

31. März 2023

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



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

Inhalt

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

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"> • 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 • 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. • 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. |
| Studienbeginn/ Einschreibung | Wintersemester und Sommersemester |
| Weitere Informationen | http://www.tf.uni-freiburg.de/de/studienangebot/mikrosystemtechnik/m-sc-mikrosystemtechnik |

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

31. März 2023

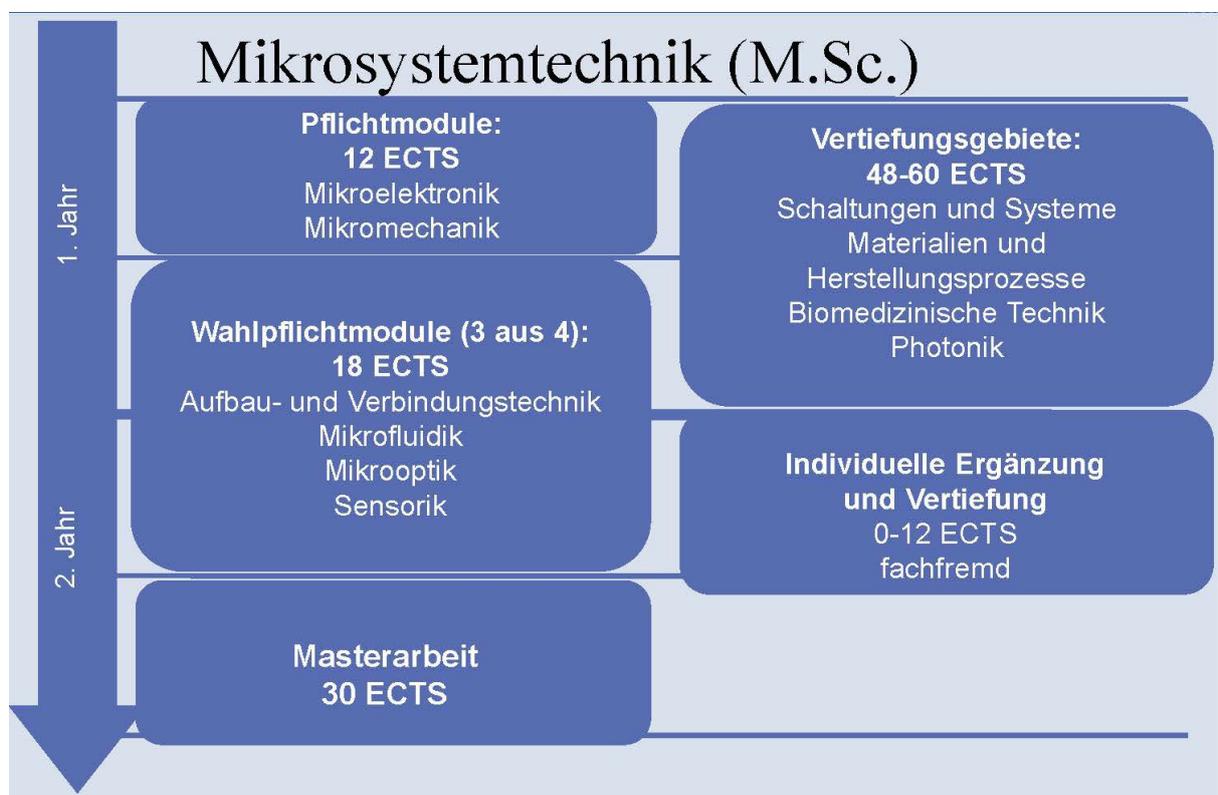
| | |
|-----------------------------------|--|
| Wallrabe, Ulrike | Mikroaktorik |
| Wilde, Jürgen | Aufbau- und Verbindungstechnik |
| Wöllenstein, Jürgen | Gassensoren |
| Woiass, Peter | Konstruktion von Mikrosystemen |
| Zacharias, Margit | Nanotechnologie |
| Zappe, Hans | Gisela-und-Erwin-Sick-Professur für Mikrooptik |
| Zengerle, Roland | Anwendungsentwicklung |
| | |
| apl. Prof. Dr. Hanemann, Thomas | Werkstoffprozesstechnik |
| apl. Prof. Dr. von Stetten, Felix | Hahn-Schickard-Institut für Mikroanalyzesysteme |
| Nachwuchsgruppenleitung | |
| Asplund, Maria | Brain-Links-Brain-Tools-Nachwuchsgruppe |
| Ataman, Caglar | Microsystems for Biomedical Imaging Lab Nachwuchsgruppenleiter |
| Dincer, Can | Disposable Microsystems Nachwuchsgruppenleiter |
| Osorio, Anayancy | Bioinspirierte Materialien für die biomedizinische Technik :Emmy-Noether Nachwuchsgruppenleiterin |
| 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 2023

- 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 sind 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

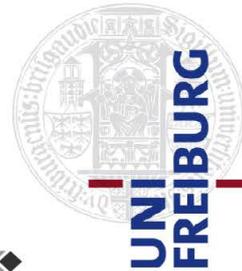
Das Mastermodul hat einen Umfang von 30 ECTS-Punkten und eine Dauer von 6 Monaten. Es umfasst zwei Komponenten, die eigentliche Masterarbeit mit 27 ECTS-Punkten und die Präsentation und Verteidigung auf einem 60-minütigen Masterkolloquium. Das Thema des Mastermoduls können sich Studierende im Rahmen 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 | | |
| Semester 1 und 2 | | | | | | | | 30 | |
| 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 |
| Semester 2 bis 4 | | | | | | | | 60 | |
| | 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 | | | | | | | 0-12 | |
| 2-4 | Universität (inkl. TF und MST) | Individuelle Ergänzung und Vertiefung | W | x | x | x | x | | WS, SS |
| Semester 4 | | | | | | | | 30 | |
| 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 2023

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.

GLOSSARY

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

31. März 2023

Modulhandbuch: Beschreibungen aller Module in HISinOne

31. März 2023

EDITORIAL

2nd Edition, as of 31.03.2023

Editor:

Studiengangskordinatorin *Mikrosystemtechnik*
Svenja Andresen

Bitte Fehler melden an studiengangkoordination.mst@imtek.uni-freiburg.de

Herausgeber:

Studiendekan Mikrosystemtechnik
Technische Fakultät
IMTEK – Institut für Mikrosystemtechnik
Georges-Koehler-Allee 103
79110 Freiburg
Germany
www.imtek.uni-freiburg.de

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



Modulhandbuch

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

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|-----------|
| Prolog..... | 6 |
| Masterarbeit..... | 7 |
| Pflichtbereich M.Sc. Mikrosystemtechnik PO 2021..... | 8 |
| Mikroelektronik..... | 9 |
| Mikromechanik..... | 14 |
| Wahlpflichtbereich M.Sc. Mikrosystemtechnik PO 2021..... | 19 |
| Assembly and packaging technology..... | 20 |
| Aufbau- und Verbindungstechnik..... | 25 |
| Micro-fluidics..... | 30 |
| Mikrofluidik..... | 35 |
| Mikrooptik..... | 39 |
| Sensorik..... | 44 |
| Mikrosystemtechnik Vertiefung und Individuelle Ergänzung..... | 51 |
| Mikrosystemtechnik Vertiefungen..... | 52 |
| Schaltungen und Systeme..... | 53 |
| Angewandte Sensorschaltungstechnik..... | 54 |
| CMOS-Integrierte Mikrosysteme / CMOS MEMS..... | 57 |
| Data Converters..... | 61 |
| Embedded Systems Entrepreneurship (2ES)..... | 68 |
| Energiegewinnung / Energy harvesting..... | 73 |
| Energy Efficient Power Electronics..... | 78 |
| Entwurf Analoger CMOS Schaltungen / Analog CMOS Circuit Design..... | 83 |
| Entwurf von CMOS Mixed-Signal Schaltungen / Mixed-Signal CMOS Circuit Design..... | 89 |
| Flugregelung Praktikum / Flight Control Laboratory..... | 92 |
| Fortgeschrittenes Mikrocontroller-Praktikum / Advanced Microcontroller Lab..... | 96 |
| Leistungselektronik für die Elektromobilität/Power Electronics for E-Mobility..... | 100 |
| Leistungselektronik für Photovoltaik und Windenergie / Power Electronics for Photovoltaics and Wind Energy..... | 104 |
| Mikroaktorik für Mikrosystemtechniker..... | 108 |
| Mikroakustische Wandler / Micro Acoustical Transducers..... | 113 |
| Mikrocomputertechnik/ Microcontroller Techniques - Praktikum..... | 117 |
| Model Predictive Control and Reinforcement Learning..... | 121 |
| Modellprädiktive Regelung für erneuerbare Energiesysteme..... | 126 |
| Modelling and System Identification..... | 130 |
| MST Design Lab II für Mikrosystemtechnik..... | 134 |
| MST technologies and processes..... | 137 |
| Numerical Optimal Control in Science and Engineering..... | 142 |
| Numerische Optimale Steuerung - Projekt / Numerical Optimal Control in Engineering - Project..... | 147 |
| Numerische Optimierung / Numerical Optimization..... | 150 |
| Numerische Optimierung Projekt / Numerical Optimization Project..... | 155 |
| Rennautoregelung Praktikum / Race Car Control Laboratory..... | 158 |
| RF- und Mikrowellen Bauelemente und Schaltungen / RF- and Microwave Devices and Circuits..... | 161 |
| RF- und Mikrowellen Schaltungen und Systeme / RF- and Microwave Circuits and Systems..... | 165 |
| RF- und Mikrowellen Systeme - Design Kurs / RF- and Microwave Systems - Design Course.... | 169 |
| Sensor-Aktor-Schaltungstechnik..... | 173 |
| Signal processing..... | 178 |
| State Space Control Systems..... | 183 |

