groups, reporting to the large group
- cross-teaching
- problem-oriented teaching e.g. via data analysis competition
- repetition of important concepts in slightly altered contexts.

##### **For virtual lectures:**

- flipped classroom teaching with videos provided
- Q&A sessions to discuss the videos' content
- Cross-teaching via Ilias forum
- problem-oriented teaching e.g. via data analysis competition
- repetition of important concepts in slightly altered contexts.



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Machine Learning	11LE13MO-1153 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Machine Learning	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE13Ü-1153
Veranstalter	
Institut für Informatik Maschinelles Lernen	

ECTS-Punkte	
Präsenzstudium	15 Stunden   hours
Semesterwochenstunden (SWS)	1.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

<b>Inhalte</b>
The exercises are intended to give students a better understanding of the most important techniques they learn during lectures. They are expected to implement some selected methods to gain experience in practical applications.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
Siehe Modulebene   See module level
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
Siehe Modulebene   See module level
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
none
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
none

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Maschinelles Lernen in den Lebenswissenschaften / Machine Learning in Life Science	11LE13MO-1112 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Rolf Backofen	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 hours
Mögliche Fachsemester	
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	in jedem Semester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
none
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Knowledge in Machine Learning and Bioinformatics, basic knowledge in Molecular biology

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Maschinelles Lernen in den Lebenswissenschaften / Machine Learning in Life Science	Vorlesung		6.0	2.0	180 Stunden   hours
Maschinelles Lernen in den Lebenswissenschaften / Machine Learning in Life Science	Übung			2.0	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
Students learn to consider machine learning applications in life sciences from different perspectives. They understand the biological point of view in regards to problems in the domains of genomics, proteomics, systems biology and biological literature information mining. They also have an understanding of different questions from the machine learning point of view, such as underlying assumptions in predictive models, the quality assessment problem, the design choices for supervised and unsupervised models.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Klausur (i.d.R. 90 bis 180 Minuten)   Written exam (usually 90 to 180 minutes)
Wenn die Teilnehmerzahl gering ist (< 20), kann stattdessen eine mündliche Prüfung durchgeführt werden. Die Studierenden werden rechtzeitig informiert.   If the number of participants is small (< 20), an oral examination may be held instead. The students will be informed in good time.

Zu erbringende Studienleistung

keine | none

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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

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



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Maschinelles Lernen in den Lebenswissenschaften / Machine Learning in Life Science	11LE13MO-1112 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Maschinelles Lernen in den Lebenswissenschaften / Machine Learning in Life Science	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE13V-1112
Veranstalter	
Institut für Informatik Bioinformatik	

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 Stunden   hours
Präsenzstudium	30 Stunden
Selbststudium	120 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

Inhalte
The course will maintain a double perspective: from the biological point of view we consider problems in the domains of genomics, proteomics, systems biology and biological literature information mining; from the machine learning point of view, we consider questions such as the underlying assumptions in predictive models, the quality assessment problem, the design choices for supervised and unsupervised models.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Siehe Modulebene   See module level
Zu erbringende Studienleistung
Siehe Modulebene   See module level
Literatur
The course material is based on influential publications both in the Machine Learning and/or Bioinformatics literature: <ul style="list-style-type: none"> <li>■ P Baldi, S Brunak, Y Chauvin, C.A.F Andersen, H Nielsen, Assessing the accuracy of prediction algorithms for classification: an overview, Bioinformatics 2000</li> <li>■ T Fawcett, An introduction to ROC analysis, Pattern Recognition Letters 2006</li> <li>■ T Dietterich, Approximate statistical tests for comparing supervised classification learning algorithms, Neural Computation 1998</li> <li>■ D Jiang, C Tang, A Zhang, Cluster analysis for gene expression data: A survey, IEEE transactions on knowledge and data engineering 2004</li> <li>■ S.C Madeira, A.L Oliveira, Biclustering algorithms for biological data analysis: a survey, IEEE Transactions on computational Biology and Bioinformatics 2004</li> <li>■ A Krause, J Stoye, Large scale hierarchical clustering of protein sequences, BMC bioinformatics 2005</li> </ul>

- P Baldi, G Pollastri, The principled design of large-scale recursive neural network architectures-dag-rnns and the protein structure prediction problem, The Journal of Machine Learning Research 2003
- C Leslie, E Eskin, W Noble, The spectrum kernel: A string kernel for SVM protein classification, Pacific Symposium on Biocomputing 2002
- X.W. Chen, Prediction of protein-protein interactions using random decision forest framework, Bioinformatics 2005

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung

none

Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung

Knowledge in Machine Learning and Bioinformatics, basic knowledge in Molecular biology

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Maschinelles Lernen in den Lebenswissenschaften / Machine Learning in Life Science	11LE13MO-1112 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Maschinelles Lernen in den Lebenswissenschaften / Machine Learning in Life Science	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE13Ü-1112
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Informatik Bioinformatik	

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

<b>Inhalte</b>
In the exercises, students will learn through example scenarios to apply the principles and methods from the lectures.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
Siehe Modulebene   See module level
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
Siehe Modulebene   See module level
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Mikrofluidik II: Miniaturisieren, Automatisieren, und Parallelisieren biochemischer Analyseverfahren: Von der Idee zum Produkt	11LE50MO-5263 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr.-Ing. Roland Zengerle	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Anwendungsentwicklung	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 hours
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
none
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Basics in microfluidics, e.g. "Microfluidics I"

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Mikrofluidik II: Miniaturisieren, Automatisieren, und Parallelisieren biochemischer Analyseverfahren: Von der Idee zum Produkt	Vorlesung		6.0	2.0	180 hours
Mikrofluidik II: Miniaturisieren, Automatisieren, und Parallelisieren biochemischer Analyseverfahren: Von der Idee zum Produkt	Übung			2.0	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
Qualified microfluidic engineer with sound knowledge on microfluidic Design, manufacturing of microfluidic cartridges, and the use of microfluidic technologies in clinical settings.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Ususally a written exam (duration of 90 to 180 minutes)
If the number of participants is small, an oral examination (with a duration of 35 minutes) may be held instead. The students will be informed in good time.

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

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Mikrofluidik II: Miniaturisieren, Automatisieren, und Parallelisieren biochemischer Analyseverfahren: Von der Idee zum Produkt	11LE50MO-5263 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Mikrofluidik II: Miniaturisieren, Automatisieren, und Parallelisieren biochemischer Analyseverfahren: Von der Idee zum Produkt	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5263
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Anwendungsentwicklung	

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 hours
Präsenzstudium	60
Selbststudium	120
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

<b>Inhalte</b>
<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>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
none
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
none
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
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	11LE50MO-5263 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Mikrofluidik II: Miniaturisieren, Automatisieren, und Parallelisieren biochemischer Analyseverfahren: Von der Idee zum Produkt	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5263
<b>Veranstalter</b>	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik Anwendungsentwicklung	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

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

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Messung und Auswertung elektrophysiologischer Signale	11LE50MO-5325 PO 2021
Verantwortliche/r	
PD Dr. Matthias Dümpelmann	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Knowledge in digital signal processing Programming skills in languages like Python

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Messung und Auswertung elektrophysiologischer Signale	Praktikum		3.0	2.0	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
1. Components of equipment for electrophysiological measurements 2. Experience in performing measurements of electrophysiological signals 3. Knowledge about potential noise sources and strategies for their mitigation 4. Experience in cognitive experiments in parallel to electrophysiological measurements 5. Knowledge in methods for signal analysis in time and frequency domain.

Zu erbringende Prüfungsleistung
Protokoll / report  Benotete Protokolle: Neben der Durchführung von Versuchen werden aufgenommene Signale und Signale aus Datenbanken von den Studierenden analysiert (z.B. mit Hilfe von Python / Erstellung von Software).  Graded protocols: In addition to conducting experiments, recorded signals and signals from databases are analyzed by the students (e.g. using Python / creating software).
Zu erbringende Studienleistung
Durchführung von Versuchen / Carrying out of experiments

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Messung und Auswertung elektrophysiologischer Signale	11LE50MO-5325 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Messung und Auswertung elektrophysiologischer Signale	
Veranstaltungsart	Nummer
Praktikum	11LE50P-5325 PO 2021
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3.0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

Inhalte
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Components of equipment for electrophysiological measurements</li> <li>2. Measurement of the electrocardiogram (ECG)</li> <li>3. Measurement of the photoplethysmogram as a proxy of the ECG</li> <li>4. Measurement of the electroencephalogram (EEG)</li> <li>5. Signal analysis of the ECG and EEG in time and frequency domain</li> <li>6. Components of systems for cognitive experiments</li> <li>7. Realization of a cognitive experiments while measuring the electroencephalogram</li> <li>8. EEG signal analysis of cognitive experiments</li> </ol>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
see module details
<b>Literatur</b>
In Englisch: Cohen: Analyzing Neural Time Series Data: Theory and Practice Smith: The scientist and engineer's guide to digital signal processing Niedermeyer, Lopes da Silva: Electroencephalography: basic principles, clinical applications, and related fields In Deutsch: Openheim, Schafer: Zeitdiskrete Signalverarbeitung BERNhard, Brensing, Witte: Biosignalverarbeitung: Grundlagen und Anwendungen mit MATLAB

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Knowledge in digital signal processing Programming skills in languages like Python

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Nanobiotechnologie / Nanobiotechnology	11LE50MO-5308 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Oliver Ambacher	
Veranstalter	
Inst. f. Nachh. Technische Systeme Prof. f. Leistungselektronik	
Fachbereich / Fakultät	
Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
keine
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
keine

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Nanobiotechnologie / Nanobiotechnology	Vorlesung		3.0	2.0	90 Stunden

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
<p>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.</p> <p>Students will be able to understand the functioning of organic micro- and nanosystems. These include, for example, hair cells, motor proteins, organic nanomotors and ion channels. Students will have expertise in the description and analysis of organic nanostructures that are critical to the function of minute biological organisms. Their expertise extends to the combination of organic and inorganic micro- and nanosystems, e.g., for the realization of very small drive systems.</p>
Zu erbringende Prüfungsleistung
Mündliche Abschlussprüfung mit einer Dauer von 30 Minuten

Zu erbringende Studienleistung

keine

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Nanobiotechnologie / Nanobiotechnology	11LE50MO-5308 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Nanobiotechnologie / Nanobiotechnology	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5308
Veranstalter	
Inst. f. Nachh. Technische Systeme Prof. f. Leistungselektronik	

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Präsenzstudium	26 Stunden
Selbststudium	64 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

<b>Inhalte</b>
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.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
siehe Modulebene
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
keine
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Biochemie, J.M. Berg, J.L. Tymoczko, L. Stryer, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg 2003</li> <li>■ Physiologie des Menschen, R.F. Schmidt, F. Lang, G. Thews, Springer Medizin Verlag Heidelberg 2005</li> </ul>
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
keine
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
keine

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Neurophysiologie - Praktikum / Neurophysiology - Laboratory	11LE50MO-5316 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Ulrich Hofmann	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 hours
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Prerequisite to become eligible for this course is the participation in the exercises in "Implant manufacturing technologies" or participation in the seminar „Neuroprosthetics“ in the previous winter semester.

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Neurophysiologie - Praktikum / Neurophysiology - Laboratory	Praktikum		3.0	4.0	90 hours

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
<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. 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>
Zu erbringende Prüfungsleistung
Students have to submit 4 reports. The module grade is calculated taking the average of the grades obtained for each report. If a student misses one session due to illness, an amended date for the missed lab session will be offered.
Zu erbringende Studienleistung
none

Bemerkung / Empfehlung

The experiments fall under the Animal Welfare Act - so all participants must be known by name before the first day of the experiment.

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Neurophysiologie - Praktikum / Neurophysiology - Laboratory	11LE50MO-5316 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Neurophysiologie - Praktikum / Neurophysiology - Laboratory	
Veranstaltungsart	Nummer
Praktikum	11LE50P-5316

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

<b>Inhalte</b>
<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>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
None
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Windhorst, U. and H. Johansson (1999). <i>Modern Techniques in Neuroscience Research</i>. Berlin, Springer.</li> <li>■ Kandel, E. R., J. H. Schwartz and T. M. Jessel (1991). <i>Principles of neural science</i>. London, Prentice-Hall.</li> <li>■ D Nicolelis, M. A. L., Ed. (1999). <i>Methods for Neural Ensemble Recordings</i>. CRC Methods in Neuroscience. Boca Raton, FL, CRC Press.</li> <li>■ diverse journal papers like: <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Wilson, M. A. and B. L. McNaughton (1994). "Reactivation of Hippocampal ensemble memories during sleep." <i>Science</i> 265: 676-682.</li> <li>■ Wilson, M. A. and B. L. McNaughton (1993). "Dynamics of the hippocampal ensemble code for space." <i>Science</i> 261: 1055-1058.</li> </ul> </li> </ul>
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
None
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
Prerequisite to become eligible for this course is the participation in the exercises in "Implant manufacturing technologies" or participation in the seminar „Neuroprosthetics“ in the last winter semester.

Bemerkung / Empfehlung

The experiments fall under the Animal Welfare Act - so all participants must be known by name before the first day of the experiment.



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Neuroprothetik / Neuroprosthetics	11LE50MO-5318 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Ulrich Hofmann	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 hours
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
High school level knowledge in mathematics and natural sciences

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Neuroprothetik / Neuroprosthetics - Seminar	Seminar		3.0	3.0	90 hours

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
In times of an explosion of so called bioelectronic medicine remedies, aka electroceuticals, engineering students will gain an introductory knowledge of neuroscientific basics, a profound knowledge of technical interfaces to the brain and a wide view on diseases presumably treated by these devices. In particular, they will investigate the pathes from bench to bedside bringing medical devices into clinical use.
In the end, they will be able to critically assess business models of startups in the field of bioelectronic medicine.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Written documentation in the form of a short scientific paper (5-10 pages) and oral presentation. The module grade is based on the written documentation (50%) and the oral presentation (50%).
Zu erbringende Studienleistung
none

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Neuroprothetik / Neuroprosthetics	11LE50MO-5318 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Neuroprothetik / Neuroprosthetics - Seminar	
Veranstaltungsart	Nummer
Seminar	04LE50V-5318

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 hours
Präsenzstudium	39 hours
Selbststudium	51 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	3.0
Mögliche Fachsemester	5
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

Inhalte
Introductory lessons contain: <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Basic concepts of neuroscience</li> <li>■ Interfacing the nervous system</li> <li>■ Modelling approaches for CNS applications</li> <li>■ Neuroethical aspects</li> </ul> Student covered topics will contain: <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Cochlea Implant - Deafness</li> <li>■ Retina Implant - Blindness</li> <li>■ Deep Brain Stimulation - Parkinson's Disease</li> <li>■ Spinal Cord Stimulation - Chronic Pain Syndrome</li> <li>■ Vagal Nerve Stimulation - Epilepsy</li> <li>■ Functional Electrical Stimulation - Drop Foot Syndrome</li> <li>■ Human Machine Interfacing - BCI and BMI</li> <li>■ Foreign Body Reaction</li> </ul>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
None
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Farina, D., Jensen, W., Akay, M., Eds. (2013). INTRODUCTION TO NEURAL ENGINEERING FOR MOTOR REHABILITATION, IEEE</li> <li>■ Dagnelie, G., Ed. (2011). Visual Prosthetics: Physiology, Bioengineering, Rehabilitation: Physiology, Bioengineering and Rehabilitation, Springer</li> <li>■ DiLorenzo, D. J. and J. D. Bronzino, Eds. (2008). Neuroengineering Boca Raton, CRC Press</li> <li>■ Akay, M. (2007). Handbook of Neural Engineering, IEEE Press, Wiley</li> <li>■ Dornhege, G., et al., Eds. (2007). Toward Brain-Computer Interfacing. Neural Information Processing Series. Cambridge, MA, MIT Press</li> </ul>

- Horch, K. W. and G. S. Dhillon (2004). Neuroprosthetics - Theory and Practice. Singapore-London, World Scientific Publishing

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung

None

Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung

High level knowledge in mathematics and natural sciences

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Neurowissenschaften für Ingenieure / Neuroscience for Engineers	11LE50MO-5319 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Ulrich Egert	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Biomikrotechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 hours
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
None

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Neurowissenschaften für Ingenieure / Neuroscience for Engineers - Vorlesung	Vorlesung		3.0	2.0	90 hours
Neurowissenschaften für Ingenieure / Neuroscience for Engineers - Übung	Übung			1.0	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
After completing this module, students will understand the fundamental neuroscientific concepts, methods, processes and structures that define or influence the function of technical components in biomedical applications.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Written exam (90 min.)
Zu erbringende Studienleistung
none

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 des Moduls
Wahlpflichtmodul für Studierende des Studiengangs <ul style="list-style-type: none"><li>■ Bachelor of Science in Mikrosystemtechnik (PO 2018), Wahlpflichtbereich, Bereich Mikrosystemtechnik</li></ul> Compulsory elective module for students of the study program <ul style="list-style-type: none"><li>■ Master of Science in Microsystems Engineering (PO 2021), concentration area Biomedical Engineering</li><li>■ Master of Science in Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Biomedizinische Technik</li><li>■ Master of Science in Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area: Biomedical Engineering</li></ul>

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Neurowissenschaften für Ingenieure / Neuroscience for Engineers	11LE50MO-5319 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Neurowissenschaften für Ingenieure / Neuroscience for Engineers - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5319
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Biomikrotechnik	

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 hours
Präsenzstudium	39 hours
Selbststudium	51 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	5
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

Inhalte
<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"> <li>■ influence the generation and properties of signals measurable with neuronal systems,</li> <li>■ influence the usability of MST components, such as sensors and implants,</li> <li>■ are relevant for typical fields of application of MST components, e.g. implantable sensors, prostheses, neurotechnology, etc..</li> </ul> <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"> <li>■ Structure of the nervous systems</li> <li>■ Biophysics of electrical potentials</li> <li>■ Neuronal networks and their signals</li> <li>■ Sensory systems</li> <li>■ Foundations of learning and memory</li> <li>■ Interaction with neuronal networks</li> </ul>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
none

Literatur
Literature will be presented during the lecture
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
None

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Neurowissenschaften für Ingenieure / Neuroscience for Engineers	11LE50MO-5319 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Neurowissenschaften für Ingenieure / Neuroscience for Engineers - Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5319
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Biomikrotechnik	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	1.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

Inhalte	
Zu erbringende Prüfungsleistung	see lecture
Zu erbringende Studienleistung	None
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung	None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung	None

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Signalverarbeitung und Analyse von Gehirnsignalen / Signal processing and analysis in brain signals	11LE50MO-5312 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr.-Ing. Thomas Stieglitz	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Biomedizinische Mikrotechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 hours
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
None

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Signalverarbeitung und Analyse von Gehirnsignalen / Signal processing and analysis in brain signals - Vorlesung	Vorlesung		3.0	2.0	90 hours

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
<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 specific 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>

Zu erbringende Prüfungsleistung
Oral exam (30 minutes)
Zu erbringende Studienleistung
none
Verwendbarkeit des Moduls
Compulsory elective module for students of the study program <ul style="list-style-type: none"><li>■ M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Biomedical Engineering</li><li>■ M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Biomedizinische Technik</li><li>■ M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area: Biomedical Engineering</li></ul>

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Signalverarbeitung und Analyse von Gehirnsignalen / Signal processing and analysis in brain signals	11LE50MO-5312 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Signalverarbeitung und Analyse von Gehirnsignalen / Signal processing and analysis in brain signals - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5312
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Biomedizinische Mikrotechnik	

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 hours
Präsenzstudium	26 hours
Selbststudium	64 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

Inhalte
<p>The course starts with an introduction to the basic principles of the measurement of neurophysiological signals mainly EEG and MEG. Despite a basic technical introduction of the measurement systems an overview about physiological and pathological patterns and rhythms in brain signal is given. Pattern recognition in the diagnostics of patients suffering from epilepsy is one core topic of the module. Long term recordings of EEG in epilepsy diagnostic create a high demand for automatic EEG analysis procedures. 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> <ol style="list-style-type: none"> <li>Heuristics</li> <li>Template matching</li> <li>Wavelet transformation</li> <li>Hilbert transformation</li> <li>Background and target modelling</li> <li>Artificial neural networks</li> </ol> <p>A second focus of the module is related to the localization of generators of neuronal activity based on EEG and MEG measurements.</p> <p>The introduction starts with the presentation of the Maxwell equations and the common simplifications as they are applied in EEG and MEG source localization. Localization includes two basic components, the for-</p>

ward simulation and an inverse parameter estimation procedure. Concepts of the following forward models representing the physical properties of the head are presented:

- a) Spherical model
- b) Boundary element model
- c) Finite element model

Main types of focal and distributed inverse models will form the contents of the inverse part of the source localization procedure.

Exemplary application examples will show the complete processing chain from measurements and image acquisition to localization results.

Zu erbringende Prüfungsleistung

see module details

Zu erbringende Studienleistung

None

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung

None

Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung

None

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Siliziumbasierte Neurosonden / Silicon-based Neural Technology	11LE50MO-5116 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Oliver Paul	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Materialien der Mikrosystemtechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 hours
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
none
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Advanced Silicon Technologies for MEMS and IC

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Siliziumbasierte Neurosonden / Silicon-based Neural Technology	Vorlesung		3.0	2.0	90 hours

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
Students will gain a detailed overview of silicon-based probes used in basic neuroscience research and their combination with alternative materials to provide the desired functionalities. Students will learn the basic requirements regarding system design and function, as well as the system-specific manufacturing technologies.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Oral examination if there are 20 or fewer than 20 registered participants; written examination if there are more than 20 registered participants (minimum 60 and maximum 240 minutes). Details will be announced by the examiner in due time.
Zu erbringende Studienleistung
Regular attendance (2/3 of the sessions)

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Siliziumbasierte Neurosonden / Silicon-based Neural Technology	11LE50MO-5116 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Siliziumbasierte Neurosonden / Silicon-based Neural Technology	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5116
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Materialien der Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 hours
Präsenzstudium	30
Selbststudium	60
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	5
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

<b>Inhalte</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Introduction - Basic requirements in neuroscience</li> <li>■ Electrical probes</li> <li>■ Fluidic probes</li> <li>■ Optical probes</li> <li>■ Chemotrodes</li> <li>■ IC Technologies for Signal Amplification and Processing</li> <li>■ Packaging and interconnection technologies</li> </ul>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
see module details
<b>Literatur</b>
current conference and journal articles
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
none
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
Advanced Silicon Technologies for MEMS and IC

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Technologien der Implantatfertigung / Implant Manufacturing Technologies	11LE50MO-5313 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr.-Ing. Thomas Stieglitz	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Biomedizinische Mikrotechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 hours
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
None

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Technologien der Implantatfertigung / Implant Manufacturing Technologies - Vorlesung	Vorlesung		3.0	2.0	90 hours
Technologien der Implantatfertigung / Implant Manufacturing Technologies - Übung	Übung			1.0	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
<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>
Zu erbringende Prüfungsleistung
Written examination (90 minutes)

Zu erbringende Studienleistung

none

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Technologien der Implantatfertigung / Implant Manufacturing Technologies	11LE50MO-5313 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Technologien der Implantatfertigung / Implant Manufacturing Technologies - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5313
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Biomedizinische Mikrotechnik	

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 hours
Präsenzstudium	45 hours
Selbststudium	45 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

Inhalte
<p>In the lecture Implant Manufacturing Technologies, knowledge and methods for the development of electrically active implants such as pacemakers or hearing prostheses (cochlear implants) are taught. Materials, components, systems and legal frameworks are presented. Clinically established (neuro-) implants as well as novel developments, which are still in the research phase, will be presented and critically discussed. The following topics will be covered during the lecture:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Overview of active implants &amp; neuroprostheses in clinical and research settings.</li> <li>■ Definitions and classification of electrically active implants</li> <li>■ Biocompatibility testing and biostability (corrosion and degradation)</li> <li>■ Electrodes</li> <li>■ Design of electrically active implants (components, interfaces)</li> <li>■ Silicone as material for encapsulation</li> <li>■ Materials for hermetically sealed housings</li> <li>■ Connections and joining techniques</li> <li>■ Requirements for implant development and production (risk management, FMEA, production rooms, documentation)</li> <li>■ Thin-film technology in implant development</li> <li>■ Manufacturing of microimplants using the example of a BION</li> </ul> <p>Finally, the learning content will be repeated together with the students in order to facilitate the preparation for the examination.</p>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
None

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
None

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Technologien der Implantatfertigung / Implant Manufacturing Technologies	11LE50MO-5313 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Technologien der Implantatfertigung / Implant Manufacturing Technologies - Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5313
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Biomedizinische Mikrotechnik	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	1.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

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

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Technologien der Implantatfertigung - Praktikum / Implant Manufacturing Technologies - Laboratory	11LE50MO-5314 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr.-Ing. Thomas Stieglitz	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Biomedizinische Mikrotechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 hours
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Successful completion of the module "Technologien der Implantfertigung / Implant manufacturing technologies".
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Basic knowledge in mathematics and sciences.

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Technologien der Implantatfertigung - Praktikum / Implant Manufacturing Laboratory	Praktikum		3.0	4.0	90 hours

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
The aim of the module is to train the skills for manufacturing electrically active implants, to become familiar with basic structures and elements as well as methods and processes for their manufacture. The theoretical engineering basis for understanding the function and failure modes of this type of implants is complemented by practical skills and experience during own manufacturing of a demonstrator of an active implant.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Written test prior to each of the seven experiments. The module grade is the average of the marks obtained in the seven tests.
Zu erbringende Studienleistung
Mandatory attendance in the 12 sessions is required. In case of illness, an additional session is offered.

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Technologien der Implantatfertigung - Praktikum / Implant Manufacturing Technologies - Laboratory	11LE50MO-5314 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Technologien der Implantatfertigung - Praktikum / Implant Manufacturing Laboratory	
Veranstaltungsart	Nummer
Praktikum	11LE50P-5314
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Biomedizinische Mikrotechnik	

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 hours
Präsenzstudium	52 hours
Selbststudium	38 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	4.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

Inhalte
<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"> <li>■ Laser marking and cutting</li> <li>■ Screen printing</li> <li>■ Hybrid implant assembly</li> <li>■ Design of printed circuit boards</li> <li>■ Development and etching of printed circuit boards</li> <li>■ Cleansing and cleaning of substrates</li> <li>■ Silicone encapsulation of electronic circuits</li> <li>■ Packaging and sterilization</li> <li>■ Technical implant function test</li> </ul>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
see module details
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
Successful completion of the module "Technologien der Implantfertigung / Implant manufacturing technologies".
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
Basic knowledge in mathematics and sciences.