| | |
|--|------------|
| Thermoelektrik und thermische Messtechnik..... | 188 |
| Wearable and Implantable Computing (WIC)..... | 191 |
| Windenergiesysteme / Wind Energy Systems..... | 195 |
| Zuverlässigkeitstechnik / Reliability Engineering..... | 199 |
| Materialien und Herstellungsprozesse..... | 204 |
| Bioinspirierte Funktionsmaterialien / Bioinspired functional materials..... | 205 |
| Computational physics: material science..... | 209 |
| Disposable sensors..... | 212 |
| Electrochemical energy applications: fuel cells and electrolysis..... | 216 |
| Elektrochemische Methoden für Ingenieure / Electrochemical Methods for Engineers..... | 219 |
| Energiespeicherung und Wandlung mittels Brennstoffzellen / Energy storage and conversion using fuel cells..... | 223 |
| Fortgeschrittene Siliziumtechnologie / Advanced Silicon Technology..... | 227 |
| Functional Safety, Security and Sustainability: Active Resilience..... | 230 |
| Grundlagen der mechanischen Werkstoffcharakterisierung / Basics of mechanical testing..... | 235 |
| Hardware-Entwicklung mit der Finite-Elemente-Methode / Hardware Design with the Finite-Element-Method..... | 239 |
| High-Performance Computing: Fluid Mechanics with Python..... | 242 |
| High-Performance Computing: Molecular Dynamics with C++..... | 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..... | 261 |
| Konstitutive Gleichungen und Diskretisierungsverfahren zur Versagensmodellierung / Physics of Failure..... | 266 |
| Lithographie / Lithography..... | 270 |
| Machine Learning Approaches in Structural Mechanics..... | 273 |
| Materials for Electronic Systems..... | 277 |
| Mechanische Eigenschaften und Degradationsmechanismen / Mechanical Properties and Degradation Mechanisms..... | 282 |
| Methoden der Materialanalyse / Methods of Material Analysis..... | 286 |
| Mikrostrukturierte Kunststoffkomponenten / Microstructured Polymer Components..... | 289 |
| Nanomaterialien / Nanomaterials..... | 292 |
| Nanotechnologie / Nanotechnology..... | 295 |
| Nano - Praktikum / Nano - Laboratory..... | 299 |
| Oberflächenanalyse / Surface Analysis..... | 302 |
| Oberflächenanalyse – Praktikum / Surface Analysis Laboratory..... | 305 |
| Optimierung..... | 309 |
| Optimierung von Fertigungsverfahren / Advanced engineering..... | 314 |
| Polymer Processing and Microsystems Engineering..... | 318 |
| Polymere in der Membrantechnik / Polymers in Membrane Technology..... | 321 |
| Quantenmechanik für Ingenieur*innen / Quantum Mechanics for Engineers..... | 323 |
| Quantification of Resilience..... | 328 |
| Solar Energy..... | 333 |
| Techniken zur Oberflächenmodifizierung / Surface coating Techniques..... | 338 |
| Verbindungshalbleiter / Compound semiconductor devices..... | 341 |
| Von Mikrosystemen zur Nanowelt / From Microsystems to the Nanoworld..... | 345 |
| Dynamics of Materials: Material Characterization..... | 349 |
| Biomedizinische Technik..... | 354 |
| Ausgewählte Problemstellungen in Biosignalverarbeitung / Selected Problems in Biosignal Processing..... | 355 |
| Biointerfaces I - Basics for Bioanalytical Systems..... | 360 |
| Biointerfaces II - Interfaces for Bioanalytical Systems..... | 363 |
| Biologie für Ingenieure..... | 366 |
| Biomedical Microsystems..... | 370 |

| | |
|---|------------|
| Biomedizinische Messtechnik I / Biomedical Instrumentation I..... | 375 |
| Biomedizinische Messtechnik II / Biomedical Instrumentation II..... | 380 |
| Biomedizinische Messtechnik - Praktikum / Biomedical Instrumentation - Laboratory..... | 385 |
| BioMEMS..... | 388 |
| Biophysics of cardiac function and signals..... | 392 |
| Biotechnologie für Ingenieurinnen und Ingenieure I - Praktikum: Mikro- und Molekularbiologie... | 396 |
| Biotechnologie für Ingenieurinnen und Ingenieure II - Vorlesung UND Exkursion:Bioprozesstechnik, Lebensmittelanalytik und in-vitro Diagnostik..... | 399 |
| Biotechnologie für Ingenieurinnen und Ingenieure II - Vorlesung (ohne Exkursion):Bioprozesstechnik, Lebensmittelanalytik und in-vitro Diagnostik..... | 404 |
| Embedded Systems Entrepreneurship (2ES)..... | 408 |
| Ethische Aspekte der Neurotechnologie / Ethical Aspects of Neurotechnology..... | 413 |
| Grundlagen der Elektrostimulation / Fundamentals of electrical stimulation..... | 420 |
| Introduction to data driven life sciences..... | 424 |
| Introduction to physiological control systems..... | 429 |
| Machine Learning..... | 434 |
| Maschinelles Lernen in den Lebenswissenschaften / Machine Learning in Life Science..... | 439 |
| Mikrofluidik II: Miniaturisieren, Automatisieren, und Parallelisieren biochemischer Analyseverfahren: Von der Idee zum Produkt / Microfluidics II: Miniaturize, automate and parallelize biochemical analysis: From idea to product launch..... | 444 |
| Mikrosystemtechnik in der Medizin / Microsystems technology in Medicine..... | 449 |
| Messung und Auswertung elektrophysiologischer Signale..... | 452 |
| Nanobiotechnologie / Nanobiotechnology..... | 456 |
| Neurophysiologie - Praktikum / Neurophysiology - Laboratory..... | 460 |
| Neuroprothetik / Neuroprosthetics..... | 464 |
| Neurowissenschaften für Ingenieure / Neuroscience for Engineers..... | 468 |
| Signalverarbeitung und Analyse von Gehirnsignalen / Signal processing and analysis in brain signals..... | 473 |
| Siliziumbasierte Neurosonden / Silicon-based Neural Technology..... | 477 |
| Technologien der Implantatfertigung / Implant Manufacturing Technologies..... | 480 |
| Technologien der Implantatfertigung - Praktikum / Implant Manufacturing Technologies - Laboratory..... | 485 |
| Biotechnologie für Ingenieurinnen und Ingenieure I: Einführung, Molekular- und Mikrobiologie.. | 489 |
| Wearable and Implantable Computing (WIC)..... | 493 |
| Photonik..... | 497 |
| Gassensorik / Gas sensors_PO 2009_2..... | 498 |
| Laser..... | 502 |
| Physics of Microscopy and Optical Image Formation..... | 506 |
| Nano-Photonics - Optical manipulation and particle dynamics..... | 512 |
| Optik-Praktikum Grundlagen / Basic Optics Laboratory..... | 517 |
| Optik-Praktikum Fortgeschritten / Advanced Optics Laboratory..... | 521 |
| Optische Materialien / Optical Materials..... | 525 |
| Optische MEMS / Optical MEMS..... | 530 |
| Optische Messverfahren: Grundlagen und Anwendungen in der Praxis / Optical measurement techniques..... | 534 |
| Optical metrology for quality assurance in sustainable production..... | 538 |
| Optische Mikrosensoren / Optical Micro-Sensors..... | 542 |
| Optoelektronik / Optoelectronics..... | 544 |
| Wave Optics..... | 548 |
| Spektroskopische Methoden..... | 558 |
| Seminar Integrated Photonics..... | 561 |
| Mikrosystemtechnik Individuelle Ergänzung..... | 564 |
| Individuelle Ergänzung Lehrangebot IMTEK..... | 565 |
| Individuelle Ergänzung Lehrangebot Uni Freiburg..... | 566 |

Individuelle Ergänzung Sprachkurs..... 567

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

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

| Zugehörige Veranstaltungen | | | | | |
|----------------------------|-----------|---------|------|-----|----------------|
| Name | Art | P/WP | ECTS | SWS | Arbeitsaufwand |
| Mikroelektronik | Vorlesung | Pflicht | 6,0 | 2,0 | 180 Stunden |
| Mikroelektronik | Übung | Pflicht | | 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 beherr- |

schen die physikalischen Grundlagen des MOS-Transistors und können mit diesem Wissen einfache analoge 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 |
| Veranstaltung | |
| 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) | Pflicht |
| Lehrsprachen | deutsch, englisch |

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

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 |
| Veranstaltung | |
| 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) | Pflicht |
| Lehrsprachen | deutsch, englisch |

| |
|---|
| Inhalte |
| |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| siehe Modulebene |
| Zu erbringende Studienleistung |
| keine |
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| keine |

↑

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

| |
|---|
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| keine |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| 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 | Pflicht | 5,0 | 4,0 | 180 Stunden |
| Mikromechanik - Übung | Übung | Pflicht | | 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 |
| Veranstaltung | |
| Mikromechanik - Vorlesung | |
| Veranstaltungsart | Nummer |
| Vorlesung | 11LE50V-7100 |
| Veranstalter | |
| 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) | Pflicht |
| Lehrsprache | deutsch |

| 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"> • Hookesches Gesetz und ebener Spannungszustand • Anwendungsbeispiel Dehnungsmeßstreifen • Das Differentialgleichungssystem der Elastostatik • Airy-Funktionen, Biegebalken I • Biegebalken II • Anwendungsbeispiel planare Balkenfedern • Schiefe Biegung, Biegung durch Schub, Knickbalken • Balken mit Verbundquerschnitten, Torsionsbalken • Arbeit und Formänderungsenergie I • Arbeit und Formänderungsenergie II mit Anwendungsbeispiel • Ebene Platten • Anwendungsbeispiel Drucksensor |
| 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> |

Meriam, Kraige, Engineering Mechanics: Statics, 6. Auflage, 2008, John Wiley & Sons, New York, ISBN 978-0-471-78702-0.
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 |
| Veranstaltung | |
| 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) | Pflicht |
| Lehrsprache | deutsch |

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

↑

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

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

| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
|---|
| keine |

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

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

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

↑

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

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

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

| |
|---|
| Literatur |
| ■ An English manuscript will be made available in printed and in electronic form. Sources of information and references for the various fields are given in the manuscript. |
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| none |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| none |

↑

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

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

| |
|---|
| Inhalte |
| The exercise helps to reinforce the teaching contents of the lecture. It is the aim that students will be enabled to apply the acquired competences to relevant applications of assembly, packaging and interconnection technology like power electronics or sensor systems. To that purpose specific tasks will be exercised, which help to create suitable application-specific packaging concepts. Also it will be important to select the corresponding materials and fabrication processes properly. A highly relevant aspect is the capability to evaluate assembly and packaging concepts quantitatively with respect to the relevant performance parameters. Such criteria comprise a signal's time-of-flight, the thermal resistance, stress level, and life-time. |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| see module details |
| Zu erbringende Studienleistung |
| see module details |
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| keine |

↑

| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|---|-----------------------|
| 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 |
| Semesterwochenstunden (SWS) | 4,0 |
| 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 |
| 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. |

| Zugehörige Veranstaltungen | | | | | |
|--|-----------|-------------|------|-----|----------------|
| Name | Art | P/WP | ECTS | SWS | Arbeitsaufwand |
| Aufbau- und Verbindungstechnik - Vorlesung | Vorlesung | Wahlpflicht | 6,0 | 2,0 | 180 Stunden |
| Aufbau- und Verbindungstechnik - Übung | Übung | Wahlpflicht | | 1,0 | |

| |
|---|
| Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung |
| 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. 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 integrier- |

| |
|---|
| <p>ten Systemen, indem ein Funktionselement integriert und kontaktiert wird und zugleich eine Barriere zum Schutz vor Umwelteinflüssen erhält.</p> <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.</p> <p>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.</p> <p>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.</p> |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| schriftliche Abschlussprüfung (Klausur, 150 Minuten) |
| Zu erbringende Studienleistung |
| keine |
| Verwendbarkeit des Moduls |
| <p>Wahlpflichtmodul für Studierende des Studiengangs</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Wahlpflichtbereich |