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Wearable and Implantable Computing (WIC)	11E13MO-1402_PO 2020
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Oliver Amft	
Veranstalter	
Institut für Informatik Intelligente Eingebettete Systeme	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 Stunden   hours
Präsenzstudium	32 Stunden / Hours
Selbststudium	116 Stunden / Hours
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

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

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Wearable and Implantable Computing (WIC)	Vorlesung		6.0	2.0	180 Stunden / Hours
Wearable and Implantable Computing (WIC)	Übung			2.0	

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

Zu erbringende Prüfungsleistung
mündliche Prüfung (i.d.R. 30 oder 45 Minuten)   Oral exam (usually 30 or 45 minutes)  If there are too many students for a reasonably organized oral exam, it will be held as a written exam instead, announced well in advance.
Zu erbringende Studienleistung
Durchführung von Versuchen und Ergebnisprotokoll   Execution of experiments and written report of results
Verwendbarkeit des Moduls
Compulsory elective module for students of the study program ■ M.Sc. Informatik / Computer Science (2020) in Spezialvorlesung   Specialization Courses ■ M.Sc. Embedded Systems Engineering (ESE) (2021) in Elective Courses in Computer Science <b>OR</b> in Microsystems Engineering Concentrations Area Circuits and Systems/Biomedical Engineering ■ M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Circuits and Systems/Biomedical Engineering ■ M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Schaltungen und Systeme/Biomedizinische Technik  Part of the specialization Artificial Intelligence (AI) in Master of Science Informatik/Computer Science resp. MSc Embedded Systems Engineering <b>and</b> Part of the specialization Cyber-Physical Systems (CPS) in Master of Science Informatik/Computer Science resp. MSc Embedded Systems Engineering



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

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 Stunden / Hours
Präsenzstudium	32 Stunden / Hours
Selbststudium	116 Stunden / Hours
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

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

↑

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

ECTS-Punkte	
Präsenzstudium	32 Stunden / Hours
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

<b>Inhalte</b>
Student groups will investigate concrete cases including context recognition, energy-efficient signal processing, and digital design of wearable systems. A wearable device prototype will be realised per student group.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
see module details
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
MST Study Project in Concentration Biomedizinische Technik	11LE50MO-SP MST BE
Verantwortliche/r	
Prof. Dr.-Ing. Bastian Rapp	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	9.0
Arbeitsaufwand	270 Stunden /hours
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	unregelmäßig

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
keine   none
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
allgemeine mathematische Grundlagen, praktische und theoretische Grundlagen der Ingenieurwissenschaften, Programmierkenntnisse, themenspezifische Vorkenntnisse für den gewählten Themenbereich   general fundamental mathematical knowledge, practical and theoretical foundations in Engineering Sciences, programming skills, subject-specific knowledge for the chosen topics

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand

<b>Inhalte</b>
In this module students get involved in the actual research process of the chosen work group/chair in the area of Biomedical Engineering. Depending on their personal field of interest and their expertise in various research and teaching areas offered at the Department of Microsystems Engineering, they decide on a specific topic and deepen their knowledge and skills in this area as well as their overall proficiency in academic work and research. They learn to work on the different tasks required for the specific project under given technical specifications, to develop appropriate systems and to work experimentally and constructively in projects. Students acquire the ability to familiarize themselves with new engineering problems and do independent background research. They will work with modern development environments and adhere to the generally accepted quality standards. During the project, working in a team as well as observing the rules of good scientific work will be trained.
<b>Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung</b>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
Depending on the specific project: written research paper or creation of demonstrators including a sufficient documentation or presentation and subsequent discussion

Zu erbringende Studienleistung
Regular attendance in (team) discussions or meetings with the supervisor. Self-organizing the given tasks, doing background research, presentation of results
Bemerkung / Empfehlung
Language is usually English, but might be negotiable (changed to German). Please learn about the procedure of finding a topic and registering for the project in good time. (For instance, see "A to Z - Study FAQ" under "Studies and Teaching" on our faculty website.)

↑

Name des Kontos	Nummer des Kontos
Photonik	11LE50KO-9991-MSc-286 Vertiefung 4
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

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

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Gassensorik / Gas sensors	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
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
keine

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Gassensorik / Gas sensors	Vorlesung		3.0	2.0	90 Stunden

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
<p>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.</p> <p>The aim of this module is to teach the physical, chemical and electrical functions of gas sensors. Building on the fundamentals taught, typical sensor arrangements, manufacturing processes with a focus on microsystems technology and applications of the sensors in practice are presented. The students should learn the connection between the measuring principle, design, manufacturing processes and the application of the sensors.</p>

Zu erbringende Prüfungsleistung
mündliche Abschlussprüfung (30 Minuten)/oral examination (duration 30 mins.)
Zu erbringende Studienleistung
keine/none
Verwendbarkeit des Moduls
Compulsory elective module for students of the study program <ul style="list-style-type: none"><li>■ M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Photonics</li><li>■ M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Photonik</li><li>■ M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area Photonics</li></ul>



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Gassensorik / Gas sensors	11LE50MO-5704 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Gassensorik / Gas sensors	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5704
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Dünnschicht-Gassensorik	

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Präsenzstudium	30 Stunden
Selbststudium	60 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

Inhalte
<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"> <li>■ Wechselwirkung Gas-Halbleiter, Adsorption, Elektrische Auswirkungen von adsorbierten Gasen</li> <li>■ Wärmeleitung u. -kapazität, Paramagnetismus von Gasen</li> <li>■ Schwingungs- und Rotationsspektren im IR, Druck- und Dopplerverbreiterung, Linienformen</li> <li>■ Interferometer, Schwarzkörperstrahlung, Elektrochemie</li> </ul> <p>Folgende Bauelemente und Messsysteme werden vorgestellt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Metalloxidgassensoren, Lambdasonde, Gassensitive Feldeffekttransistoren</li> <li>■ Wärmeleitfähigkeitssensoren, Pelistoren</li> <li>■ Paramagnetischer Sauerstoffsensor</li> <li>■ Optische Systeme (Laserspektrometer, Filterphotometer, Photoakustik, Wellenleiter), Fourier Transformations Infrarot Spektrometer</li> <li>■ Elektrochemische Sensoren, Elektronische Nasen</li> </ul>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
siehe Modulebene
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
keine
<b>Literatur</b>
Begleitend zur Vorlesung wird ein Folien-Skriptum zur Verfügung gestellt.
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
Keine

Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung

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

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
It is recommended to have attended the "Micro-optics" lecture before attending this course.

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
			3.0		

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
Lasers are versatile tools with a high relevance for microsystems engineering. In this course, the students gain knowledge about different types of lasers and their respective applications. They achieve a deeper understanding on the fundamentals of laser operation. Consequently, the participants will be able to
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Select an appropriate laser for a given task</li> <li>- Better design microsystems including lasers</li> <li>- Easier understand already existing systems</li> </ul>
Verwendbarkeit des Moduls
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
Lasers	
Veranstaltungsart	

ECTS-Punkte	3.0
Semesterwochenstunden (SWS)	
Mögliche Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

Inhalte
Zu erbringende Prüfungsleistung
Zu erbringende Studienleistung
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Physics of Microscopy and Optical Image Formation	11LE50MO-5902 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Alexander Rohrbach	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Bio- und Nano-Photonik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 hours
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
none
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
none

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Physics of Microscopy and Optical Image Formation	Vorlesung		6.0	3.0	180 hours
Physics of Microscopy and Optical Image Formation	Übung			2.0	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
<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>
Zu erbringende Prüfungsleistung
Up to 6 students: oral exam (40 minutes) 7 or more students: written exam (120 minutes)

Zu erbringende Studienleistung

In order to meet the requirements of the "Studienleistung", the students have to treat a minimum of 60% of the tutorial exercises, and additionally present minimum two exercises in the tutorials.

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

- M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Photonics
- M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Photonik
- M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area Photonics



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Physics of Microscopy and Optical Image Formation	11LE50MO-5902 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Physics of Microscopy and Optical Image Formation	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5902
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Bio- und Nano-Photonik	

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 hours
Präsenzstudium	75 hours
Selbststudium	105 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	3.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

Inhalte
<p>1. Microscopy: History, Presence and Future</p> <p>1.1 History</p> <p>1.2 Present and Future Tasks</p> <p>1.3 Literature</p> <p>2. Wave- and Fourier-Optics</p> <p>2.1 What is Light?</p> <p>2.2 The change of Light in Matter</p> <p>2.3 Helmholtz equation and plane waves</p> <p>2.4 Wave functions in space and frequency domain</p> <p>2.5 Superposition of waves: Interference and Coherence</p> <p>2.6 Fourier-Optics</p> <p>2.7 Wave propagation and diffraction</p> <p>3. Three-dimensional optical imaging and information transfer</p> <p>3.1 Imaging through lenses</p> <p>3.2 Optical image formation – a spatial low-pass filtering</p> <p>3.3 Optical resolution and optical transfer function</p> <p>3.4 Coherent and incoherent imaging</p> <p>3.5 Vectorial light focusing</p> <p>3.6 Aberrations of the Point-Spread Function</p> <p>4. Contrast enhancement by Fourier-filtering</p> <p>4.1 Image formation with phase objects</p> <p>4.2 Phase contrast according to Zernike</p> <p>4.3 Dark field microscopy and amplitude spatial filters</p> <p>4.4 Generating contrast by polarization</p> <p>4.5 Holographic microscopy</p>

5. Fluorescence – Basics and Techniques
5.1 Definitions and principles of light scattering
5.2 Fluorescence excitation und emission
5.3 Decay rates and fluorescence lifetime
5.4 Fluorescence Polarisation and Anisotropy
6. Point scanning and confocal microscopy
6.1 Image formation with point- and area-detectors
6.2 Confocal microscopy
6.3 4pi Microscopy
7. Microscopy in thick media
7.1 Photon diffusion in strongly scattering media
7.2 Light Sheet Microscopy
7.3 Microscopy with holographic scan beams
7.4 Lattice light-sheet microscopy
8. Nearfield and Evanescent Field Microscopy
8.1 The spectrum of near fields and far fields
8.2 Nearfield Scanning Optical Microscopy (NSOM)
8.3 Evanescent illumination and TIR- Microscopy
9. Super-resolution by structured illumination
9.1 Modulated illumination to increase resolution
9.2 Structured illumination for axial sectioning
10. Multi-Photon-Microscopy
10.1 Basics of nonlinear optics
10.2 Two-photon fluorescence microscopy
10.3 Second Harmonic Generation-Microscopy
10.4 CARS microscopy
11. Super-resolution imaging by switching single molecules
11.1 Position tracking
11.2 STED-Microscopy
11.3 PALM and STORM
11.4 Super-resolution optical fluctuation imaging (SOFI)
12. Appendix
12.1 Signal and Noise
12.2 Survey about super resolution microscopy
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
see module details
<b>Literatur</b>
An additional scriptum with defined blank areas (white boxes), accompanying the lecture contents, will be provided.
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
none
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
none



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Physics of Microscopy and Optical Image Formation	11LE50MO-5902 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Physics of Microscopy and Optical Image Formation	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5902
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Bio- und Nano-Photonik	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

<b>Inhalte</b>
The tutorials help the student to get a more in depth and thorough understanding of the lecture. Here, a special focus is put on the transfer of knowledge obtained in the lecture. To achieve this the students should prepare weekly exercises and present them during the tutorial. Only difficult exercises may be presented by the tutors.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
see module details
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
None
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
None

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Nano-Photonics - Optical manipulation and particle dynamics	11LE50MO-5281 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Alexander Rohrbach	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Bio- und Nano-Photonik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 h
Mögliche Fachsemester	4
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Basic courses in mathematics and physics, foundations of optics

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Nano-Photonics - Optical manipulation and particle dynamics	Vorlesung		6.0	3.0	180 h
Nano-Photonics - Optical manipulation and particle dynamics	Übung			2.0	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
You think basic physics research and applied research leading to a social benefit cannot be well combined? When particles or macro-molecules undergo thermal collisions with smaller molecules in (complex) fluids or in air, thermal (Brownian) motion with stochastic changes in positions and velocities take place - beyond our imagination. Such particles can be viruses or particulates from combustion engines in the air that get into contact with e.g. lung cells. How can a limited number of photons be generated in such a way that they scatter efficiently at the small, fast particles and carry the maximum information with them. How can the particle information encoded by the scattered photons be amplified by intelligent detection mechanisms? How can rare but important interaction events be manipulated by photon momentum transfer and optical forces?
Zu erbringende Prüfungsleistung
Written exam (120 minutes)

Zu erbringende Studienleistung

There are exercises at regular intervals that have to be worked on and handed in. These are corrected and assessed with points. The course work is considered successfully passed when the student has submitted 60% of the exercises and demonstrated the solution of two assignments during the exercise sessions.

Verwendbarkeit des Moduls

Wahlpflichtmodul für Studierende des Studiengangs

- Bachelor of Science in Mikrosystemtechnik ( PO 2018) im Wahlpflichtbereich, Bereich Mikrosystemtechnik

Compulsory elective module for students of the study program

- Master of Science in Microsystems Engineering (PO 2021), concentration area Photonics
- Master of Science in Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Photonik
- Master of Science in Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area Photonics



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Nano-Photonics - Optical manipulation and particle dynamics	11LE50MO-5281 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Nano-Photonics - Optical manipulation and particle dynamics	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5281
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Bio- und Nano-Photonik	

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 h
Präsenzstudium	65 h
Selbststudium	115 h
Semesterwochenstunden (SWS)	3.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

Inhalte
<p>Motivation:</p> <p>You think basic physics research and applied research leading to a social benefit cannot be well combined? When particles or macro-molecules undergo thermal collisions with smaller molecules in (complex) fluids or in air, thermal (Brownian) motion with stochastic changes in positions and velocities take place - beyond our imagination. Such particles can be viruses or particulates from combustion engines in the air that get into contact with e.g. lung cells. How can a limited number of photons be generated in such a way that they scatter efficiently at the small, fast particles and carry the maximum information with them. How can the particle information encoded by the scattered photons be amplified by intelligent detection mechanisms? How can rare but important interaction events be manipulated by photon momentum transfer and optical forces?</p> <p>In this lecture you will learn</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- the transfer from the Maxwell equations and the electromagnetic force density to optical forces and optical tweezers, which allow to control molecular processes relevant to cellular biology and medicine</li> <li>- the basics of light scattering, how photons transfer momentum to microscopic objects and how scattered photons transfer information about the state of the objects. In contrast to incoherent photons, coherent light encodes significantly more information about small objects, which, driven by thermal forces, continuously change their position and orientation relative to their environment. All this can be directly measured through <math>\mu\text{s-nm}</math> particle tracking.</li> <li>- how smallest probes can interact on a molecular scale with their environment, which can be analyzed by correlations of changes in the probe's states. In this way, the interactions of probes with living cells give new insights into cellular diseases, such as bacterial and viral infections, but also exposure of particulate matter to lung cells.</li> </ul> <p>The summer term lecture "Wave Optics" is quite helpful to hear, but not mandatory.</p> <p>Contents</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Introduction</li> <li>■ Light – Carrier of Information and Actor</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"><li>■ Microscopy und Light Focussing</li><li>■ Light Scattering</li><li>■ Manipulation by Optical Forces</li><li>■ Particle Tracking beyond the Uncertainty Regime</li><li>■ Thermal Motion and Calibration</li><li>■ Photonic Force Microscopy</li><li>■ Applications in Biophysics and Medicine</li><li>■ Time-Multiplexing and holographic optical traps</li><li>■ Applications in Micro- and Nano-Technology</li><li>■ Appendix</li></ul>
Zu erbringende Prüfungsleistung
see module details
Zu erbringende Studienleistung
see module details
Literatur
Accompanying to the lecture printed lecture notes with defined gaps (white boxes) are distributed.
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Basic courses in mathematics and physics, foundations of optics

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Nano-Photonics - Optical manipulation and particle dynamics	11LE50MO-5281 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Nano-Photonics - Optical manipulation and particle dynamics	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5281
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Bio- und Nano-Photonik	

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

<b>Inhalte</b>
The tutorials help the students to get a more in depth and thorough understanding of the lecture. Here, a special focus is put on the transfer of knowledge obtained in the lecture. To achieve this the students should prepare weekly exercise and present them during the tutorial. Only difficult exercises are presented by the tutors.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
see module details
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
None
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
Basic courses in mathematics and physics, foundations of optics

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Optik-Praktikum Grundlagen / Basic Optics Laboratory	11LE50MO-5213 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Hans Zappe	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Mikrooptik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 hours
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
BSc. level in physics and mathematics; MSc. course Micro-optics.

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Optik-Praktikum Grundlagen / Basic Optics Laboratory	Praktikum		3.0	2.0	90 hours

<b>Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung</b>
<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"> <li>■ the ability to analyze measurement data and estimate errors;</li> <li>■ the ability to apply error propagation methods;</li> <li>■ the ability to assemble and align optical systems;</li> <li>■ a basic understanding of optical design methods;</li> <li>■ the ability to apply optical measurement techniques;</li> <li>■ the ability to apply analytical and graphical techniques for analyzing optical images.</li> </ul>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
<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

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

- M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Photonics
- M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Photonik
- M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area Photonics



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Optik-Praktikum Grundlagen / Basic Optics Laboratory	11LE50MO-5213 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Optik-Praktikum Grundlagen / Basic Optics Laboratory	
Veranstaltungsart	Nummer
Praktikum	11LE50P-5213-2
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Mikrooptik	

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 hours
Präsenzstudium	26 hours
Selbststudium	64 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	4
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

Inhalte
<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"> <li>1. Statistics and data analysis</li> <li>2. Error propagation</li> <li>3. Focal length of lenses</li> <li>4. Focal length of lens systems</li> <li>5. Construction of a microscope</li> <li>6. Diffraction from gratings</li> <li>7. Newton's rings</li> <li>8. Fiber optics</li> <li>9. Construction of an interferometer</li> <li>10. Polarization</li> </ol>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
None
<b>Literatur</b>
<p>In German:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ E. Hecht: Optik</li> <li>■ Walcher: Praktikum der Physik</li> <li>■ Westphal: Physikalisches Praktikum</li> <li>■ Geschke: Physikalisches Praktikum</li> </ul>

In English:

- H. Zappe: Fundamentals of Micro-optics
- E. Hecht: Optics
- B. Saleh & M. Teich: Fundamentals of Photonics
- S. Sinziger & J. Jahns: Microoptics
- W. Smith: Modern Optical Engineering
- P. Hariharan: Basics of interferometry
- R.R. Shannon: The art and science of optical design
- D. Malacara: Optical shop testing
- W.J. Smith: Practical optical system layout

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung

None

Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung

BSc. level in physics and mathematics; MSc. course Micro-optics.

Bemerkung / Empfehlung

Participants in this laboratory course will work in groups on the ten experimental modules. Individual guidance will be in English and German according to preference. Instruction manuals in English and German will be made available.

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Optik-Praktikum Fortgeschritten / Advanced Optics Laboratory	11LE50MO-5280 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Hans Zappe	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Mikrooptik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	30 hours
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
none
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Successful participation in the 'Basic Optics Laboratory' is a prerequisite.

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Optik-Praktikum Fortgeschritten / Advanced Optics Laboratory	Praktikum		3.0	2.0	90 hours

<b>Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung</b>
<p>The students will develop advanced expertise in the design, assembly and characterization of optical systems and become experienced in understanding physics in optical systems.</p> <p>At the completion of the course, the students will possess:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ the ability to design optical systems</li> <li>■ the ability to assemble and align complex optical systems</li> <li>■ the ability to analyze the properties of optical systems</li> <li>■ an insight into modern optical experiments</li> <li>■ advanced knowledge in analyzing experimental results</li> <li>■ an understanding of physics in optical setups</li> </ul>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
<p>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.</p>

Zu erbringende Studienleistung

none

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

- M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Photonics
- M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Photonik
- M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area Photonics



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Optik-Praktikum Fortgeschritten / Advanced Optics Laboratory	11LE50MO-5280 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Optik-Praktikum Fortgeschritten / Advanced Optics Laboratory	
Veranstaltungsart	Nummer
Praktikum	11LE50P-5217-2
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Mikrooptik	

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 hours
Präsenzstudium	30 hours
Selbststudium	60 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

Inhalte
<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"> <li>■ Anamorphic imaging</li> <li>■ Dynamically addressable gratings</li> <li>■ Whispering gallery resonators</li> <li>■ Michelson interferometer and coherence</li> <li>■ Three dimensional light distribution in a 6f system</li> <li>■ Diode pumped solid state laser</li> </ul>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
None
<b>Literatur</b>
<p>In German:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Naumann/Schröder: Bauelemente der Optik</li> <li>■ E. Hecht: Optik</li> <li>■ Walcher: Praktikum der Physik</li> <li>■ Westphal: Physikalisches Praktikum</li> <li>■ Geschke: Physikalisches Praktikum</li> </ul> <p>In English:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ H. Zappe: Fundamentals of Micro-optics</li> </ul>

- Goodman: Introduction to Fourier Optics
- E. Hecht: Optics
- B. Saleh & M. Teich: Fundamentals of Photonics
- W. Smith: Modern Optical Engineering
- P. Hariharan: Basics of interferometry
- R.R. Shannon: The art and science of optical design
- W.J. Smith: Practical optical system layout

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung

Successful participation in the 'Basic Optics Laboratory' is a prerequisite

Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung

None

Bemerkung / Empfehlung

Participants in this laboratory course will work in groups on the ten experimental modules. Individual guidance will be in English and German according to preference. Instruction manuals in English and German will be made available.



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Optische Materialien / Optical Materials	11LE50MO-5113-2 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Karsten Buse	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Optische Systeme	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Albert-Ludwigs-Universität Freiburg	

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 hours
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
It is strongly recommended to attend the Micro-optics lecture before attending this course.

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Optische Materialien / Optical Materials - Vorlesung	Vorlesung			2.0	180 hours
Optische Materialien / Optical Materials - Übung	Übung			2.0	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
Optical devices rely on optical materials that control the propagation (lenses, fibers), the polarization (half-wave plates, Faraday rotators), or the frequency (nonlinear-optical materials) of light. In this course, we will classify optical materials and cover the fundamentals of light-matter interaction as well as effects that are widely used in many applications. Our goal is to enable the participants to understand important optical devices from the material point-of-view and to qualify the attendees to select the right material for a particular application.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Written exam (150 minutes)
Zu erbringende Studienleistung
none

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

- M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Photonics
- M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Photonik
- M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area Photonics



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Optische Materialien / Optical Materials	11LE50MO-5113-2 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Optische Materialien / Optical Materials - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5113
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Optische Systeme	

ECTS-Punkte	
Arbeitsaufwand	180 hours
Präsenzstudium	60 hours
Selbststudium	120 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

Inhalte
1. Classification of optical materials 2. Fabrication 3. Interaction of light and matter 4. Pulse propagation in dispersive materials 5. Birefringence 6. Faraday effect 7. Nonlinear-optical effects 8. Pockels effect 9. Kerr effect 10. Photorefractivity 11. Frequency conversion 12. Optical parametric oscillators 13. Optical whispering galleries
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
None
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ B. E. A. Saleh, M. C. Teich, „Grundlagen der Photonik“</li> <li>■ A. Yariv, "Photonics: Optical Electronics in Modern Communications"</li> </ul>
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
None

Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung

It is strongly recommended to attend the Micro-optics lecture before attending this course.



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Optische Materialien / Optical Materials	11LE50MO-5113-2 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Optische Materialien / Optical Materials - Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5113
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Optische Systeme	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

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

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Optische MEMS / Optical MEMS	11LE50MO-5240 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Hans Zappe	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik Mikrooptik	

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 hours
Mögliche Fachsemester	4
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
It is strongly recommended to successfully complete the Micro-optics module before taking this course.

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Optische MEMS / Optical MEMS - Vorlesung	Vorlesung		3.0	2.0	90 hours

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Theoretical understanding of fundamental optical phenomena exploited by the MOEMS technology</li> <li>■ Acquisition of the essential skills necessary for the design, microfabrication, modeling, and characterization of MEMS/MOEMS components</li> <li>■ A comprehensive knowledge of MOEMS based commercial systems and a basic understanding of the particular applications enabled by MOEMS</li> </ul>
Zu erbringende Prüfungsleistung
Written exam (100 minutes)
Zu erbringende Studienleistung
none

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

- M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Photonics
- M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Photonik
- M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area Photonics



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Optische MEMS / Optical MEMS	11LE50MO-5240 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Optische MEMS / Optical MEMS - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5240

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 hours
Präsenzstudium	26 hours
Selbststudium	64 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

Inhalte
Module1: MOEMS Fundamentals <ul style="list-style-type: none"> <li>• Optics Review</li> <li>• MEMS Manufacturing Techniques</li> <li>• Actuators and Position Sensing</li> <li>• Design and Modeling</li> <li>• Test and Characterization</li> </ul>
Module 2: MOEMS Devices <ul style="list-style-type: none"> <li>• Micromirrors</li> <li>• Tunable Gratings</li> <li>• Active Microlenses</li> <li>• Tunable Optical Resonators</li> </ul>
Module 3: MOEMS Systems <ul style="list-style-type: none"> <li>• Display and Imaging Systems</li> <li>• MOEMS in Telecommunication Networks</li> <li>• Scientific Instrumentation</li> </ul>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
none
<b>Literatur</b>
MEMS and MOEMS Related Books <ul style="list-style-type: none"> <li>■ An Introduction to Microelectromechanical Systems Engineering by N. Maluf</li> <li>■ Microsystem Design by Stephen Senturia</li> <li>■ Micromachined Transducers Sourcebook by G. Kovacs</li> <li>■ Fundamentals of Microfabrication by Marc Madou</li> <li>■ Micro Electro Mechanical System Design by J. Allen</li> <li>■ Analysis and Design Principles of MEMS Devices by Minhang Bao</li> </ul>

- 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 laut Prüfungsordnung

None

Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung

It is strongly recommended to successfully complete the Micro-optics module before taking this course.

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Optische Messverfahren: Grundlagen und Anwendungen in der Praxis / Optical measurement techniques	11LE50MO-5710 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Karsten Buse	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Optische Systeme	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 hours
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
None

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Optische Messverfahren: Grundlagen und Anwendungen in der Praxis / Optical measurement techniques - Seminar	Seminar		3.0	2.0	90 hours

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
The students gain knowledge about different optical measurement techniques for shape determination of objects or for material characterization. They achieve a deeper understanding of the physical background. Consequently, the participants are able to estimate the fundamental and technological limitations of the methods presented. This enables the students to select an appropriate optical measurement technique for a given task. Furthermore, the participants get trained in preparing and presenting excellent talks.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Written composition in the form of a short scientific paper (5-10 pages) and oral presentation (duration 30 minutes)
Zu erbringende Studienleistung
none

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

- M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Photonics
- M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Photonik
- M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area Photonics



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Optische Messverfahren: Grundlagen und Anwendungen in der Praxis / Optical measurement techniques	11LE50MO-5710 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Optische Messverfahren: Grundlagen und Anwendungen in der Praxis / Optical measurement techniques - Seminar	
Veranstaltungsart	Nummer
Seminar	11LE50V-5710
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Optische Systeme	

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 hours
Präsenzstudium	26 hours
Selbststudium	64 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

Inhalte
<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"> <li>■ 3d-shape determination</li> <li>■ Optical microresonators for sensing</li> <li>■ Terahertz waves for material characterization</li> <li>■ Photoacoustic spectroscopy</li> <li>■ Laser spectroscopy</li> <li>■ Fluorescence spectroscopy</li> <li>■ and more</li> </ul>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
None
<b>Literatur</b>
The advisor will provide literature as a starting package.

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
None

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Optical metrology for quality assurance in sustainable production	11LE50MO-4305 PO 2021
Verantwortliche/r	
Dr. Daniel Carl	
Veranstalter	
Institut für Nachhaltige Technische Systeme	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	unregelmäßig

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Fundamental knowledge about photonics

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Optical metrology for quality assurance in sustainable production - Vorlesung	Vorlesung		3.0	2.0	90 h

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
<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"> <li>■ Basic principles of geometrical optical measurements,</li> <li>■ Fundamentals of wave optics,</li> <li>■ Operation of optical sensors,</li> <li>■ Principles of digital data/image processing,</li> <li>■ Different optical measurement methods and their applications.</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Schematics to identify opportunities to improve the efficiency of production processes by optical metrology</li> </ul>
Zu erbringende Prüfungsleistung
Final written supervised exam (90 minutes) 5 topics with 3-5 questions on each topic
Zu erbringende Studienleistung
Keine / none.
Benotung
Die Modulnote errechnet sich zu 100% aus der schriftlichen Abschlussprüfung.
Zusammensetzung der Modulnote
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Master of Science im Fach Sustainable Systems Engineering, Prüfungsordnungsversion 2016: Die Modulnote wird nach ECTS-Punkten einfach gewichtet in die Gesamtnote eingerechnet.</li> </ul>
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>- LEACH, Richard (Hg.). Optical measurement of surface topography. Berlin: Springer, 2011.</li> <li>- Saleh, Bahaa EA, and Malvin Carl Teich. Fundamentals of photonics. John Wiley &amp; Sons, 2019.</li> </ul>
Verwendbarkeit des Moduls
<p>Wahlmodul für Studierende des Studiengangs / Elective module for students in the programme</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Master of Science in Sustainable Systems Engineering -Resilienz / Resilience Engineering</li> <li>■ M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Photonics</li> <li>■ M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Photonik</li> <li>■ M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area Photonics</li> </ul>

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Optical metrology for quality assurance in sustainable production	11LE50MO-4305 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Optical metrology for quality assurance in sustainable production - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE68V-4305

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 h
Präsenzstudium	26 h
Selbststudium	64 h
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	unregelmäßig
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

Inhalte
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Basic principles of geometrical optical measurements</li> <li>■ Fundamentals of wave optics</li> <li>■ Optical Sensors</li> <li>■ Overview of optical measurement principles and their applications</li> <li>■ Incoherent methods (Triangulation, Fringe projection, ...)</li> <li>■ Coherent methods (Interferometry, Speckle, Holography, ...)</li> <li>■ Confocal methods</li> <li>■ Examples for successful implementation of optical metrology in industry, with economical and sustainability win-win situations</li> </ul> <p>The lecture includes an excursion to production control laboratories at Fraunhofer IPM.</p>
Zu erbringende Prüfungsleistung
See module
Zu erbringende Studienleistung
See module
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ LEACH, Richard (Hg.). Optical measurement of surface topography. Berlin: Springer, 2011.</li> <li>■ Saleh, Bahaa EA, and Malvin Carl Teich. Fundamentals of photonics. John Wiley &amp; Sons, 2019.</li> </ul>
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Fundamental knowledge about photonics
Lehrmethoden
Lecture



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

ECTS-Punkte	
Arbeitsaufwand	
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
			3.0		

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Optische Mikrosensoren / Optical Micro-Sensors - Vorlesung	
Veranstaltungsart	

ECTS-Punkte	3.0
Semesterwochenstunden (SWS)	
Mögliche Fachsemester	2
Angebotsfrequenz	
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

Inhalte
Zu erbringende Prüfungsleistung
Zu erbringende Studienleistung
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Optoelektronik / Optoelectronics	11LE50MO-5229 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Hans Zappe	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Mikrooptik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 hours
Mögliche Fachsemester	4
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Students need to have passed the final exam in Micro-optics.
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
BSc. level physics and mathematics; MSc course Micro-optics

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Optoelektronik / Optoelectronics	Vorlesung		3.0	2.0	90 hours

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
<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"> <li>■ the ability to understand and analyze the essential properties of lasers;</li> <li>■ the ability to understand and analyze the essential properties of photodetectors and modulators;</li> <li>■ an understanding of the basics of III-V materials and their fabrication;</li> <li>■ an awareness of the important physical phenomena on which optoelectronics relies;</li> <li>■ a basic understanding of the physical processes underlying quantum electronics;</li> </ul>

- 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.