↑

| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|---|-----------------------|
| Aufbau- und Verbindungstechnik | 11LE50MO-7700 PO 2021 |
| Veranstaltung | |
| Aufbau- und Verbindungstechnik - Vorlesung | |
| Veranstaltungsart | Nummer |
| Vorlesung | 11LE50V-7700 |
| Veranstalter | |
| 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) | Wahlpflicht |
| Lehrsprache | deutsch |

| 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"> 1. Packagingkonzepte für elektronische Systeme Entwicklungen in der Elektronik und deren Bedeutung für die Aufbau- und Verbindungstechnik: Packaging-Hierarchien: Vom Chip zum System 2. Gehäusebauformen: Gemoldete Kunststoffgehäuse, Spritzgussgehäuse – Premolded Packages und Molded Interconnect Devices, Hermetische Gehäuse und Waferlevel Packaging 3. Substrate: Verdrahtungseigenschaften, Organische Substrate, Multi-Chip-Module und Hybridtechniken, LTCC 4. Montage: Löten, SMT, elektrisch leitfähiges Kleben und Eutektisches Bonden, Vergleich der Montageverfahren für Chips 5. Kontaktierung: Drahtbondtechniken und Flip-Chip-Bonden; Vergleich der Chip-Kontaktierungsverfahren 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 7. Anwendungsbeispiele: Integrierte CMOS-Sensoren und mikromechanische Druck-Sensoren |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| siehe Modulebene |

| |
|--|
| Zu erbringende Studienleistung |
| 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 |
| Veranstaltung | |
| 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) | Wahlpflicht |
| Lehrsprache | deutsch |

| |
|---|
| Inhalte |
| |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| siehe Modulebene |
| Zu erbringende Studienleistung |
| keine |
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| keine |

↑

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

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

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

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

| |
|---|
| <p>Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung</p> <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 |
| Veranstaltung | |
| Micro-fluidics | |
| 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) | Wahlpflicht |
| Lehrsprache | englisch |

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

Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung

Basic knowledge in physics



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

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

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

↑

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

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

| |
|--|
| Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung |
| 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 „Funktionsbaustein der Mikrofluidik“ (Pumpen, Mischer, etc.) umfasst. |

| |
|---|
| 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 |
| Veranstaltung | |
| 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) | Wahlpflicht |
| Lehrsprache | deutsch |

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

↑

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

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

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

↑

| 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 |
| Semesterwochenstunden (SWS) | 4,0 |
| 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 | Wahlpflicht | 6,0 | 2,0 | 180 Stunden |
| Mikrooptik - Übung | Übung | Wahlpflicht | | 2,0 | |

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

| |
|--|
| • the ability to understand and apply micro-optical components and concepts in microsystems. |
| 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 |
| Veranstaltung | |
| 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) | Wahlpflicht |
| Lehrsprache | deutsch |

| 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"> 1. Electromagnetic waves 2. Light waves & beams 3. Optical materials 4. Optical interfaces 5. Reflective optics 6. Refractive optics 7. Refractive components 8. Refractive systems 9. Diffractive optics 10. Diffractive components 11. Waveguide optics 12. Fiber optics 13. Fabrication |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| siehe Modulebene |
| Zu erbringende Studienleistung |
| 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 |
| Veranstaltung | |
| 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) | Wahlpflicht |
| Lehrsprache | deutsch |

| |
|---|
| Inhalte |
| In den Übungen werden die Inhalte der Vorlesung sowohl vertieft als auch gefestigt. |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| siehe Modulebene |
| Zu erbringende Studienleistung |
| siehe Modulebene |
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| |

↑

| 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 |
| Semesterwochenstunden (SWS) | 4,0 |
| 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 "Phyisk" aus dem Studiengang Bachelor of Science im Fach Mikrosystemtechnik gelernt werden. |

| Zugehörige Veranstaltungen | | | | | |
|----------------------------|-----------|-------------|------|-----|----------------|
| Name | Art | P/WP | ECTS | SWS | Arbeitsaufwand |
| | | | | | |
| Sensorik | Vorlesung | Wahlpflicht | 6,0 | 3,0 | 180 Stunden |
| | | | | | |
| Sensorik | Praktikum | Wahlpflicht | 1,0 | 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 |
| Veranstaltung | |
| Sensorik | |
| Veranstaltungsart | Nummer |
| Vorlesung | 11LE50V-7500 PO 2021 |
| Veranstalter | |
| Institut für Mikrosystemtechnik Materialien der Mikrosystemtechnik | |

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

| |
|---|
| Inhalte |
| <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> |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| siehe Modulebene |
| Zu erbringende Studienleistung |
| siehe Modulebene |
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| keine |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| 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 |
| Veranstaltung | |
| Sensorik | |
| Veranstaltungsart | Nummer |
| Praktikum | 11LE50Pr-7500 PO 2021 |

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

| 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, ein Magnetometer und einen Gassensor, der Parameter wie die äquivalente Konzentration von CO₂ 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>Qualifikationsziele/Objectives</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Sie haben praktische Erfahrung mit verschiedenen State-of-the-art-Sensoren (Beschleunigungssensor, Gyroskop, Drucksensor, Magnetometer, Gassensor, Feuchtigkeitssensor, Temperatursensor) und einer eingebetteten Sensorplattform. 2. Sie können ein eingebettetes System so programmieren, dass es mit verschiedenen Sensoren zusammenarbeitet und die Daten an einen angeschlossenen Computer weitergibt. 3. Sie wissen, wie man Sensormessungen nach wissenschaftlichen Standards durchführt. 4. Sie können Sensordaten analysieren (Filterung, Integration, Differenzierung). 5. Sie können Ihre Messungen in einem Bericht dokumentieren und angemessen diskutieren. 6. Sie verstehen die Funktionsprinzipien der verschiedenen Sensoren und können Ihre Messungen mit den Limitierungen des Sensorprinzips in Beziehung setzen. |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| siehe Modulebene |

| |
|---|
| Zu erbringende Studienleistung |
| siehe Modulebene |
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| keine |

↑

| 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 18 ECTS-Punkte können nach Wahl des/der Studierenden auf denselben oder einen oder mehrere der übrigen Vertiefungsbereiche entfallen. 12 ECTS-Punkte werden in den Bereichen Individuelle Ergänzung 1-3 absolviert. 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 |
| Semesterwochenstunden (SWS) | 2,5 |
| Mögliche Fachsemester | 3 |
| Moduldauer | 1 Semester |
| 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 | Wahlpflicht | 3,0 | 2,5 | 180 Stunden |

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

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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



| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|--|-----------------------|
| Angewandte Sensorschaltungstechnik | 11LE50MO-5268 PO 2021 |
| Veranstaltung | |
| 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) | Wahlpflicht |
| Lehrsprache | deutsch |

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

↑

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

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

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

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

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

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 |
| Veranstaltung | |
| CMOS-Integrierte Mikrosysteme / CMOS MEMS | |
| Veranstaltungsart | Nummer |
| Vorlesung | 11LE50V-5271 |
| Veranstalter | |
| Institut für Mikrosystemtechnik Materialien der Mikrosystemtechnik | |

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

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

↑

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

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

| |
|---|
| Inhalte |
| The exercises will deepen the topics treated during the lecture. They will allow the students to rethink and rework the more theoretical aspects and apply them to realistic examples inspired from commercial products and more academic ideas. Thereby they will see their vision sharpened for the challenges awaiting them in their future professional work in the area of smart MEMS. Solution approaches to the homework problems will be presented weekly by the participants and discussed and elaborated upon with the group of colleagues under the guidance of the professor. This discursive, participative approach allows to learn more than by being presented with up-front oral or written solutions. |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| see module details |
| Zu erbringende Studienleistung |
| see module details |
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| none |

↑

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

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

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

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

| Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung |
|---|
| Upon completion of the course, students will <ul style="list-style-type: none"> ■ have a thorough understanding of the fundamentals and mathematical depiction of A/D and D/A conversion ■ 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 ■ know about performance limiting non-idealities of A/D and D/A converters and how to minimize or compensate their effect. |

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

↑

| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|---|-----------------------|
| Data Converters | 11LE50MO-5227 PO 2021 |
| Veranstaltung | |
| 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) | Wahlpflicht |
| Lehrsprache | englisch |

| 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"> ■ 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 ■ 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. ■ an overview and discussion of state-of-the-art Nyquist D/A converters ■ an overview and discussion of state-of-the-art Nyquist and oversampled A/D converters. |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| see Module details |
| Zu erbringende Studienleistung |
| see Module details |
| 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.

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

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

| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
|---|
| none |

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

| Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung |
|---|
| * Conceptualise and design embedded sensor systems along a specific application. * Develop and demonstrate key components of embedded sensor systems, including signal and pattern analysis and recognition algorithms. * Develop a basic market analysis and business plan. * Implement an agile development process. |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| Presentation followed by an oral examination (10 minutes per person, total duration depends on group size) |

Zu erbringende Studienleistung

Regular attendance of the course (seminar and exercise) according to §13 (2) of the General Examination Regulations for the Bachelor of Science/Master of Science, as otherwise the required group work and scientific discussion is not possible.
Further elements of the course work are the creation of demonstrators or software as well as a written elaboration/protocol.

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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

Part of the specialization Artificial Intelligence (AI) in Master of Science Informatik/Computer Science resp. MSc Embedded Systems Engineering

and

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 Systems Entrepreneurship (2ES) | 11LE13MO-1403_PO 2020 |
| Veranstaltung | |
| Embedded Systems Entrepreneurship (2ES) | |
| Veranstaltungsart | Nummer |
| Vorlesung | 11LE13V-1403_PO 2020 |
| Veranstalter | |
| Institut für Informatik Intelligente Eingebettete Systeme | |

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

| |
|--|
| Inhalte |
| 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. |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| see module details |
| Zu erbringende Studienleistung |
| see module details |
| Literatur |
| Relevant literature will be provided during the lectures and consultations. |
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| None |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| Basic pattern recognition methods; basic programming skills |

↑

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

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

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

↑

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

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

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

↑

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

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

| |
|---|
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| None |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| None |

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

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

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

↑

| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|--|-----------------------|
| Energiegewinnung / Energy harvesting | 11LE50MO-5703 PO 2021 |
| Veranstaltung | |
| 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) | Wahlpflicht |
| Lehrsprache | englisch |

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

Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung

None



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

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

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

↑

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

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

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

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

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

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



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

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

| |
|--|
| Inhalte |
| 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. |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| See module |
| Zu erbringende Studienleistung |
| See module |
| Literatur |
| <ul style="list-style-type: none"> ■ Joachim Specovices: „Grundkurs Leistungselektronik“ Vieweg + Teubner (2009) ISBN 9783834805577 ■ Manfred Michel: „Leistungselektronik“ Springer (2011) ISBN 9783642159831 ■ C. Kamalakannan et al.: „Power Electronics and Renewable Energy Systems“ Springer (2014) ISBN 8132221184 |
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| None |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| Basic knowledge of electric and electronic circuits. |

| |
|--------------------|
| Lehrmethoden |
| Lecture + exercise |

↑

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

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

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

↑

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

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

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

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

| |
|---|
| Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung |
| <ul style="list-style-type: none"> • 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. • 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. • 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. |

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

Zu erbringende Prüfungsleistung

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

Zu erbringende Studienleistung

- five graded reports, presentation (at the end of the term)
- The practical exercise *Analog CMOS Circuit Design - Laboratory* is successfully passed if the final presentation is passed and an average grade of 70% is achieved in the five written reports.
- The lecture and the project represent a module; the mark of the written exam will thus be weighted by 6 ECTS.