Zu erbringende Prüfungsleistung

To receive credit for the course, the student will be required to research, write and submit a four-page written paper, using the style of international scientific journals, on a topic related to optoelectronics.

Zu erbringende Studienleistung

The course work is passed if students have earned at least 25 points on the lecture quizzes (10 quizzes, maximum 3 points each)

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

- M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Photonics
- M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Photonik
- M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area Photonics



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Optoelektronik / Optoelectronics	11LE50MO-5229 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Optoelektronik / Optoelectronics	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5229
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Mikrooptik	

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 hours
Präsenzstudium	26 hours
Selbststudium	64 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	4
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

Inhalte
<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"> <li>1. Quantum light</li> <li>2. Materials</li> <li>3. Light-emitting diodes</li> <li>4. Lasers</li> <li>5. Macroscopic lasers</li> <li>6. Laser diodes</li> <li>7. Characterization</li> <li>8. Photodetectors</li> <li>9. Modulators</li> <li>10. Applications: communications &amp; medicine</li> </ol>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
see module details
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ A. Yariv: Optical Electronics</li> <li>■ A. Siegmann: Lasers</li> <li>■ H. Zappe: Laser Diode Microsystems</li> <li>■ M. Fukuda: Optical Semiconductor Devices W.T. Silfvast: Laser Fundamentals</li> </ul>
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
None

Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung

BSc. level physics and mathematics;  
MSc course Micro-optics



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Wave Optics	11LE50MO-5221 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Alexander Rohrbach	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Bio- und Nano-Photonik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 hours
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
None

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Wave Optics	Vorlesung		6.0	3.0	180 hours
Wave Optics	Übung			2.0	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
The students understand how light interacts with small structures and how optical systems guide light. They know Maxwell's equations and the description of light as photon or wave, depending on the given problem. Furthermore, they understand the close connection between spatial and temporal coherence, interference and holography. The students also know the concepts of linear and non-linear light scattering, as well as the most important plasmonic effects. In total, the students know how to shape light in three dimensions and how optical problems that arise in research and development are solved.
Zu erbringende Prüfungsleistung
For 6 or less students oral exam (40 min.), for 7 or more students written exam (120 min.)
Zu erbringende Studienleistung
The course work is considered successfully passed when the student has submitted 60% of the exercises and demonstrated the solution of two assignments during the exercise sessions.

Verwendbarkeit des Moduls

Wahlpflichtmodul für Studierende des Studiengangs

- Bachelor of Science in Mikrosystemtechnik (PO 2018), im Wahlpflichtbereich, Bereich Mikrosystemtechnik

Compulsory elective module for students of the study program

- M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), concentration area Photonics
- M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Photonik
- M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area Photonics



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Wave Optics	11LE50MO-5221 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Wave Optics	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5221
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Bio- und Nano-Photonik	

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 hours
Präsenzstudium	65 hours
Selbststudium	115 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	3.0
Mögliche Fachsemester	4
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

Inhalte
<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 &amp; 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 How does a wave transforms position information into directional information ? Why can this be well described by Fourier transformations in 1D, 2D and 3D ? What has this to do with linear optical system theory including spatial frequency filters and the sampling theorem?</p> <p>4. Wave-optical Light Propagation and Diffraction Different methods are introduced of how to describe the propagation of ways in position space and frequency space. We do the direct transfer from propagation to diffraction of light and momentum space. We</p>

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. 6

#### 1.1. Motivation. 6

#### 1.2. Literature. 6

#### 1.3. Historical abstract. 7

### 2. From Electromagnetic Theory to Optics. 9

#### 2.1. What is Light?. 9

#### 2.2. The Maxwell equations. 12

#### 2.3. The change of Light in Matter. 14

##### 2.3.1. The Material Equations. 14

##### 2.3.2. Dispersion. 16

##### 2.3.3. Metal Optics. 19

#### 2.4. Wave equation and Helmholtz equation. 20

##### 2.4.1. Wave equation. 20

##### 2.4.2. Phase and group velocity. 21

##### 2.4.3. Helmholtz equation and wave vector. 22

##### 2.4.4. Eikonal and Fermat's Principle. 23

##### 2.4.5. Damped waves. 24

##### 2.4.6. Wave equation in conducting materials – Telegrapher's equation. 24

#### 2.5. Wave functions in space and frequency domain. 26

##### 2.5.1. Representation of a plane wave in real space: 27

##### 2.5.2. Representation in k-space. 27

### 3. Fourier Optics. 29

#### 3.1. Fourier introduction. 29

- 3.1.1. Fourier-Series Decomposition. 31
- 3.1.2. Basics of Fourier transformations. 33
- 3.1.3. Fourier properties and theorems. 34
- 3.1.4. The Delta function  $\delta(x)$ . 35
- 3.1.5. Examples for Fourier transformation pairs. 36
- 3.1.6. Two-dimensional Fourier-Transformation. 38
- 3.1.7. Fourier transform of a circular aperture. 39
- 3.2. Linear optical systems. 45
  - 3.2.1. The amplitude transfer function: Ewald spherical cap. 47
  - 3.2.2. Lateral and axial widths of the point-spread function. 48
  - 3.2.3. The optical transfer function as frequency filter. 49
- 3.3. Spatial frequency filtering. 51
- 3.4. The sampling theorem.. 53
- 3.5. The discrete Fourier transform (DFT). 56
- 4. Wave optical light propagation and diffraction. 57
  - 4.1. Paraxial light propagation by Gaussian beams. 57
    - 4.1.1. The concept of Gaussian beams. 58
    - 4.1.2. Transport of intensity. 61
  - 4.2. Wave propagation and diffraction. 61
    - 4.2.1. Light propagation in frequency space. 61
    - 4.2.2. Diffraction theory in space domain 70
  - 4.3. Waves at interfaces. 72
  - 4.4. Evanescent waves. 73
    - 4.4.1. Basics of evanescent waves. 73
    - 4.4.2. Surface Plasmon Resonance, SPR. 77
  - 4.5. Diffraction at thin amplitude and phase objects. 78
    - 4.5.1. The Kirchhoff approximation. 78
    - 4.5.2. Transform of a wavefront. 81
  - 4.6. Light propagation in inhomogeneous media. 82
  - 4.7. Diffraction at gratings. 83
  - 4.8. Acousto-optics. 87
  - 4.9. Spatial light modulators. 89

- 4.9.1. Functioning of spatial light modulators (SLM). 89
- 4.9.2. Fraunhofer diffraction behind the SLM... 90
- 4.9.3. The problem of discretization. 93
- 4.9.4. Digital mirror device (DMD) as phase and amplitude modulator. 96
- 4.9.5. How to generate a desired intensity in Fourier space. 97
- 4.10. Adaptive optics and phase conjugation. 98
  - 4.10.1. Adaptive optics principles. 98
  - 4.10.2. Optical phase conjugation. 99
- 5. Interference, Coherence and Holography. 100
  - 5.1. Basics of interference. 100
  - 5.2. Two-beam interferometry. 101
    - 5.2.1. Interference intensity and phase. 102
    - 5.2.2. Phase reconstruction. 103
    - 5.2.3. Types of interferometers. 105
  - 5.3. Basics of coherence theory. 106
    - 5.3.1. General considerations. 106
    - 5.3.2. The van Cittert - Zernike Theorem.. 110
    - 5.3.3. Temporal coherence and white light interferometry. 112
    - 5.3.4. Applications. 114
  - 5.4. Principles of Holography. 116
- 6. Light Scattering and Plasmonics. 118
  - 6.1 Basics of light scattering. 118
  - 6.2 Scattering matrix and polar plots. 121
  - 6.3 Fluorescence excitation und emission. 122
  - 6.4 Plasmons. 123
    - 6.4.1. The Drude Sommerfeld (DS) model 123
    - 6.4.2. Surface plasmons <> . 124
- 7. Nonlinear Optics. 131
  - 7.1. Nonlinear polarization. 131
    - 7.1.1. Second Harmonic Generation. 132
    - 7.1.2. Frequency mixing. 134
    - 7.1.3. Parametric Down Conversion (PDC). 135

7.1.4. Two-photon fluorescence microscopy. 137

7.1.5. Focusing of pulsed light. 138

8. Appendix. 139

8.1. Imaging through lenses. 139

8.2. Das Fabry-Pérot-Etalon. 141

8.3. Signal and Noise. 142

8.4. Calculation of dipole near-fields. 146

8.5. Reduction of fringe contrast. 147

--- in Deutsch ---

Wir wissen nicht wirklich was Licht ist, obwohl die physikalischen Konzepte um Licht als Welle oder als Partikel zu beschreiben, sehr effizient funktionieren. Oft sind jedoch die quantitativen Beschreibungen von farbenvollen Intensitätsverteilungen, die wir alltäglich sehen können, recht kompliziert zu erfassen. Hierbei ist die Kontrolle von Licht, auf makroskopischer und nanoskaliger Ebene der Schlüssel zu eindrucksvollen Ergebnissen und Entdeckungen, die sowohl in der Wissenschaft als auch in der Industrie erzielt werden. In der Vorlesung „Wellenoptik“ werden wir theoretische Werkzeuge, wie beispielsweise die Fourier-Transformation, detailliert besprechen und auf diese Weise Schritt für Schritt ein tiefgründiges Verständnis der Wellenoptik erarbeiten. Die Vorlesung wird begleitet von vielen Experimenten und Übungen welche den Vorlesungsstoff vertiefen und in wöchentlichen Tutoraten besprochen werden.

## 1. Einleitung

Motivation, weiterführende Literatur und eine kleine Historie.

## 2. Von der elektromagnetischen Theorie zur Optik

Was ist Licht? Welches illustrative Bild zeichnen die Maxwell Gleichungen? Wenn dielektrische und metallische Materie als gedämpfte Federn beschrieben werden kann, wie ist der Zusammenhang zwischen Material und der Wellenlänge des einfallenden Lichts? Was sagen die Wellengleichung und die Helmholtz Gleichung aus? Wie können Wellen im Orts- und im Frequenzraum beschrieben werden?

## 3. Fourier-Optik

Wie verändert eine Welle eine Positionsinformation in eine Richtungsinformation? Was ist die Beziehung zur Fourier-Transformationen in 1D, 2D und 3D? Wie steht dies im Zusammenhang mit linearer optischer Systemtheorie, Raumfiltern und dem Abtasttheorem?

## 4. Wellenoptik, Lichtausbreitung und Beugung

Verschiedene Methoden werden vorgestellt wie die Lichtausbreitung im Orts- und im Frequenzraum beschrieben werden können. Wir stellen den direkten Transfer zwischen Lichtausbreitung und Beugung von Licht her. Wir behandeln 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. Spatiale Lichtmodulatoren
  - 4.9. Adaptive Optik und Phasenkonjugation
5. Interferenz, Kohärenz und Holographie
  - 5.1. Grundlagen
  - 5.2. Interferometrie
  - 5.3. Grundlagen der Kohärenz-Theorie
  - 5.4. Prinzipien der Holographie
6. Lichtstreuung und Plasmonik
  - 5.5. Streuung von Licht an Partikeln
  - 5.6. Photonen Diffusion
  - 5.7. Grundlagen nichtlinearer Optik
  - 5.8. Fluoreszenz und Raman-Streuung
  - 5.9. Fluoreszierende Quantum-Dots
  - 5.10. Oberflächenplasmone and Partikelplasmone

Zu erbringende Prüfungsleistung

see module details

Zu erbringende Studienleistung

see module details

Literatur

Lecture notes with defined voids (white boxes) will be provided.

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
None

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Wave Optics	11LE50MO-5221 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Wave Optics	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5221
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Bio- und Nano-Photonik	

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

<b>Inhalte</b>
During the exercise sessions the content of the lecture will be discussed in-depth and consolidated. In particular, students will be taught to transfer the acquired knowledge. The weekly exercise sheets have to be solved within a week and during the exercise sessions students will take turns in demonstrating their solutions on the blackboard, or - in the case of difficult assignments - the solution will be demonstrated by the tutor.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
see module details
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
None
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
None

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
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
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
keine
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
keine

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Spektroskopische Methoden	Vorlesung		3.0	2.0	90 Stunden

<b>Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung</b>
<p>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.</p> <p>The aim of the module is to teach the physical fundamentals and components of modern spectroscopic systems. Building on the fundamentals taught, typical systems, module technologies and applications are presented. Students will understand the operation and design of spectroscopic devices and learn their application areas and requirements.</p>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
<p>Oral exam (30 minutes) If the number of participants is rather high, a written exam may be held instead. The students will be informed in good time.</p>

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

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Spektroskopische Methoden	11LE50MO-5717 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Spektroskopische Methoden	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5717
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Dünnschicht-Gassensorik	

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Präsenzstudium	26 Stunden
Selbststudium	64 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

<b>Inhalte</b>
Spektroskopische Anwendungen finden sich einer Vielzahl von Industrien, der Anwendungsorientierten- und Grundlagenforschung. In der Vorlesung wird ein Verständnis der physikalischen Grundlagen der verschiedenen Spektroskopietechniken und häufig verwendeten Komponenten vermittelt. Der Stand der Technik der verschiedenen Systeme wird vorgestellt.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
siehe Modulebene
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
keine
<b>Literatur</b>
Begleitend zur Vorlesung werden die verwendeten Folien zur Verfügung gestellt.
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
keine
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
keine

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Seminar Integrated Photonics	11LE50MO-5721 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Karsten Buse	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Optische Systeme	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 Stunden   hours
Mögliche Fachsemester	
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

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

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Seminar Integrated Photonics	Seminar		3.0	2.0	

<b>Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- professional search of scientific and technical information</li> <li>- assembly of a story for a presentation, considering the targeted audience</li> <li>- selection of informationen</li> <li>- professional composition of viewgraphs</li> <li>- successfull presentation and then also discussion of a scientific or technical topic</li> <li>- writing of a one-page summary</li> <li>- understanding of selected timely topics of integrated photonics</li> </ul>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
mündlicher Vortrag / oral presentation
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
regelmäßige Teilnahme gemäß §13 (2) der Rahmenprüfungsordnung Master of Science/ regular attendance according to § 13 (2) of the framework examination regulations

Verwendbarkeit des Moduls

As compulsory elective in

- M.Sc. Embedded Systems Engineering (ESE) in Microsystems Engineering Concentrations Area: Photonics
- M.Sc. Microsystems Engineering in Microsystems Engineering Concentrations Area: Photonics
- M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Photonik



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Seminar Integrated Photonics	11LE50MO-5721 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Seminar Integrated Photonics	
Veranstaltungsart	Nummer
Seminar	11LE50S-5721 PO 2021
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Optische Systeme	

ECTS-Punkte	3.0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

<b>Inhalte</b>
<p>Topics from the area of integrated photonics will be provided for seminar talks. In a tutorial, an introduction to professional literature search and to the presentation of excellent talks will be given. Then individual support will be available for each talk: A starting package of literature will be provided. Assistance will be given for shaping a clear and convincing story and for selection of information that should make it into the speech. Then the viewgraphs will be made and commented. Finally, there will be the presentation, followed by a discussion about the content and a second discussion, focussed onto the quality of the presentation itself. In addition, a one-page summary will be assembled, to be used as a hand-out.</p>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
siehe Modulebene/see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
siehe Modulebene/see module details
<b>Literatur</b>
Will be provided for each talk individually.
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
MST Study Project in Concentration Photonik	11LE50MO-SP MST PH
Verantwortliche/r	
Prof. Dr.-Ing. Bastian Rapp	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	9.0
Arbeitsaufwand	270 Stunden /hours
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	unregelmäßig

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
keine   none
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
allgemeine mathematische Grundlagen, praktische und theoretische Grundlagen der Ingenieurwissenschaften, Programmierkenntnisse, themenspezifische Vorkenntnisse für den gewählten Themenbereich   general fundamental mathematical knowledge, practical and theoretical foundations in Engineering Sciences, programming skills, subject-specific knowledge for the chosen topics

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand

<b>Inhalte</b>
In this module students get involved in the actual research process of the chosen work group/chair in the area of Photonics. Depending on their personal field of interest and their expertise in various research and teaching areas offered at the Department of Microsystems Engineering, they decide on a specific topic and deepen their knowledge and skills in this area as well as their overall proficiency in academic work and research. They learn to work on the different tasks required for the specific project under given technical specifications, to develop appropriate systems and to work experimentally and constructively in projects. Students acquire the ability to familiarize themselves with new engineering problems and do independent background research. They will work with modern development environments and adhere to the generally accepted quality standards. During the project, working in a team as well as observing the rules of good scientific work will be trained.
<b>Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung</b>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
Depending on the specific project: written research paper or creation of demonstrators including a sufficient documentation or presentation and subsequent discussion

Zu erbringende Studienleistung
Regular attendance in (team) discussions or meetings with the supervisor. Self-organizing the given tasks, doing background research, presentation of results
Bemerkung / Empfehlung
Language is usually English, but might be negotiable (changed to German). Please learn about the procedure of finding a topic and registering for the project in good time. (For instance, see "A to Z - Study FAQ" under "Studies and Teaching" on our faculty website.)

↑

Name des Kontos	Nummer des Kontos
Mikrosystemtechnik Individuelle Ergänzung	11LE50KO-9991- MSc-286-2021 Ind Erg
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht

↑

Name des Kontos	Nummer des Kontos
Individuelle Ergänzung Lehrangebot IMTEK	11LE50KO-9991- MSc-286-2021 Ind Erg 1
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

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

Kommentar
Hier finden Sie Module aus dem Lehrangebot des IMTEK, die in diesem Bereich belegt werden können.

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Biomedizinische Messtechnik I / Biomedical Instrumentation I	11LE50MO-5301 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr.-Ing. Thomas Stieglitz	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Biomedizinische Mikrotechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 hours
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
None

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Biomedizinische Messtechnik I / Biomedical Instrumentation I - Vorlesung	Vorlesung		3.0	2.0	90 hours
Biomedizinische Messtechnik I / Biomedical Instrumentation I - Übung	Übung			1.0	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
<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>
Zu erbringende Prüfungsleistung
Oral examination (30 minutes)

Zu erbringende Studienleistung

The exercises are considered passed if 50% of maximum points will be achieved in each of the three tests that are written in the exercises with prior notice.

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Biomedizinische Messtechnik I / Biomedical Instrumentation I	11LE50MO-5301 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Biomedizinische Messtechnik I / Biomedical Instrumentation I - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5301
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Biomedizinische Mikrotechnik	

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 hours
Präsenzstudium	39 hours
Selbststudium	51 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

Inhalte
<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"> <li>■ Origin of bioelectrical signals</li> <li>■ Electrochemistry of electrodes</li> <li>■ Acute and chronic applications of electrodes</li> <li>■ Recording and amplification of bioelectrical signals</li> <li>■ Interference and artefacts</li> <li>■ Bioelectrical signals of peripheral nerves and the muscle</li> <li>■ Electrical signals of the heart (ECG)</li> <li>■ Cardiac pacemakers and implantable defibrillators</li> <li>■ Technical safety of medical devices</li> </ul> <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>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
see module details
<b>Literatur</b>
<p>Actual copies of the slides will be delivered accompanying to the lectures. Literature:</p> <p><b>German</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Schmidt, Robert F., Lang, Florian, Thews, Gerhard (Hrsg.): Physiologie des Menschen, 29. Auflage. Heidelberg: Springer Medizin Verlag, 2005</li> </ol>

**English**

1. Bronzino, Joseph D. (Hrsg.): The Biomedical Engineering Handbook, Volume 1 (and 2), Second Edition. Boca Raton: CRC Press 2000 / Heidelberg: Springer-Verlag, 2000
2. Enderle, John, Blanchard, Susan, Bronzino, Joseph (Hrsg.): Introduction to Biomedical Engineering, Second Edition. Burlington, San Diego, London, Elsevier, 2005

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung

None

Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung

None

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Biomedizinische Messtechnik I / Biomedical Instrumentation I	11LE50MO-5301 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Biomedizinische Messtechnik I / Biomedical Instrumentation I - Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5301
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Biomedizinische Mikrotechnik	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	1.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

<b>Inhalte</b>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
see module details
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>

↑

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

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
none

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Bionische Sensoren / Bionic Sensors - Vorlesung	Vorlesung		3.0	2.0	90 hours

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
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
written examination (90 minutes)
Zu erbringende Studienleistung
none

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Bionische Sensoren / Bionic Sensors	11LE50MO-5701 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Bionische Sensoren / Bionic Sensors - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5701
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Sensoren	

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 hours
Präsenzstudium	26
Selbststudium	64
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

Inhalte
<p>The lecture bionic sensors deal with learning from nature to realize technical chemo- and biosensors. Topics are:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Biological sensors/receptors</li> <li>■ Charge transfer and information processes in biology</li> <li>■ Chemosensor, introduction</li> <li>■ Basics of electrochemistry</li> <li>■ Electrochemical potentiometric sensors</li> <li>■ Electrochemical amperometric sensors</li> <li>■ Gas sensors</li> <li>■ Biosensors</li> </ul>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
Siehe Modulebene   See module level
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
Siehe Modulebene   See module level
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
none

↑

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

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
keine
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
keine

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Disposable sensors	Vorlesung		3.0	2.0	90 Stunden

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
You understand the basics of different signal detection and amplification strategies. - You know the materials and the fabrication techniques used for disposable sensors. - You learn various biorecognition elements and their working mechanisms. - You overview the recent advances in disposable sensors from different application fields. - You can apply these knowledge to develop new bioanalytical devices in future.
Zu erbringende Prüfungsleistung
written exam with a duration of 90 minutes
Zu erbringende Studienleistung
none

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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



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

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Präsenzstudium	28 Stunden
Selbststudium	62 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

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

↑

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

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

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

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Elektrochemische Methoden für Ingenieure / Electrochemical Methods for Engineers - Vorlesung	Vorlesung		3.0	2.0	90 hours

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
The students know the essential concepts and fundamental equations of electrochemical theory. The participants from different subjects link together the knowledge from physical chemistry and several engineering disciplines to get a sound understanding of the classical electrochemical methods and electrochemical impedance spectroscopy. The students can apply their knowledge and understanding of the electrochemical methods to tasks in the field of material science, microtechnology, microsystems and energy application.
Zu erbringende Prüfungsleistung
written examination (90 minutes)
Zu erbringende Studienleistung
none

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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



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

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 hours
Präsenzstudium	30
Selbststudium	60
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

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

Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung

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



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

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 h
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

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

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Energy Efficient Power Electronics - Vorlesung	Vorlesung		6.0	2.0	
Energy Efficient Power Electronics	Übung			2.0	

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

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



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Energy Efficient Power Electronics	11LE50MO-9010 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Energy Efficient Power Electronics - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE68V-9010 PO 2021

ECTS-Punkte	6.0
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

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

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Energy Efficient Power Electronics	11LE50MO-9010 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Energy Efficient Power Electronics	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE68Ü-9010 PO 2021

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

<b>Inhalte</b>
In the exercises, the contents of the lecture will be illustrated and deepened by means of examples. The students learn in their home studies on the basis of exercise sheets, e.g. to calculate the electrical properties of power electronic devices and circuits, as well as to estimate the lifetime, ruggedness, and energy efficiency of power electronic systems. During the exercises the solutions of the tasks and problems are presented by tutors and explained in detail.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
See module
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
See module
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>

↑

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

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 hours
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
None

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Energiegewinnung / Energy harvesting	Vorlesung		6.0	2.0	180 hours
Energiegewinnung / Energy harvesting	Übung			2.0	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
The students know the basic principles of (micro) energy harvesting. They know several energy conversion techniques, energy storage concepts and power management strategies in detail. The students are able to estimate the energy generation of different harvesting techniques and to work on the design of energy autonomous embedded systems. The importance of the system-level design in these systems is, in general, a central objective in this class.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Klausur (i.d.R. 90 bis 180 Minuten)   Written exam (usually 90 to 180 minutes)
Wenn die Teilnehmerzahl gering ist (< 20), kann stattdessen eine mündliche Prüfung durchgeführt werden. Die Studierenden werden rechtzeitig informiert.   If the number of participants is small (< 20), an oral examination may be held instead. The students will be informed in good time.

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

↑

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

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 hours
Präsenzstudium	52 hours
Selbststudium	128 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

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



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

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

<b>Inhalte</b>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
See module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
See module details
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>

↑

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 Werkstoffprozessertechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 Stunden, 90 hours
Präsenzstudium	28 Stunden
Selbststudium	62 Stunden
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	in jedem Semester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Ergebnisse wissenschaftlich präsentieren / Scientific writing and presentation - Seminar	Seminar		3.0	2.0	

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

<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
<p>In diesem Seminar wird der Ablauf und die Teilnahme an einer wissenschaftlichen Konferenz "simuliert". Die Studierenden müssen nach einer Inputphase durch den Lehrenden folgende Bestandteile während des Semesters erarbeiten und auf ILIAS hochladen:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Abstract (halbe Seite)</li> <li>2. 15 min Vortrag</li> <li>3. 3 min Kurzvortrag</li> <li>4. Wissenschaftliches Poster</li> <li>5. Poster für einen Tag der offenen Tür</li> <li>6. 6 Seiten Paper</li> </ol> <p>Inhaltlich dürfen die Teilnehmenden ihre jeweilige Bachelorarbeit verwenden. Die Vorträge und die Poster werden in der Gruppe präsentiert, diskutiert und anschließend gibt es ein Feedback durch die Gruppe und den Lehrenden. Am Ende werden nach einem Gewichtungsschlüssel die Einzelbeiträge zu einer Note zusammengefasst.]</p> <p>In this seminar, the process and participation in a scientific conference is "simulated". After an input phase by the lecturer, students have to work on the following components during the semester and upload them on ILIAS:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. abstract (half a page)</li> <li>2. 15 min presentation</li> <li>3. 3 min short presentation</li> <li>4. scientific poster</li> <li>5. poster for an open day</li> <li>6. 6 page paper</li> </ol> <p>In terms of content, participants are allowed to use their respective bachelor theses. The presentations and the posters will be presented and discussed in the group and afterwards there will be a feedback by the group and the lecturer. The final grade is calculated by combining the individual components according to their respective weight.</p>
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
keine/none
<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>
<p>Wahlmodul für Studierende des Studiengangs</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Bachelor of Science im Fach Embedded Systems Engineering</li> <li>■ Master of Science im Fach Informatik             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fachfremdes Wahlmodul Mikrosystemtechnik</li> </ul> </li> <li>■ Master of Science im Fach Embedded Systems Engineering             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Personal Profile</li> </ul> </li> <li>■ Master of Science im Fach Mikrosystemtechnik             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Personal Profile</li> </ul> </li> <li>■ Master of Science im Fach Microsystems Engineering             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Personal Profile</li> </ul> </li> </ul>



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Ergebnisse wissenschaftlich präsentieren / Scientific writing and presentation	11LE50MO-5801 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Ergebnisse wissenschaftlich präsentieren / Scientific writing and presentation - Seminar	
Veranstaltungsart	Nummer
Seminar	11LE50S-5801

ECTS-Punkte	3.0
Präsenzstudium	28 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	4
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

<b>Inhalte</b>
The following topics will be covered during the course: <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Ancient and current scientific malpractice</li> <li>■ Rules for safeguarding good scientific practice</li> <li>■ Laboratory journal, Scientific reports (from project reports to dissertation thesis)</li> <li>■ Lecture presentation</li> <li>■ Oral poster presentation (3 minutes lecture)</li> <li>■ Scientific poster presentation, "Advertisement" poster</li> </ul>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
see module details
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ C. Ascheron, Die Kunst des wissenschaftlichen Präsentierens und Publizierens, Elsevier, München, 2007, ISBN-13: 978-3-8274-1741-1</li> <li>■ H.F. Ebel, C. Bliefert, W.E. Russey, The Art of Scientific Writing, Wiley-VCH, Weinheim, 2004, ISBN: 978-3-527-29829-7</li> </ul>
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
<b>Lehrmethoden</b>
In the summer semester in German, in the winter semester in English.