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 |
|--|-----------------------|
| Entwurf Analoger CMOS Schaltungen / Analog CMOS Circuit Design | 11LE50MO-5202 PO 2021 |
| Veranstaltung | |
| Entwurf Analoger CMOS Schaltungen / Analog CMOS Circuit Design | |
| Veranstaltungsart | Nummer |
| Vorlesung | 11LE50V-5202 |
| Veranstalter | |
| Institut für Mikrosystemtechnik Mikroelektronik | |

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

| 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> |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| see module details |
| Zu erbringende Studienleistung |
| see module details |

| |
|---|
| Literatur |
| <ul style="list-style-type: none">■ 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 |
| <ul style="list-style-type: none">■ 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 |
| <ul style="list-style-type: none">■ 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 <i>Mikroelektronik / Microelectronics</i> is not yet available. Students will get informed on their status, i.e., "accepted / waiting list / rejected", once the results of the exam are available.■ 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 |
| Veranstaltung | |
| 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) | Wahlpflicht |
| Lehrsprache | englisch |

| |
|---|
| Inhalte |
| 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. |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| see module details |
| Zu erbringende Studienleistung |
| see module details |
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| <ul style="list-style-type: none"> ■ 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 |
| <ul style="list-style-type: none"> ■ 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

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

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

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

| Zugehörige Veranstaltungen | | | | | |
|--|-----------|-------------|------|-----|----------------|
| Name | Art | P/WP | ECTS | SWS | Arbeitsaufwand |
| Entwurf von CMOS Mixed-Signal Schaltungen / Mixed-Signal CMOS Circuit Design - Praktikum | Praktikum | Wahlpflicht | 3,0 | 2,0 | 90 hours |

| Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung |
|--|
| <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">■ 5x graded reports (10% of the final grade each)■ 1x graded presentation (50% of the final grade) |
| Zu erbringende Studienleistung |
| none |
| Verwendbarkeit des Moduls |
| Compulsory elective module for students of the study program <ul style="list-style-type: none">■ 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 |
|--|-----------------------|
| Entwurf von CMOS Mixed-Signal Schaltungen / Mixed-Signal CMOS Circuit Design | 11LE50MO-5208 PO 2021 |
| Veranstaltung | |
| Entwurf von CMOS Mixed-Signal Schaltungen / Mixed-Signal CMOS Circuit Design - Praktikum | |
| Veranstaltungsart | Nummer |
| Praktikum | 11LE50P-5208 |
| Veranstalter | |
| Institut für Mikrosystemtechnik Mikroelektronik | |

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

| |
|--|
| Inhalte |
| <ul style="list-style-type: none"> ■ Layout of analog CMOS integrated circuits (basics) ■ Introduction of the layout tool Cadence VirtuosoXL (industry standard) |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| see module details |
| Zu erbringende Studienleistung |
| none |
| Literatur |
| <ul style="list-style-type: none"> ■ Script ■ R. J. Baker, CMOS Circuit Design, Layout, and Simulation, IEEE Press Series, 2008 ■ A. Hastings, The Art of Analog Layout, Pearson Education 2005 |
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| This course is a continuation of module 5202 Analog CMOS Circuit Design, since the layout for the micro-electronic circuit designed at transistor level in module 5202 is to be designed in module 5208. Therefore, successful completion of the module Analog CMOS Circuit Design (offered in the summer term) is mandatory for participation in this module. |
| Bemerkung / Empfehlung |
| In case of comments and/or questions regarding the practical exercise "Mixed Signal CMOS Circuit Design", please contact Dr.-Ing. M. Keller (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 |
| Semesterwochenstunden (SWS) | 4,0 |
| Mögliche Fachsemester | 3 |
| Moduldauer | 1 Semester |
| Pflicht/Wahlpflicht (P/WP) | Wahlpflicht |
| Angebotsfrequenz | unregelmäßig |

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

| Zugehörige Veranstaltungen | | | | | |
|--|-----------|-------------|------|-----|----------------|
| Name | Art | P/WP | ECTS | SWS | Arbeitsaufwand |
| Flugregelung Praktikum / Flight Control Laboratory | Praktikum | Wahlpflicht | 6,0 | 4,0 | 180 hours |

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

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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



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

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

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

Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung

The lab course includes topics as part of the HIGHWIND project (Simulation, Optimization and Control of High-Altitude Wind Power Generators). As the HIGHWIND project offers a large variety of project topics, students may be assigned topics meeting best their interests and academic background. Prior studies of “Modelling and System Identification” and/or “Optimal Control and Estimation” are recommended.



| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|--|-----------------------|
| Fortgeschrittenes Mikrocontroller-Praktikum / Advanced Microcontroller Lab | 11LE50MO-5235 PO 2021 |
| Verantwortliche/r | |
| Prof. Dr. Stefan Rupitsch | |
| Veranstalter | |
| Institut für Mikrosystemtechnik Institut für Mikrosystemtechnik Elektr. Messt. u. Eingebettete Sys. | |
| Fachbereich / Fakultät | |
| Technische Fakultät | |

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

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

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

| |
|---|
| Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung |
| The students: <ul style="list-style-type: none"> • have got advanced knowledge in the field of microcontroller architectures and peripheral hardware. • are familiar with the workflow of creating hardware-oriented and complex microcontroller applications. • know solution strategies to perform own embedded hard- and software projects. |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| The exam consists in the submission of four exercise sheets, one project and a final project presentation. The module grade is calculated from the results of the four exercise sheets (1/6 each) and the result of the final project (2/6). |
| 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">■ M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Crcuits and Systems■ M.Sc.Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Schaltungen und Systeme■ M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentration Area Cir-cuits and Systems |

↑

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

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

| |
|--|
| Inhalte |
| <p>Using a MSP430 development board with advanced peripherals add-ons, the students will practically learn the relevant steps in the creation of a microcontroller application. This involves:</p> <ul style="list-style-type: none"> • creating microcontroller applications of extended size and complexity • implementing hardware drivers and custom libraries • understanding hardware documentation and circuit schematics • utilizing advanced debugging tools (e.g. logic analyzers) • understanding and implementing bus systems like SPI, I2C and UART • interfacing complex peripheral units (sensors, ADCs, DACs, FLASH memories etc.) • interfacing I/O devices (LCD displays, joysticks etc.) <p>The practical exercise will be performed autonomously at home using dedicated hardware boxes; support is provided by the online forums and in form of an optional weekly course session.</p> |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| see module details |
| Zu erbringende Studienleistung |
| None |
| Literatur |
| <ul style="list-style-type: none"> ■ John H. Davies: MSP430 Microcontroller Basics. ■ Tietze, Schenk, Gamm: Electronic Circuits - Handbook for Design and Application. |
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| Successful participation in the laboratory course Mikrocomputertechnik / Microcontroller Techniques. |

| |
|---|
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
|---|

| |
|------|
| None |
|------|



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

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

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

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

| |
|--|
| Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung |
| 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"> ■ Master of Science im Fach Sustainable Systems Engineering, Prüfungsordnungsversion 2016: Die Modulnote wird nach ECTS-Punkten einfach gewichtet in die Gesamtnote eingerechnet. |
| Verwendbarkeit des Moduls |
| <p>Wahlmodul für Studierende des Studiengangs</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Master of Science in Sustainable Systems Engineering - Energiesysteme / Energy Systems ■ Master of Science Mikrosystemtechnik, PO 2018, concentration areas Circuits & Systems, Sensors & Actuators, Personal Profile ■ Master of Science Microsystems Engineering, PO 2018, concentration areas Circuits & Systems, Sensors & Actuators, Personal Profile ■ Master of Science Mikrosystemtechnik, PO 2021, Vertiefungsrichtung Circuits & Systems ■ Master of Science Microsystems Engineering, PO 2021, concentration area Circuits & Systems ■ M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area Circuits and Systems |



| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|---|-----------------------|
| Leistungselektronik für die Elektromobilität/Power Electronics for E-Mobility | 11LE50MO-4106 PO 2021 |
| Veranstaltung | |
| Leistungselektronik für die Elektromobilität / Power Electronics for E-Mobility | |
| 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) | Wahlpflicht |
| Lehrsprache | englisch |

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

| |
|---|
| 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 not available for exchange students. |

↑

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

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

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

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

| |
|--|
| Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung |
| Power electronics circuits convert the DC power of PV modules to grid compatible AC power. Wind turbines produce AC power with variable frequency, which has to be converted to AC with grid frequency. The commonly used hardware topologies of power electronic converters for renewable energies are shown and explained in detail. Additional aspects like MPP-tracking, supply of reactive power, low voltage ride through (LVRT) etc. are discussed. |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| Oral examination, duration: approx. 30 min. |

| |
|--|
| Zu erbringende Studienleistung |
| None |
| Benotung |
| The module grade is calculated 100% from the final oral exam. |
| Zusammensetzung der Modulnote |
| <ul style="list-style-type: none">■ Master of Science im Fach Sustainable Systems Engineering, Prüfungsordnungsversion 2016: Die Modulnote wird nach ECTS-Punkten einfach gewichtet in die Gesamtnote eingerechnet. |
| Verwendbarkeit des Moduls |
| Compulsory elective module for students of the study program <ul style="list-style-type: none">■ Master of Science in Sustainable Systems Engineering, Energiesysteme / Energy Systems■ 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 Systeme |



| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|--|-----------------------|
| Leistungselektronik für Photovoltaik und Windenergie / Power Electronics for Photovoltaics and Wind Energy | 11LE50MO-4107 PO 2021 |
| Veranstaltung | |
| Leistungselektronik für Photovoltaik und Windenergie / Power Electronics for Photovoltaics and Wind Energy | |
| 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) | Wahlpflicht |
| Lehrsprache | englisch |

| |
|--|
| Inhalte |
| <ul style="list-style-type: none"> ■ Solar Module Integrated Electronics ■ Single Phase String Inverters ■ Three Phase String Inverters ■ Battery Chargers and Off-Grid Inverters ■ PV System Technology ■ Frequency converters for Wind Energy |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| See module |
| Zu erbringende Studienleistung |
| See module |
| Literatur |
| <ul style="list-style-type: none"> ■ Robert W. Erickson, Dragan Marksimovic: Fundamentals of Power Electronics ■ Mohan, Undeland, Robbins: Power Electronics <p> http://nptel.ac.in/courses/Webcourse-contents/IIT%20Kharagpur/Power%20Electronics/New_index1.html https://en.wikipedia.org/wiki/DC-to-DC_converter https://en.wikipedia.org/wiki/Power_inverter https://en.wikipedia.org/wiki/Variable-frequency_drive </p> |
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| 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 |
| Semesterwochenstunden (SWS) | 4,0 |
| Mögliche Fachsemester | 3 |
| Moduldauer | 1 Semester |
| Pflicht/Wahlpflicht (P/WP) | Wahlpflicht |
| Angebotsfrequenz | nur im Wintersemester |

| |
|--|
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| keine |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| Basiswissen in Physik, Elektronik, Mechanik und MST Technologien |

| Zugehörige Veranstaltungen | | | | | |
|---|-----------|-------------|------|-----|----------------|
| Name | Art | P/WP | ECTS | SWS | Arbeitsaufwand |
| Mikroaktorik für Mikrosystemtechniker - Vorlesung | Vorlesung | Wahlpflicht | 6,0 | 2,0 | 180 Stunden |
| Mikroaktorik für Mikrosystemtechniker - Übung | Übung | Wahlpflicht | | 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 <ul style="list-style-type: none">■ 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 |
| Veranstaltung | |
| Mikroaktorik für Mikrosystemtechniker - Vorlesung | |
| Veranstaltungsart | Nummer |
| Vorlesung | 11LE50V-5707 |
| Veranstalter | |
| 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) | Wahlpflicht |
| Lehrsprache | deutsch |

| 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 funktionalen 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> |

H. Shape Memory Effekt und Superleastizität

I. Einführung in die Strömungslehre

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 |
| Veranstaltung | |
| 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) | Wahlpflicht |
| Lehrsprache | deutsch |

| |
|--|
| Inhalte |
| 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. |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| Siehe Vorlesung |
| Zu erbringende Studienleistung |
| keine |
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| keine |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| 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 |
| Semesterwochenstunden (SWS) | 2,0 |
| Mögliche Fachsemester | 3 |
| Moduldauer | 1 Semester |
| Pflicht/Wahlpflicht (P/WP) | Wahlpflicht |
| Angebotsfrequenz | in jedem Semester |

| |
|---|
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| None |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| None |

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

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

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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



| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|---|-----------------------|
| Mikroakustische Wandler / Micro Acoustical Transducers | 11LE50MO-5257 PO 2021 |
| Veranstaltung | |
| 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) | Wahlpflicht |
| Lehrsprachen | deutsch, englisch |

| |
|---|
| 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 |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| See module level |
| Zu erbringende Studienleistung |
| See module level |
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| None |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| None |

Lehrmethoden

Will be taught in English if there is at least one international participant.



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

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

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

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

| |
|---|
| Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung |
| Students have obtained practical knowledge in using microcontrollers. By means of Texas Instrument's MSP430 microcontroller as an example, the students have learned the basics of low-level C programming and the usage of the most important peripheral modules such as I/Os, analog-to-digital converters, timers, etc. Finally, the students will be able to use microcontroller hard- and software concepts in their own projects. |

| |
|---|
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| <p>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.</p> <p>Explanation: This lab course is a hands-on course with an emphasis on the continuous development of microprocessor programming. Since these development processes represent the essential course work, their results will be collected and evaluated throughout the semester. In case of failure to hand in one of these deliverables due to illness, an extension of the deadline will be granted.</p> |
| Zu erbringende Studienleistung |
| none |
| Verwendbarkeit des Moduls |
| <p>Compulsory elective module for students of the study program</p> <ul style="list-style-type: none">■ M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Circuits and Systems■ M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Schaltungen und Systeme■ M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentration Area Circuits and Systems |

↑

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

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

| Inhalte |
|--|
| <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"> • Low-level C programming • Hard- and software debugging • Using microcontroller inputs and outputs • Using internal and external peripheral hardware • Using communication interfaces <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> |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| see module details |
| Zu erbringende Studienleistung |
| none |
| Literatur |
| MSP430 Microcontroller Basics: John H. Davies Electronic Circuits - Handbook for Design and Application: Tietze, Schenk, Gamm |

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

↑

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

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

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

| Zugehörige Veranstaltungen | | | | | |
|---|-----------|-------------|------|-----|----------------|
| Name | Art | P/WP | ECTS | SWS | Arbeitsaufwand |
| Model Predictive Control and Reinforcement Learning | Vorlesung | Wahlpflicht | 3,0 | 1,0 | 90 h |
| Model Predictive Control and Reinforcement Learning | Übung | Wahlpflicht | | 1,0 | |

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

Zu erbringende Prüfungsleistung

Towards the end of the course, participants will work on application projects which apply at least one of the MPC and RL methods to self-chosen application problems from any area of science or engineering. The results of the projects, that can be performed in teams, will be presented in a public presentation on the last day of the course and a short report to be submitted two weeks after the course. The final course grade (Prüfungsleistung) is based on the final project report.

Zu erbringende Studienleistung

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

Verwendbarkeit des Moduls

As compulsory elective in

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

Also:

- Concentration course for MSc. Embedded Systems Engineering (PO 2012) in the concentration areas Robotic and Computer Vision, Zuverlässige Eingebettete Systeme, Circuits and Systems, Design and Simulation.
- Concentration course for MSc. Microsystems Engineering (PO 2018) in the concentration areas Circuits and Systems, Design and Simulation.
- Concentration course for MSc. Mikrosystemtechnik (PO 2018) students in the concentration areas Circuits and Systems, Design and Simulation.



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

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

| |
|---|
| Inhalte |
| Lectures cover: optimal control problem formulations (constrained, infinite horizon, discrete time, stochastic, robust), dynamic programming, model predictive control formulations and stability, reinforcement learning formulations, MPC algorithms, RL algorithms, similarities and differences between MPC and RL |
| Towards the end of the course, participants will work on application projects which apply at least one of the MPC and RL methods to self-chosen application problems from any area of science or engineering. The results of the projects, that can be performed in teams, will be presented in a public presentation on the last day of the course and a short report to be submitted two weeks after the course. The report will determine the final grade of the course. |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| see module details |
| Zu erbringende Studienleistung |
| see module details |
| Literatur |
| "Reinforcement Learning: An Introduction" by Richard S. Sutton and Andrew G. Barto "Model Predictive Control: Theory, Computation, and Design" by James B. Rawlings, David Q. Mayne, and Moritz M. Diehl "Optimal Control and Reinforcement Learning" by Dimitri Bertsekas |
| Teilnahmevoraussetzung 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.



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

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

| |
|--|
| Inhalte |
| Computer exercises based on MATLAB, Octave or Python will accompany the lectures in order to gain hands-on-knowledge on method of MPC and RL |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| see module details |
| Zu erbringende Studienleistung |
| see module details |
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| none |

↑

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

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

| |
|---|
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| None |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| Prior knowledge in the following fields is an advantage: <ul style="list-style-type: none"> - 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) |

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

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

Zu erbringende Studienleistung

The course work is completed if students pass the mid-term online quiz.

Verwendbarkeit des Moduls

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 |
| Veranstaltung | |
| 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) | Wahlpflicht |
| Lehrsprachen | deutsch, englisch |

| 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"> Introduction to MPC for energy systems Overview of traditional and advanced control concepts Basics of simulation and optimization Fundamentals and solution methods of linear MPC Fundamentals and solution methods of nonlinear MPC Modeling and control of building energy systems Modeling and control of solar energy plants Modeling and control of wind energy plants <p>Bi-weekly voluntary exercises will be provided in order to help the student to understand the theory better.</p> |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| see module details |
| Zu erbringende Studienleistung |
| see module details |
| Literatur |
| "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 |
| Semesterwochenstunden (SWS) | 4,0 |
| Mögliche Fachsemester | 3 |
| Moduldauer | 1 Semester |
| Pflicht/Wahlpflicht (P/WP) | Wahlpflicht |
| Angebotsfrequenz | nur im Wintersemester |

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

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

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

Zu erbringende Studienleistung

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

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

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

Verwendbarkeit des Moduls

As compulsory elective in

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

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

Wahlpflichtmodul für Studierende des Studiengangs

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



| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|--|-----------------------|
| Modelling and System Identification | 11LE50MO-2080 PO 2021 |
| Veranstaltung | |
| 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) | Wahlpflicht |
| Lehrsprache | englisch |

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

↑

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

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

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

↑

| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|--|-----------------------|
| 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 |
| Semesterwochenstunden (SWS) | 4,0 |
| Mögliche Fachsemester | 2 |
| Moduldauer | 1 term |
| Pflicht/Wahlpflicht (P/WP) | Wahlpflicht |
| Angebotsfrequenz | nur im Sommersemester |

| |
|---|
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| none |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| Knowledge from either MST Design Lab I (M.Sc. MSE) or Konstruktionsmethodik (B.Sc. MST) |

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

| Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung |
|--|
| <p>The MST Design Lab II is an add-on to the lectures "MST Design Lab I" in the International Master course "Microsystems Engineering" or the lecture "Konstruktionsmethodik" in the German Bachelor course "Mikrosystemtechnik". It is not part of the mandatory curriculum, but can be taken by students as elective course only. The aim of this lab course is to build the product ideas designed in the above-mentioned courses in hardware, to achieve a working device. They may also, as a newly formed team, bring in their own idea for a product development. During this course, students will develop skills in project management, task distribution, time scheduling, project execution, report writing and presenting their results in an oral presentation. They also learn to work with appropriate hardware and software tools (e.g. 3D printing, laser machining, μC programming, soldering, PCB board design software...). To start in this module, students have to re-form groups by themselves or start as the project team formed before in the above-mentioned courses. This design lab is organized by one microsystems laboratory of the faculty, however tutoring is happening per group by all microsystems labs on a freelance basis, i.e. every lab and professor decides per semester, whether a tutoring will be offered or not. It is then an essential part of the teaching goals that the students convince a lab to act as a host for their project. If successful, the project teams receive a limited financial</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 |
| Veranstaltung | |
| MST Design Lab II for Microsystems Engineering - Praktische Übung | |
| Veranstaltungsart | Nummer |
| Praktikum | 11LE50prÜ-7005_PO 20091 |
| Veranstalter | |
| Institut für Mikrosystemtechnik Konstruktion von Mikrosystemen | |