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Gassensorik / Gas sensors	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
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
keine

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Gassensorik / Gas sensors	Vorlesung		3.0	2.0	90 Stunden

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
<p>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.</p> <p>The aim of this module is to teach the physical, chemical and electrical functions of gas sensors. Building on the fundamentals taught, typical sensor arrangements, manufacturing processes with a focus on microsystems technology and applications of the sensors in practice are presented. The students should learn the connection between the measuring principle, design, manufacturing processes and the application of the sensors.</p>

Zu erbringende Prüfungsleistung
mündliche Abschlussprüfung (30 Minuten)/oral examination (duration 30 mins.)
Zu erbringende Studienleistung
keine/none
Verwendbarkeit des Moduls
Compulsory elective module for students of the study program <ul style="list-style-type: none"><li>■ M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Photonics</li><li>■ M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Photonik</li><li>■ M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area Photonics</li></ul>



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Gassensorik / Gas sensors	11LE50MO-5704 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Gassensorik / Gas sensors	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5704
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Dünnschicht-Gassensorik	

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Präsenzstudium	30 Stunden
Selbststudium	60 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

Inhalte
<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"> <li>■ Wechselwirkung Gas-Halbleiter, Adsorption, Elektrische Auswirkungen von adsorbierten Gasen</li> <li>■ Wärmeleitung u. -kapazität, Paramagnetismus von Gasen</li> <li>■ Schwingungs- und Rotationsspektren im IR, Druck- und Dopplerverbreiterung, Linienformen</li> <li>■ Interferometer, Schwarzkörperstrahlung, Elektrochemie</li> </ul> <p>Folgende Bauelemente und Messsysteme werden vorgestellt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Metalloxidgassensoren, Lambdasonde, Gassensitive Feldeffekttransistoren</li> <li>■ Wärmeleitfähigkeitssensoren, Pelistoren</li> <li>■ Paramagnetischer Sauerstoffsensor</li> <li>■ Optische Systeme (Laserspektrometer, Filterphotometer, Photoakustik, Wellenleiter), Fourier Transformations Infrarot Spektrometer</li> <li>■ Elektrochemische Sensoren, Elektronische Nasen</li> </ul>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
siehe Modulebene
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
keine
<b>Literatur</b>
Begleitend zur Vorlesung wird ein Folien-Skriptum zur Verfügung gestellt.
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
Keine

Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung

Keine



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 Werkstoffprozessertechnik	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
keine
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Kenntnisse der Werkstoffwissenschaft, z.B. Zustandsdiagramme, physikalische Eigenschaften verschiedener Materialklassen, Kristallsysteme, thermodynamische Eigenschaften und Kinetik kristalliner und nichtkristalliner Festkörper

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Keramische Werkstoffe der Mikrotechnik / Ceramic Materials for microsystems - Vorlesung	Vorlesung		3.0	2.0	90 Stunden

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
Ziel des Moduls ist es, die technologischen und physikalischen Grundlagen der keramischen Werkstoffe und die zugehörigen Prozessierungsmethoden zu vermitteln. Mikrosystemtechnisch relevante Aspekte der keramischen Werkstoffe und ihrer Prozessierungsmethoden sollen aufgezeigt werden.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Schriftliche Prüfungsleistung von 90 Minuten Dauer
Wenn die Teilnehmerzahl gering ist, kann stattdessen eine mündliche Prüfung (30 Minuten) durchgeführt werden. Die Studierenden werden rechtzeitig informiert.

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

↑

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

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Präsenzstudium	26
Selbststudium	64
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

<b>Inhalte</b>
<p>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.</p>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
siehe Modulebene
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
keine
<b>Literatur</b>
Begleitend zur Vorlesung wird ein Skriptum und werden Handzettel der Vorlesungsfolien zur Verfügung gestellt.
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
keine
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
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
MST technologies and processes	11LE50MO-7250 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Claas Müller Prof. Dr.-Ing. Bastian Rapp	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Prozesstechnologie	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 Stunden
Mögliche Fachsemester	1
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
keine

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
MST technologies and processes	Vorlesung		6.0	2.0	180 hours
MST technologies and processes	Übung			1.0	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
<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"> <li>■ the physical and technological background of microsystems processing</li> <li>■ process flows for the fabrication of MEMS elements</li> <li>■ principals of material sciences (silicon and other semiconductors)</li> <li>■ principals of clean-room and vacuum technologies</li> </ul> <p>Also the students will be able to apply this knowledge practically to own designs, and especially in the MST design laboratories.</p>
Zu erbringende Prüfungsleistung
Written examination with a duration of 120 minutes

Zu erbringende Studienleistung
Within the practical course of this lecture, students will be assembled in teams and given an assignment to perform. The assignment will stem from the context of the lecture and will be solved by the teams independently under supervision of the professor. The assignment will be documented in a 4-page summary reported which will be graded and corrected. The result will then be presented in a 10-15 minute presentation.
Literatur
Marc Madou: Fundamentals of Microfabrication and Nanotechnology, CRC Press; 3 edition (August 1, 2011), ISBN 978-0849331800 Menz, Mohr, Paul: Microsystem Technology, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA; Edition: 1 edition (February 15, 2001), ISBN 978-3527296347
Verwendbarkeit des Moduls
Mandatory module for students of the study program <ul style="list-style-type: none"><li>■ M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021)</li></ul> Compulsory elective module for students of the study program <ul style="list-style-type: none"><li>■ M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Schaltungen und Systeme</li><li>■ M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentration Area Circuits and Systems</li></ul>



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

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 hours
Präsenzstudium	60
Selbststudium	120
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	1
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

Inhalte
The content of the course: <ul style="list-style-type: none"> <li>■ overview of MEMS processing (silicon, polymers)</li> <li>■ mechanical, chemical and physical properties of silicon</li> <li>■ cleanrooms – layout, function and operational procedures</li> <li>■ lithographic methods: physical background, optical lithography, ebeam lithography, x-Ray lithography</li> <li>■ vacuum technology, thin film and etching processes: physical and chemical background, Oxidation, Doping, Implantation, Physical Vapor Deposition (PVD), Chemical Vapor Deposition (CVD), Chemical etching processes. Plasma and reactive ion etching (RIE)</li> <li>■ surface and bulk micromachinig (process chains)</li> <li>■ back end processing: wafer bonding, dicing</li> <li>■ assembly and packaging</li> </ul>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
see module details
<b>Literatur</b>
Marc Madou: Fundamentals of Microfabrication and Nanotechnology, CRC Press; 3 edition (August 1, 2011), ISBN 978-0849331800 Menz, Mohr, Paul: Microsystem Technology, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA; Edition: 1 edition (February 15, 2001), ISBN 978-3527296347
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
none

Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung

none



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

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	1.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

<b>Inhalte</b>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
see module details
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
keine

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Optische Messverfahren: Grundlagen und Anwendungen in der Praxis / Optical measurement techniques	11LE50MO-5710 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Karsten Buse	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Optische Systeme	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 hours
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
None

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Optische Messverfahren: Grundlagen und Anwendungen in der Praxis / Optical measurement techniques - Seminar	Seminar		3.0	2.0	90 hours

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
The students gain knowledge about different optical measurement techniques for shape determination of objects or for material characterization. They achieve a deeper understanding of the physical background. Consequently, the participants are able to estimate the fundamental and technological limitations of the methods presented. This enables the students to select an appropriate optical measurement technique for a given task. Furthermore, the participants get trained in preparing and presenting excellent talks.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Written composition in the form of a short scientific paper (5-10 pages) and oral presentation (duration 30 minutes)
Zu erbringende Studienleistung
none

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

- M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Photonics
- M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Photonik
- M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area Photonics



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Optische Messverfahren: Grundlagen und Anwendungen in der Praxis / Optical measurement techniques	11LE50MO-5710 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Optische Messverfahren: Grundlagen und Anwendungen in der Praxis / Optical measurement techniques - Seminar	
Veranstaltungsart	Nummer
Seminar	11LE50V-5710
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Optische Systeme	

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 hours
Präsenzstudium	26 hours
Selbststudium	64 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

Inhalte
<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"> <li>■ 3d-shape determination</li> <li>■ Optical microresonators for sensing</li> <li>■ Terahertz waves for material characterization</li> <li>■ Photoacoustic spectroscopy</li> <li>■ Laser spectroscopy</li> <li>■ Fluorescence spectroscopy</li> <li>■ and more</li> </ul>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
see module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
None
<b>Literatur</b>
The advisor will provide literature as a starting package.

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
None

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Projektmanagement für Ingenieure / Project management for engineers	11LE50MO-5803 PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr.-Ing. Ulrike Wallrabe	
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Mikroaktork	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik	

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Präsenzstudium	28 oder 32 Stunden
Selbststudium	58 oder 62 Stunden
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	in jedem Semester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Projektmanagement für Ingenieure / Project management for engineers - Seminar	Seminar			2.0	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
Students shall learn the basic ideas and techniques of project management and apply them to representative examples. They shall realize that planning tasks isn't always as clear-cut as in engineer courses. A project can be structured in different ways. One plan isn't necessarily better than the other. Instead, one approach might be more practical or provide a better overview than another. Additionally, the students shall gain insight into the soft skills of project management, i.e. how to deal with operating persons, namely the project team as a social system.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Klausur (Dauer 90 Minuten)  written exam (duration 90 minutes)
Zu erbringende Studienleistung
keine/none
Benotung
Die Modulnote errechnet sich zu 100% aus der schriftlichen oder mündlichen Abschlussprüfung.

<b>Zusammensetzung der Modulnote</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Bachelor of Science im Fach Embedded Systems Engineering, Prüfungsordnungsversion 2009: Die Modulnote wird nach ECTS-Punkten dreifach gewichtet in die Gesamtnote eingerechnet.</li> <li>■ Bachelor of Science im Fach Embedded Systems Engineering Prüfungsordnungsversion 2011: Die Modulnote wird nach ECTS-Punkten dreifach gewichtet in die Gesamtnote eingerechnet.</li> <li>■ Master of Science im Fach Embedded Systems Engineering Prüfungsordnungsversion 2012: Die Modulnote wird nach ECTS-Punkten einfach gewichtet in die Gesamtnote eingerechnet.</li> <li>■ Master of Science im Fach Informatik, Prüfungsordnungsversion 2005: Die Modulnote wird nach ECTS-Punkten einfach gewichtet in die Gesamtnote eingerechnet.</li> <li>■ Master of Science im Fach Informatik, Prüfungsordnungsversion 2011: Die Modulnote wird nach ECTS-Punkten einfach gewichtet in die Gesamtnote eingerechnet.</li> <li>■ Master of Science im Fach Microsystems Engineering, Prüfungsordnungsversion 2009: Die Modulnote wird nach ECTS-Punkten einfach gewichtet in die Gesamtnote eingerechnet.</li> <li>■ Master of Science im Fach Mikrosystemtechnik, Prüfungsordnungsversion 2009: Die Modulnote wird nach ECTS-Punkten einfach gewichtet in die Gesamtnote eingerechnet.</li> </ul>
<b>Bemerkung / Empfehlung</b>
WS: English, SS: German
<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>
<p>Wahlmodul für Studierende des Studiengangs</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Bachelor of Science im Fach Embedded Systems Engineering</li> <li>■ Master of Science im Fach Informatik <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fachfremdes Wahlmodul Mikrosystemtechnik</li> </ul> </li> <li>■ Master of Science im Fach Embedded Systems Engineering <ul style="list-style-type: none"> <li>- Personal Profile</li> </ul> </li> <li>■ Master of Science im Fach Mikrosystemtechnik <ul style="list-style-type: none"> <li>- Personal Profile</li> </ul> </li> <li>■ -PO 2021: Individuelle Ergänzung</li> <li>■ Master of Science im Fach Microsystems Engineering <ul style="list-style-type: none"> <li>- Personal Profile</li> </ul> </li> <li>■ - PO 2021: Customized Course Selection</li> </ul>



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Projektmanagement für Ingenieure / Project management for engineers	11LE50MO-5803 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Projektmanagement für Ingenieure / Project management for engineers - Seminar	
Veranstaltungsart	Nummer
Seminar	11LE50P-5803
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Mikroaktorik	

ECTS-Punkte	
Präsenzstudium	28 oder 32 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	4
Angebotsfrequenz	in jedem Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

Inhalte
<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 laut Prüfungsordnung

Lehrmethoden

This course is offered in English in the winter semester, in German in the summer semester.