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

| |
|--|
| Inhalte |
| The aim of this lab course is to build the product ideas designed in the lectures "MST Design Lab I" in the International Master course "Microsystems Engineering" or the lecture "Konstruktionsmethodik" in the German Bachelor course "Mikrosystemtechnik", to achieve a working device. |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| see module details |
| Zu erbringende Studienleistung |
| see module details |
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| none |

↑

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

| | |
|-----------------------------|-----------------------|
| ECTS-Punkte | 6,0 |
| Arbeitsaufwand | 180 Stunden |
| Semesterwochenstunden (SWS) | 4,0 |
| 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 |
| MST technologies and processes | Vorlesung | Wahlpflicht | 6,0 | 2,0 | 180 hours |
| MST technologies and processes | Übung | Wahlpflicht | | 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"> ■ the physical and technological background of microsystems processing ■ process flows for the fabrication of MEMS elements ■ principals of material sciences (silicon and other semiconductors) ■ principals of clean-room and vacuum technologies <p>Also the students will be able to apply this knowledge practically to own designs, and especially in the MST design laboratories.</p> |
| 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">■ M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021) Compulsory elective module for students of the study program <ul style="list-style-type: none">■ M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Schaltungen und Systeme■ M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentration Area Circuits and Systems |



| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|--|-----------------------|
| MST technologies and processes | 11LE50MO-7250 PO 2021 |
| Veranstaltung | |
| 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) | Wahlpflicht |
| Lehrsprache | englisch |

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

| |
|---|
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
|---|

| |
|------|
| none |
|------|



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

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

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

↑

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

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

| |
|--|
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| None |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| Mathematics 1 and 2 for Engineers or basic Linear Algebra and Calculus courses. Numerical Optimization (NUMOPT), Modelling and System Identification (MSI), Systems and Control Bachelor or Master lectures. |

| Zugehörige Veranstaltungen | | | | | |
|--|-----------|-------------|------|-----|----------------|
| Name | Art | P/WP | ECTS | SWS | Arbeitsaufwand |
| Numerical Optimal Control in Science and Engineering | Vorlesung | Wahlpflicht | 6,0 | 6,0 | 180 hours |
| Numerical Optimal Control in Science and Engineering | Übung | Wahlpflicht | | 2,0 | |

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

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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



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

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

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

Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung

Mathematics 1 and 2 for Engineers or basic Linear Algebra and Calculus courses. Numerical Optimization (NUMOPT), Modelling and System Identification (MSI), Systems and Control Bachelor or Master lectures.



| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|--|-----------------------|
| Numerical Optimal Control in Science and Engineering | 11LE50MO-5249 PO 2021 |
| Veranstaltung | |
| Numerical Optimal Control in Science and Engineering | |
| Veranstaltungsart | Nummer |
| Übung | 11LE50Ü-5249 |
| Veranstalter | |
| Institut für Mikrosystemtechnik Systemtheorie | |

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

| |
|--|
| Inhalte |
| In the tutorial, the contents of the lecture will be deepened by means of theoretical examples and computer exercises. |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| see moodule details |
| Zu erbringende Studienleistung |
| see module details |
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| None |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| Mathematics 1 and 2 for Engineers or basic Linear Algebra and Calculus courses. Numerical Optimization (NUMOPT), Modelling and System Identification (MSI), Systems and Control Bachelor or Master lectures. |

↑

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

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

| |
|---|
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| None |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| None |

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

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

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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



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

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

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

↑

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

| | |
|-----------------------------|-----------------------|
| ECTS-Punkte | 6,0 |
| Arbeitsaufwand | 180 hours |
| Semesterwochenstunden (SWS) | 6,0 |
| Mögliche Fachsemester | 3 |
| Moduldauer | 1 Semester |
| 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 | Wahlpflicht | 6,0 | 4,0 | 180 hours |
| Numerische Optimierung / Numerical Optimization | Übung | Wahlpflicht | | 2,0 | |

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

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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



| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|---|-----------------------|
| Numerische Optimierung / Numerical Optimization | 11LE50MO-5243 PO 2021 |
| Veranstaltung | |
| 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) | Wahlpflicht |
| Lehrsprache | englisch |

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

Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung

Mathematics 1 and 2 for Engineers or basic Linear Algebra and Calculus courses



| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|---|-----------------------|
| Numerische Optimierung / Numerical Optimization | 11LE50MO-5243 PO 2021 |
| Veranstaltung | |
| 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) | Wahlpflicht |
| Lehrsprache | englisch |

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

↑

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

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

| |
|---|
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| None |

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

| |
|---|
| Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung |
| Students will be able to independently program, analyze, and apply continuous optimization methods. The project consists of implementing one or more self-selected optimization methods on the computer and applying them to one or more self-selected application problems. The focus may be more on algorithms and performance comparisons or on modeling a specific problem. The result of the project is a documented computer code, a report, and a public presentation. |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| Submission of a report in the form of a short scientific paper (5-10 pages) incl. a documented computer code. |
| Zu erbringende Studienleistung |
| A short oral presentation at the end of the semester. |

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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



| Name des Moduls | | Nummer des Moduls | |
|---|--|-----------------------|--|
| Numerische Optimierung Projekt / Numerical Optimization Project | | 11LE50MO-5244 PO 2021 | |
| Veranstaltung | | | |
| 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) | Wahlpflicht |
| Lehrsprache | englisch |

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

↑

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

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

| |
|--|
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| None |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| <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> |

| Zugehörige Veranstaltungen | | | | | |
|--|-----------|-------------|------|-----|----------------|
| Name | Art | P/WP | ECTS | SWS | Arbeitsaufwand |
| Rennautoregelung Praktikum / Race Car Control Laboratory | Praktikum | Wahlpflicht | 6,0 | 4,0 | 180 Stunden |

| |
|--|
| Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung |
| <p>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.</p> |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| project report in the form of a short scientific paper (5-10 pages) |
| 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 |
| Veranstaltung | |
| 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) | Wahlpflicht |
| Lehrsprache | englisch |

| |
|--|
| Inhalte |
| <p>Focus of the lab course is setting up a race track and control system for autonomous driving cars. The set up consists of a track, cars, a color camera, which is tracking the cars and a computer, controlling the cars. The communication between the race cars and the computer will be carried out by hacking the remote control. The color camera can be seen as the sensor of the car, communicating its actual position to the computer.</p> <p>The course will be accompanied by weekly meetings with one or more team members working on complementary projects addressing the same real world control problem. In the last two to three weeks of the lab course, when the main project aims are achieved, the participants will start to work on a short report for documentation and give a final oral presentation to share their findings with all team members.</p> |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| Written composition and oral presentation of the project results. |
| Zu erbringende Studienleistung |
| None |
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| None |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| <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 |
| Semesterwochenstunden (SWS) | 2,0 |
| Mögliche Fachsemester | 2 |
| Moduldauer | 1 Semester |
| Pflicht/Wahlpflicht (P/WP) | Wahlpflicht |
| Angebotsfrequenz | nur im Sommersemester |

| |
|---|
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| None |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| None |

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

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

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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



| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|--|-----------------------|
| RF- und Mikrowellen Bauelemente und Schaltungen / RF- and Microwave Devices and Circuits | 11LE50MO-5215 PO 2021 |
| Veranstaltung | |
| RF- und Mikrowellen Bauelemente und Schaltungen / RF- and Microwave Devices and Circuits | |
| 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) | Wahlpflicht |
| Lehrsprache | englisch |

| |
|---|
| Inhalte |
| The lecture RF- and Microwave Devices and Circuits deals with the fundamentals of RF-devices and circuits. It comprises three parts: high-frequency/RF concepts and passive structures, active electronic RF-devices, and RF-circuits and modules. At the interface of modern electronics, dielectric wave propagation, circuit design, and advanced communication and sensing, advanced analysis and characterisation techniques are introduced in order to bridge the gap from modern electronics and modern passive RF-technology to the understanding of RF-communication and sensing systems. The methodologies of RF-analysis, design of devices and circuits, and their basic figures-of-merit, their modelling and characterisation are introduced along with the demonstration of their relevance to modern RF- components and microsystems. This also includes a discussion of the underlying technology and many examples supported by RF-design tools from the microwave oven to today's RF-applications in mobile communication in the iPod. |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| See module |
| Zu erbringende Studienleistung |
| See module |
| Literatur |
| RF- and Microwave passives <ul style="list-style-type: none"> ■ Zinke/Brunswig, Hochfrequenztechnik, Band 1, Springer, 1999 RF-Devices <ul style="list-style-type: none"> ■ U.K. Mishra, J. Singh, Semiconductor Device Physics And Design, Springer, 2007 |
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| 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 |
| Semesterwochenstunden (SWS) | 2,0 |
| Mögliche Fachsemester | 3 |
| Moduldauer | |
| Pflicht/Wahlpflicht (P/WP) | Wahlpflicht |
| Angebotsfrequenz | nur im Wintersemester |

| |
|---|
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| None |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| None |

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

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

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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



| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|--|-----------------------|
| RF- und Mikrowellen Schaltungen und Systeme / RF- and Microwave Circuits and Systems | 11LE50MO-5232 PO 2021 |
| Veranstaltung | |
| RF- und Mikrowellen Schaltungen und Systeme / RF- and Microwave Circuits and Systems | |
| 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) | Wahlpflicht |
| Lehrsprache | englisch |

| |
|---|
| Inhalte |
| <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> |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| See module |
| Zu erbringende Studienleistung |
| See module |
| Literatur |
| RF- and Microwave passives ■ Zinke/Brunswig, Hochfrequenztechnik, Band 1, Springer, 1999 |
| Further literature for systems are presented during the lecture |
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| None |

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

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

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

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

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

↑

| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|---|-----------------------|
| RF- und Mikrowellen Systeme - Design Kurs / RF- and Microwave Systems - Design Course | 11LE50MO-5344 PO 2021 |
| Veranstaltung | |
| RF- und Mikrowellen Systeme - Design Kurs / RF- and Microwave Systems - Design Course | |
| Veranstaltungsart | Nummer |
| Praktikum | 11LE68P-5344 |
| 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) | Wahlpflicht |
| Lehrsprache | englisch |

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

| |
|--|
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| 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 |
|--|-----------------------|
| Sensor-Aktor-Schaltungstechnik | 11LE50MO-5725 PO 2021 |
| Verantwortliche/r | |
| Prof. Dr. Peter Woias | |
| Veranstalter | |
| Institut für Mikrosystemtechnik Konstruktion von Mikrosystemen | |
| Fachbereich / Fakultät | |
| Technische Fakultät | |

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

| |
|--|
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| keine |
| 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 | Wahlpflicht | 6,0 | 2,0 | 180 Stunden |
| Sensor-Aktor-Schaltungstechnik | Übung | Wahlpflicht | | 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 (Dauer 30 Minuten) |

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

↑

| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|--|-----------------------|
| Sensor-Aktor-Schaltungstechnik | 11LE50MO-5725 PO 2021 |
| Veranstaltung | |
| 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) | Wahlpflicht |
| Lehrsprache | deutsch |

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

Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung

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

Vertiefte Grundkenntnisse zu elektronischen Bauelementen.



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

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

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

↑

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

| | |
|-----------------------------|-----------------------|
| ECTS-Punkte | 6,0 |
| Arbeitsaufwand | 180 hours |
| Semesterwochenstunden (SWS) | 4,0 |
| Mögliche Fachsemester | 2 |
| Moduldauer | 1 Semester |
| Pflicht/Wahlpflicht (P/WP) | Wahlpflicht |
| 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 | Wahlpflicht | 6,0 | 2,0 | 180 hours |
| Signal processing - Übung | Übung | Wahlpflicht | | 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 |
| Veranstaltung | |
| 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) | Wahlpflicht |
| Lehrsprache | englisch |

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

- Kammeyer, Kroschel: Digitale Signalverarbeitung
- Einführung in MATLAB, Skript zu den Übungen Signalverarbeitung SS2005
- Vorlesungsskript Signalverarbeitung SS2005
- Oppenheim, 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 |
| Veranstaltung | |
| 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) | Wahlpflicht |
| Lehrsprache | englisch |

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

↑

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

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

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

| Zugehörige Veranstaltungen | | | | | |
|-----------------------------|-----------|-------------|------|-----|----------------|
| Name | Art | P/WP | ECTS | SWS | Arbeitsaufwand |
| State Space Control Systems | Vorlesung | Wahlpflicht | 6,0 | 3,0 | 180 hours |
| State Space Control Systems | Übung | Wahlpflicht | | 1,0 | |

| |
|---|
| Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung |
| The students understand the mathematical foundations of state space control systems and are able to design and use state space control systems in engineering applications. |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| Written exam (120 minutes) |
| Zu erbringende Studienleistung |
| none |

| |
|--|
| Bemerkung / Empfehlung |
| Work on the weekly exercise sheets and participation in the exercises is voluntary. |
| Verwendbarkeit des Moduls |
| As compulsory elective in <ul style="list-style-type: none">■ 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 <ul style="list-style-type: none">■ 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 |
| Veranstaltung | |
| 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) | Wahlpflicht |
| Lehrsprache | englisch |

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

Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung

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



| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|---|-----------------------|
| State Space Control Systems | 11LE50MO-5267 PO 2021 |
| Veranstaltung | |
| 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) | Wahlpflicht |
| Lehrsprache | englisch |

| |
|---|
| Inhalte |
| The weekly exercise sheets allows students to apply their acquired knowledge. During the voluntary weekly exercise sessions the content of both the lecture and the exercise sheets will be discussed in-depth and consolidated. |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| see module details |
| Zu erbringende Studienleistung |
| see module details |
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| None |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| Students are expected to have an undergraduate knowledge in mathematics. It is furthermore recommended to have a good knowledge of differential equations, system theory and control. Kenntnisse/Kompetenzen aus Mathematik I und II werden VORAUSGESETZT. Kenntnisse aus Differentialgleichungen, Systemtheorie und Regelungstechnik werden EMPFOHLEN. |

↑

| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|---|-----------------------|
| 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 |
| Semesterwochenstunden (SWS) | 2,0 |
| Mögliche Fachsemester | 3 |
| Moduldauer | 1 Semester |
| Pflicht/Wahlpflicht (P/WP) | Wahlpflicht |
| Angebotsfrequenz | nur im Wintersemester |

| |
|---|
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| keine |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| keine |

| Zugehörige Veranstaltungen | | | | | |
|---|-----------|-------------|------|-----|----------------|
| Name | Art | P/WP | ECTS | SWS | Arbeitsaufwand |
| Thermoelektrik und thermische Messtechnik | Vorlesung | Wahlpflicht | | 2,0 | 90 Stunden |

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

| |
|--|
| Zu erbringende Studienleistung |
| keine |
| Verwendbarkeit des Moduls |
| Compulsory elective module for students of the study program <ul style="list-style-type: none">■ 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 |
| Veranstaltung | |
| 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) | Wahlpflicht |
| Lehrsprache | deutsch |

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

↑

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

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

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

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

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

| |
|---|
| 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 |
| schriftliche Ausarbeitung, Protokoll / written composition Durchführung von Versuchen / Reports on exercises |
| 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 OR 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 and 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 |
| Veranstaltung | |
| 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) | Wahlpflicht |
| Lehrsprache | englisch |

| |
|--|
| Inhalte |
| 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. |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| see module details |
| Zu erbringende Studienleistung |
| see module details |
| Literatur |
| Up-to-date literature recommendations are provided during the lectures. |
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| None |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| 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 |
| Veranstaltung | |
| Wearable and Implantable Computing (WIC) | |
| Veranstaltungsart | Nummer |
| Übung | 11E13Ü-1402_PO 2020 |
| Veranstalter | |
| Institut für Informatik Intelligente Eingebettete Systeme | |

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

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

↑

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

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

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

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

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

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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

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

This module is available as both

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

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

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



| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|---|-----------------------|
| Windenergiesysteme / Wind Energy Systems | 11LE50MO-5256 PO 2021 |
| Veranstaltung | |
| 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) | Wahlpflicht |
| Lehrsprache | englisch |

| |
|---|
| Inhalte |
| Global wind energy resource - aerodynamic principles of wind turbines - design of modern wind turbines - control of modern wind turbines - the electrical system of wind turbines - alternative concepts and high-altitude wind energy. |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| see module details |
| Zu erbringende Studienleistung |
| None |
| Literatur |
| "Wind Energy Handbook" by T. Burton, N. Jenkins, D. Sharpe, E. Bossanyi, 2nd edition, Wiley, 2011 |
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| Undergraduate knowledge in physics, mathematics as well as in systems and control. |

↑

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

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

| |
|---|
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| keine |

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

| Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung |
|---|
| <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 |
| Veranstaltung | |
| Zuverlässigkeitstechnik / Reliability Engineering - Vorlesung | |
| Veranstaltungsart | Nummer |
| Vorlesung | 11LE50V-5214 |
| Veranstalter | |
| Institut für Mikrosystemtechnik Aufbau- u. Verbindungstechnik | |

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

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

- 7.3 Reliability models for software
- 7.4 Misjudgements concerning software use
- 8. Human factors
- 9. Pre-requisites for development processes
- 10. Standards and legislation for medical devices

Zu erbringende Prüfungsleistung

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 |
| Veranstaltung | |
| 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) | Wahlpflicht |
| Lehrsprache | englisch |

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

↑

| Name des Kontos | Nummer des Kontos |
|--------------------------------------|---------------------------------------|
| 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 |
| Semesterwochenstunden (SWS) | 2,0 |
| Mögliche Fachsemester | 2 |
| Moduldauer | 1 Semester |
| Pflicht/Wahlpflicht (P/WP) | Wahlpflicht |
| Angebotsfrequenz | nur im Sommersemester |

| |
|---|
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| keine |

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

| |
|---|
| Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung |
| In this lecture the students will get fundamental knowledge on the structure and functionality of biological materials as to apply their design principle in the development of bioinspired biomaterials. At the end of the module, the student should be able to describe the interrelation between microstructure and properties in biological materials; apply advance methods for the characterization of microstructure and properties of biological and artificially developed bioinspired materials, and explain the theoretical principle of these methods; and describe the physical-chemistry of the processing of different bioinspired materials studied in the course. |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| Part of the Exam "Advanced Macromolecular Materials and Nanostructural Engineering" of the study program <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 <ul style="list-style-type: none">■ 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 |
| Veranstaltung | |
| Bioinspirierte Funktionsmaterialien / Bioinspired functional materials - Vorlesung | |
| Veranstaltungsart | Nummer |
| Vorlesung | 11LE50V-5125 |

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

| |
|--|
| Inhalte |
| <ul style="list-style-type: none"> - Organic-based biological materials. Hierarchical structure and functionality - Mineralized biological materials. Hierarchical structure and functionality - 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 - Examples of preparation methods of bioinspired materials. Processing physical-chemistry and optimization - Interrelation between processing, structure and properties in bioinspired materials - Examples of bioinspired materials for technological and biomedical applications |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| see module details |
| Zu erbringende Studienleistung |
| none |
| Literatur |
| <ul style="list-style-type: none"> - Materials Design Inspired by Nature. Function through Inner Architecture. Edited by: P. Fratzl, J. WC Dunlop and R. Weinkamer. RSC Publishing (2013) - Nature's hierarchical materials P. Fratzl and R. Weinkamer Progress in Materials Science , Volume 52, pages 1263-1334, (2007) - Bioinspiration and biomimetics. Learning from Nature. Edited by: P. Fratzl, T. Speck and S. Gorb. IOP Publishing (2016) <p>Besides, it will be provided an script accompanying each lecture, which will be updated with recent literature.</p> |
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| 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 | Wahlpflicht | 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 |
| <p>The Prüfungsleistung consists of a written exam (duration 90-180 mins), and only the result of the written exam contributes to the Prüfungsleistung.</p> |
| Zu erbringende Studienleistung |
| <p>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.</p> |

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 |
| Veranstaltung | |
| Computational Physics: Materials Science | |
| Veranstaltungsart | Nummer |
| Vorlesung | 07LE33V-ADV_THEO_COMP-MAT |

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

| Inhalte |
|---|
| <p>This lecture provides an introduction into basic concepts of atomistic computational materials science. The computational tools for different time and length scales will be introduced and it will be discussed how these tools can be combined in order to solve physical problems extending over too many scales for one single method alone. We will start with a brief introduction to density functional theory and more approximate methods such as tight binding. Quantum derived forces can be extracted from these methods and the short term dynamics of small nanosystems can be studied. For the simulation of larger systems and longer time scales, classical interatomic potentials are required. The students will become familiar with some examples for the different types of interatomic potentials: e.g. Lennard-Jones, Born-Mayer, Embedded-Atom, Bond-Order-potentials as well as bead-spring potentials for polymers. A brief introduction into the basic methodology of micro-canonical and thermostated molecular dynamics simulations will be given. The lecture is accompanied by a hands-on programming course. Classical molecular dynamics simulations will be used to study metallic and covalently bonded materials.</p> |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| see module details |
| Zu erbringende Studienleistung |
| see module details |
| Literatur |
| lecture script: A brief Introduction into Computational Materials Science |
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| none |

↑

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

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

| |
|---|
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| keine |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| keine |

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

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

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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



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

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

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

↑

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

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

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

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

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

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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