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

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 Stunden
Mögliche Fachsemester	
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester

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

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Sensor-Aktor-Schaltungstechnik	Vorlesung		6.0	2.0	180 Stunden
Sensor-Aktor-Schaltungstechnik	Übung			2.0	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
Das Modul vermittelt grundlegendes Wissen zur elektronischen Schaltungstechnik der signalverarbeitenden Elektronik für verschiedene Mikrosensoren und Mikroaktoren. 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.
Zu erbringende Prüfungsleistung
mündliche Prüfung

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

↑

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

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	180 Stunden
Präsenzstudium	52 Stunden
Selbststudium	128 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Sommersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

<b>Inhalte</b>
Inhalte sind: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung in elektronische Bauelemente und Funktionsblöcke (Diode, Bipolartransistor, Stromquellen, Stromspiegel, Bandgap-Referenz, Operationsverstärker)</li> <li>• Stromliefernde Sensoren (Photodiode, amperometrische Elektrode)</li> <li>• Spannungsliefernde Sensoren (Ionensensitiver Feldeffekttransistor)</li> <li>• Resistive Sensoren nach dem Wheatstone-Brückenprinzip (Druck, Beschleunigung)</li> <li>• Kapazitive Sensoren (Druck, Beschleunigung, Feuchte)</li> <li>• Kapazitive Aktoren (elektrostatistisch, piezo)</li> </ul>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
siehe Modulebene
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
keine
<b>Literatur</b>
Tietze, Schenk, Gamm, Halbleiter-Schaltungstechnik, 15. Auflage, 2016, Springer, Berlin, ISBN 978-3-662-48354-1. Schrüfer, Reindl, Zagar, Elektrische Messtechnik, 11. Auflage, 2014, Carl-Vieweg-Verlag, München, ISBN 978-3-446-44208-5.
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
Wissen und Kenntnisse der vermittelten Lehrmodule "Einführung in die Elektrotechnik" und "Messtechnik" des Bachelor-Studiengangs Mikrosystemtechnik, alternativ aus vergleichbaren Lehrveranstaltungen anderer Hochschulen.

Vertiefte Grundkenntnisse zu elektronischen Bauelementen.



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Sensor-Aktor-Schaltungstechnik	11LE50MO-5725 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Sensor-Aktor-Schaltungstechnik	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE50Ü-5725
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Mikrosystemtechnik Konstruktion von Mikrosystemen	

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

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

↑

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
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
keine
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
keine

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Thermoelektrik und thermische Messtechnik	Vorlesung			2.0	90 Stunden

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
Nach Absolvieren dieses Moduls "Thermoelektrik und thermische Messtechnik": <ul style="list-style-type: none"> <li>■ kennen die Studierenden die physikalischen, chemischen, elektrischen Grundlagen thermoelektrischer Bauelemente und Systeme</li> <li>■ kennen die Studierenden die typische Materialsysteme, Modultechnologien und Anwendungen thermoelektrischer Bauelemente und Systeme</li> <li>■ kennen die Studierenden die physikalischen und elektrischen Grundlagen thermischer Sensoren und Messsysteme und ihre Anwendungen</li> <li>■ können die Studierenden einfache Schaltungen für thermoelektrische Systeme und thermische Sensoren entwerfen</li> </ul>
Zu erbringende Prüfungsleistung
Mündliche Prüfung (30 Minuten)
Zu erbringende Studienleistung
keine

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Thermoelektrik und thermische Messtechnik	11LE50MO-5262 PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Thermoelektrik und thermische Messtechnik	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE50V-5262
Veranstalter	
Institut für Mikrosystemtechnik Dünnschicht-Gassensorik	

ECTS-Punkte	
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Präsenzstudium	30 Stunden
Selbststudium	60 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

<b>Inhalte</b>
<p>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.</p>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
siehe Modulebene
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
keine
<b>Literatur</b>
Begleitend zur Vorlesung werden die verwendeten Folien zur Verfügung gestellt.
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>

↑

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

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
keine

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Zuverlässigkeitstechnik / Reliability Engineering - Vorlesung	Vorlesung		3.0	1.0	90 hours
Zuverlässigkeitstechnik / Reliability Engineering - Übung	Übung			1.0	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung
<p>The first qualification target is an understanding of terminology for dependability, reliability and safety in an engineering context.</p> <p>To that purpose quantitative definitions are given, and a mathematical understanding of the statistical basics of reliability engineering are acquired.</p> <p>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.</p> <p>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.</p> <p>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</p>

aerospace technology are of high relevance. In this way the lecture provides the basis for the understanding of state-of-the-art techniques and concepts of reliability engineering.

Zu erbringende Prüfungsleistung

Oral exam (30 minutes)

Zu erbringende Studienleistung

none

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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

↑

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

ECTS-Punkte	3.0
Arbeitsaufwand	90 hours
Präsenzstudium	30 hours
Selbststudium	60 hours
Semesterwochenstunden (SWS)	1.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

Inhalte
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 1. Definitions <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 1.1 Quality, dependability, reliability and safety</li> <li>■ 1.2 Benchmarks for dependability, availability und lifetime</li> <li>■ 1.3 Statistical description of reliability</li> </ul> </li> <li>■ 2. Dependability of mechanical systems <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 2.1 Example 1: The ICE-crash at Eschede</li> <li>■ 2.2 Loads on mechanical components</li> <li>■ 2.3 Risk factors: notches and cracks</li> <li>■ 2.4 Fatigue - Woehler's S-N-curve concept</li> <li>■ 2.5 Computation of operational strength</li> </ul> </li> <li>■ 3. Reliability of electronic hardware <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 3.1 Automotive electronics: architecture, requirements and quality level</li> <li>■ 3.2 Reliability of electronic devices, data</li> </ul> </li> <li>■ 4. Reliability data-bases</li> <li>■ 5. Reliability of systems <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 5.1 Reliability block-diagram (failure-rate analysis)</li> <li>■ 5.2 Overview of failure mode analyses</li> <li>■ 5.3 Fault tree analysis (FTA)</li> <li>■ 5.4 State-Space: A general method to compute <math>R_s(t)</math> and <math>F_s(t)</math></li> </ul> </li> <li>■ 6. Reliability of repairable systems <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 6.1 Definitions</li> <li>■ 6.2 Repair rate</li> <li>■ 6.3 Availability</li> <li>■ 6.4 Markov-Chains and Markov-Processes</li> </ul> </li> <li>■ 7. Software reliability <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 7.1 Examples of software-induced accidents</li> <li>■ 7.2 Probability of software faults</li> <li>■ 7.3 Reliability models for software</li> <li>■ 7.4 Misjudgements concerning software use</li> </ul> </li> </ul>

■ 8. Human factors ■ 9. Pre-requisites for development processes ■ 10. Standards and legislation for medical devices
Zu erbringende Prüfungsleistung
see module details
Zu erbringende Studienleistung
none
Literatur
Short lecture notes and data files with existing ANSYS macros.
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Basic understanding in mathematics (statistics) as well as materials sciences.

↑

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

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	1.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

<b>Inhalte</b>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
See module details
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
None
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
None
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
See lecture

↑

Name des Kontos	Nummer des Kontos
Individuelle Ergänzung Lehrangebot Uni Freiburg	11LE50KO-9991- MSc-286-2021 Ind Erg 2
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

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

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Fundamentals of Resilience	11LE50MO-8020 Ind Erg PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Stefan Hiermaier	
Veranstalter	
Inst. f. Nachh. Technische Systeme Nachhaltige Ingenieursysteme	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	6.0
Arbeitsaufwand	
Mögliche Fachsemester	
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Fundamentals of Resilience - Vorlesung	Vorlesung			2.0	180 h
Fundamentals of Resilience	Übung			1.0	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Fundamentals of Resilience	11LE50MO-8020 Ind Erg PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Fundamentals of Resilience - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE68V-8020
<b>Veranstalter</b>	
Inst. f. Nachh. Technische Systeme Nachhaltige Ingenieursysteme	

ECTS-Punkte	
Arbeitsaufwand	180 h
Präsenzstudium	60 h
Selbststudium	120 h
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

Inhalte
<p>The lecture provides a clear understanding of the term “resilience” in an engineering context, specifically as compared to stability, robustness, flexibility or failure safety. Students realize that failure of transport systems, infrastructure, support chains and of other technical systems is not necessarily a consequence of technical malfunction or bad design. Students find that in contrast the ability to control failure of systems and catastrophes can be achieved by networks of perspective interaction, prevention and adaption. Continuous adaption of behavior of individuals and of the control of facilities will be understood as necessary steps towards increasing resilience.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ key concepts and ideas in resilience engineering</li> <li>■ collection of typical systems addressed concerning their resilience</li> <li>■ introduction to tools for quantitative risk analyses</li> </ul>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
See module
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
See module
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Thoma, Klaus/Scharte, Benjamin/Hiller, Daniel/Leismann, Tobias (2016): Resilience Engineering as Part of Security Research: Definitions, Concepts and Science Approaches. In: European Journal for Security Research, 1:1, 3-19.</li> <li>■ Häring, Ivo/Ebenhöch, Stefan/Stolz, Alexander (2016): Quantifying Resilience for Resilience Engineering of Socio Technical Systems. In: European Journal for Security Research, 1:1, 21-58.</li> <li>■ Häring, Ivo (2016): Risk Analysis and Management: Engineering Resilience. Singapore: Springer.</li> <li>■ Linkov Igor/Kröger, Wolfgang/Renn, Ortwin/Scharte, Benjamin et al. (2014): Risking Resilience: Changing the Resilience Paradigm, Commentary to Nature Climate Change, 4: 6, 407-409.</li> </ul>

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
None
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Basic understanding of Engineering Physics

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Fundamentals of Resilience	11LE50MO-8020 Ind Erg PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Fundamentals of Resilience	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE68Ü-8020
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Nachhaltige Technische Systeme Inst. f. Nachh. Technische Systeme Nachhaltige Ingenieursysteme	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	1.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

<b>Inhalte</b>
In the exercises, students will apply some of the more abstract concepts taught in the lecture to a variety of specific problems. The exercises work to incorporate real world problems and extend the students' knowledge of resilience and its application. Students will work in small groups and cover topics that include a resilience analysis of the Fukushima disaster, a risk assessment of earthquakes in California utilizing real historical data, creating a stress strain curve from experimental data and assessing the overpressure of a historical World War 2 bomb found in Freiburg in 2016. After completion of the exercises, students will have a better understanding of how resilience can be applied through various lenses to improve critical infrastructure and society.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
See module
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
See module
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
Keine
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
Engineering Physics

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Material Life Cycles	11LE50MO-8030 Ind Erg PO 2021
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Stefan Hiermaier	
Veranstalter	
Inst. f. Nachh. Technische Systeme Nachhaltige Ingenieursysteme	
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

ECTS-Punkte	
Arbeitsaufwand	
Mögliche Fachsemester	
Moduldauer	1 Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Materiallebenszyklen - Vorlesung	Vorlesung			2.0	180 h
Materiallebenszyklen / Material Life Cycles	Übung			2.0	

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Material Life Cycles	11LE50MO-8030 Ind Erg PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Materiallebenszyklen - Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	11LE68V-8030
Veranstalter	
Institut für Nachhaltige Technische Systeme	

ECTS-Punkte	
Arbeitsaufwand	180 h
Präsenzstudium	60 h
Selbststudium	120 h
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

Inhalte
<p>Starting from the key drivers for sustainable development the students are introduced to the concepts of life cycle thinking, the circular economy, and environmental management. The methodology of life cycle assessment (LCA) and its theory are explained and applied by means of simplified LCA and case studies (from science and industry). Within that scope relevant concepts and methods, such as the product Leontief Inverse, contribution analysis, multifunctionality and impact calculation are considered. An overview on the principles and (simple) application of input-output analysis and its adoption to life cycle assessment is given. The students learn different aspects of the closed-loop economy and end of life respectively, and are introduced to the consideration of uncertainties in the LCA data. At the end of the lecture, future perspectives in LCA research will be presented and discussed.</p>
<b>Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung</b>
<p>The aim of the lecture is to introduce a framework within which a student can form critical, independent assessments of "Sustainable Developments". With a focus on the adoption of industrial ecology methods to assess environmental impacts the students are introduced to the complexity inherent in discussions of sustainability and shows how to deal with it in a systematic way.</p> <p>Within that context, the lecture addresses questions such as "How do we achieve sustainable development? How do we measure progress in achieving it? How can environmental impact be quantified? What does it mean in engineering practice? How do materials fit in?"</p> <p>The students will find that there is no completely "right" answer to questions of sustainable development- instead, there is a thoughtful, well-researched response that recognizes the conflicting priorities of different environmental aspects of a technological change.</p>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
See module
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
See module

Literatur
<ul style="list-style-type: none"><li>■ Hauschild, Michael, Rosenbaum, Ralph K., Olsen; Life Cycle Assessment - Theory and Practice, Springer, 2018. (ISBN: 978-3-319-56475)</li><li>■ Heijungs, Reinout, Suh, Sangwon; The Computational Structure of Life Cycle Assessment, Springer, 2012. (ISBN: 978-94-015-9900-9)</li></ul>
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Fundamental knowledge of Materials Science and Technology.
Lehrmethoden
Lecture + exercise

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Material Life Cycles	11LE50MO-8030 Ind Erg PO 2021
<b>Veranstaltung</b>	
Materiallebenszyklen / Material Life Cycles	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	11LE68Ü-8030 Ind Erg PO 2021
<b>Veranstalter</b>	
Institut für Nachhaltige Technische Systeme Inst. f. Nachh. Technische Systeme Nachhaltige Ingenieursysteme	

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2.0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	nur im Wintersemester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	

<b>Inhalte</b>
In the exercises the students practice the independent application of the methods learned in the lecture. Using different scenarios, students learn to apply the basic steps of the LCA process and critically evaluate its outcomes. Another focus is to enable students to write simple software solutions for the fundamental numerical concepts of LCA themselves and to apply them on the basis of case studies.
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>

↑

Name des Kontos	Nummer des Kontos
Individuelle Ergänzung Sprachkurs	11LE50KO-9991- MSc-286-2021 Ind Erg 3
Fachbereich / Fakultät	
Technische Fakultät	

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

Kommentar
Es kann maximal ein Sprachkurs anerkannt werden.

↑

## Epilog

### **Editorial**

3rd Edition, as of 31.03.2024

Editor:  
Studiengangskordinatorin Mikrosystemtechnik  
Svenja Andresen

Bitte Fehler melden an [studiengangkoordination.mst@imtek.uni-freiburg.de](mailto:studiengangkoordination.mst@imtek.uni-freiburg.de)

Herausgeber:  
Studiendekan Mikrosystemtechnik  
Prof. Dr.-Ing. habil. Bastian E. Rapp  
Technische Fakultät  
IMTEK – Institut für Mikrosystemtechnik  
Georges-Koehler-Allee 103  
79110 Freiburg  
Germany  
[www.imtek.uni-freiburg.de](http://www.imtek.uni-freiburg.de)

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