↑

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

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

| |
|--|
| Inhalte |
| |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| siehe Modulebene |
| Zu erbringende Studienleistung |
| keine |
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| none |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| Knowledge in material science |

↑

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

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

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

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

| |
|---|
| Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung |
| The students know the essential concepts and fundamental equations of electrochemical theory. The participants from different subjects link together the knowledge from physical chemistry and several engineering disciplines to get a sound understanding of the classical electrochemical methods and electrochemical impedance spectroscopy. The students can apply their knowledge and understanding of the electrochemical methods to tasks in the field of material science, microtechnology, microsystems and energy application. |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| written examination (90 minutes) |

| |
|--|
| Zu erbringende Studienleistung |
| none |
| Verwendbarkeit des Moduls |
| Compulsory elective module for students of the study program <ul style="list-style-type: none">■ 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 |
| Veranstaltung | |
| Elektrochemische Methoden für Ingenieure / Electrochemical Methods for Engineers - Vorlesung | |
| Veranstaltungsart | Nummer |
| Vorlesung | 11LE50V-5719 |
| Veranstalter | |
| Institut für Mikrosystemtechnik Sensoren Institut für Mikrosystemtechnik Elektr. Messt. u. Eingebettete Sys. | |

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

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

Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung

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



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

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

| |
|---|
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| keine |

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

| |
|--|
| Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung |
| Ziel des Moduls ist die Vermittlung der vertieften theoretischen Grundlagen und der spezifischen Kenntnisse zur Speicherung und Wandlung von Energie mittels Brennstoffzellen in mikrotechnischen Systemen. |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| Klausur (90 Minuten) |
| Zu erbringende Studienleistung |
| keine |
| Verwendbarkeit des Moduls |
| Compulsory elective module for students of the study program <ul style="list-style-type: none"> ■ 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 |
|---|-----------------------|
| Energiespeicherung und Wandlung mittels Brennstoffzellen / Energy storage and conversion using fuel cells | 11LE50MO-5203 PO 2021 |
| Veranstaltung | |
| Energiespeicherung und Wandlung mittels Brennstoffzellen / Energy storage and conversion using fuel cells - Vorlesung | |
| Veranstaltungsart | Nummer |
| Vorlesung | 11LE50V-5203 |
| Veranstalter | |
| Institut für Mikrosystemtechnik Prozesstechnologie | |

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

| Inhalte |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ■ Physikalisch chemische Grundlagen Brennstoffzellen ■ Aufbau und Funktion von Brennstoffzellen ■ Vorstellung unterschiedlicher Brennstoffzellentypen ■ Physikalisch chemische Grundlagen der Wasserstoffspeicherung ■ Vorstellung von Wasserstoffspeichertypen und -mechanismen ■ Diskussion von Vor- und Nachteilen der Wasserstoffspeicher ■ Brennstoffzellensysteme im Automobil ■ PEM ■ DMFC ■ Miniaturisierung von Brennstoffzellen ■ Mikrobrennstoffzelle ■ Chipintegrierte Brennstoffzelle (I²Brenn) ■ Brennstoffzellenakkumulator ■ Miniaturisierung der Wasserstofferzeugung ■ Einsatz von Brennstoffzellensystemen in der MST |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| siehe Modulebene |
| Zu erbringende Studienleistung |
| keine |
| Literatur |
| Zur Vorlesung wird ein Skriptum zur Verfügung gestellt und regelmäßig aktualisiert. |

| |
|---|
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
|---|

| |
|-------|
| keine |
|-------|



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

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

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

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

| |
|---|
| Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung |
| This module provides a more detailed description of silicon technologies exceeding the modules in Microsystemtechnology I and II. The basics in silicon technologies will be accomplished by the most recent results found in literature. Whenever possible, we will organize a visit of the Micronas GmbH in Freiburg and their CMOS Fab. |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| Oral examination if there are 20 or fewer than 20 registered participants; written examination if there are more than 20 registered participants (minimum 60 and maximum 240 minutes). Details will be announced by the examiner in due time. |
| Zu erbringende Studienleistung |
| none |

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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



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

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

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

↑

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

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

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

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

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

4. Relation of functional safety to related concepts for security and sustainability generation
5. Knowledge and tailoring of safety life cycle, development processes and process steps to plan, develop, verify and validate reliability or safety functions
6. Knowledge, tailoring, process-driven application, quantification and evaluation, executive conclusions development, and litigable documentation of mainly quantitative system analysis methods
7. 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 |
| Veranstaltung | |
| Functional Safety, Security and Sustainability: Active Resilience | |
| Veranstaltungsart | Nummer |
| Vorlesung | 11LE68V-5120 PO 2021 |
| Veranstalter | |
| Institut für Nachhaltige Technische Systeme | |

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

| Inhalte |
|--|
| <p>Main content:</p> <ol style="list-style-type: none"> 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) 2. Relation and transfer of functional safety to reliability, availability, security, IT-security, sustainability, and resilience 3. Functional safety, security, sustainability and resilience life cycle models (management and development processes): general and phase-specific requirements 4. System definition and graphical/semi-formal modelling for system analysis, e.g. with UML and SysML 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 6. (Deductive) Graphical system analysis methods: Fishbone diagram, Event Tree Analysis, Reliability block diagram (RBDs), Fault tree analysis (FTA, TDFTA) 7. Markov models and Petri nets 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 9. Overview on methods for requirements determination, e.g. SIL: graphical, numerical, analytical, statistical, simulation based using individual and collective risk criteria 10. Safety and reliability function architecture allocation, e.g. MooN, MooND 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 12. Combination and tailoring of processes and methods 13. Application domains and examples: e.g. automation, production, automotive, transport, energy generation, systems with ML/AI, e.g. autonomous driving 14. Use of ML/AI for safety assessment and development |

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

Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung

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-Pandiyani, 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 / Basics of mechanical testing | 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 |
| Semesterwochenstunden (SWS) | 4,0 |
| Mögliche Fachsemester | 5 |
| Moduldauer | 1 Semester |
| Pflicht/Wahlpflicht (P/WP) | Wahlpflicht |
| Angebotsfrequenz | nur im Wintersemester |

| |
|---|
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| Kenntnisse in Kontinuumsmechanik |

| Zugehörige Veranstaltungen | | | | | |
|---|-----------|-------------|------|-----|----------------|
| Name | Art | P/WP | ECTS | SWS | Arbeitsaufwand |
| Grundlagen der mechanischen Werkstoffcharakterisierung / Basics of mechanical testing | Vorlesung | Wahlpflicht | 6,0 | 2,0 | |
| Grundlagen der mechanischen Werkstoffcharakterisierung / Basics of mechanical testing | Übung | Wahlpflicht | | 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 Report |
| 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. Regular attendance of the course according to §13 (2) of the General Examination Regulations for the Bachelor of Science. A five minute oral examination the beginning of each exercise |
| 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 / Basics of mechanical testing | 11LE68MO-BScSSE-3034 |
| Veranstaltung | |
| Grundlagen der mechanischen Werkstoffcharakterisierung / Basics of mechanical testing | |
| 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) | Wahlpflicht |
| Lehrsprachen | deutsch, englisch |

| 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"> 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. 2. Messtechnik: Weg und Kraftmessung, DMS- und Piezosensoren, kontaktlose Verfahren 3. Druckversuche an Schaumstoff; Energieabsorptionsvermögen 4. Polymere Werkstoffe und Viskoelastizität 5. Ratenabhängigkeit der Festigkeit, dynamische Werkstoffcharakterisierung 6. Biegeversuche an homogenen Werkstoffen und Verbundwerkstoffen <p>Vorlesung und Übungen sind in zusammengehörenden Einheiten organisiert.</p> |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| siehe Modulebene |
| Zu erbringende Studienleistung |
| siehe Modulebene |
| Literatur |
| <ol style="list-style-type: none"> 1) Meyers and Chawla, "Mechanical Behavior of Materials", ISBN 9780521866750, www.cambridge.org/9780521866750 2) Literatur wird über ILIAS im geschlossenen Benutzerkreis den Studierenden bereitgestellt. |
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| keine |

↑

| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|---|----------------------|
| Grundlagen der mechanischen Werkstoffcharakterisierung / Basics of mechanical testing | 11LE68MO-BScSSE-3034 |
| Veranstaltung | |
| Grundlagen der mechanischen Werkstoffcharakterisierung / Basics of mechanical testing | |
| Veranstaltungsart | Nummer |
| Übung | 11LE68Ü-BScSSE-3034 |

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

| |
|--|
| Inhalte |
| |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| siehe Modulebene |
| Zu erbringende Studienleistung |
| siehe Modulebene |
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| keine |

↑

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

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

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

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

| Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung |
|--|
| <p>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.</p> |

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

↑

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

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

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

↑

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

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

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

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

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

| |
|---|
| Zu erbringende Studienleistung |
| none |
| Verwendbarkeit des Moduls |
| <p>Wahlpflichtmodul für Studierende des Studiengangs</p> <ul style="list-style-type: none">■ Bachelor of Science in Mikrosystemtechnik (PO 2018), im Wahlpflichtbereich, Bereich Mikrosystemtechnik■ B.Sc. in Embedded Systems Engineering (PO 2018) im Bereich Mikrosystemtechnik <p>As compulsory elective module for students of the study program</p> <ul style="list-style-type: none">■ 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 <p>Students enrolled in the Master of Science in Sustainable Systems Engineering (2021 version of the exam-regulations) can complete this elective module in the technical concentration area <i>Sustainable Materials Engineering</i> or <i>Interdisciplinary Profile - Modules related to the Subject Area</i>.</p> |

↑

| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|---|---------------------------|
| High-Performance Computing: Fluid Mechanics with Python | 11LE50MO-5285 ESE PO 2021 |
| Veranstaltung | |
| 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) | Wahlpflicht |

| 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"> 1. Efficient Python: basics, numpy arrays, numpy operations, scipy 2. Translating mathematical expressions into efficient array operations 3. The Message Passing Interface (MPI) 4. Parallelization strategies 5. Practical aspects of working with High-Performance clusters <p>Fluid mechanics and the Lattice Boltzmann method:</p> <ol style="list-style-type: none"> 6. Phenomenology of fluid mechanics 7. Lattice gas and lattice Boltzmann 8. Boundary conditions |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| See module level |
| Zu erbringende Studienleistung |
| See module level |
| Literatur |
| <p>A. Scopatz, K.D. Huff, "Effective Computation in Physics" (O'Reilly 2015) W.A. Wolf-Gladrow, "Lattice-Gas Cellular Automata and Lattice Boltzmann Models" (Springer 2000)</p> |

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

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung

None

Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung

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

↑

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

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

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

↑

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

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

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

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

| |
|--|
| Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung |
| <p>The student</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ understands the physics of interatomic bonds, potential energy landscapes and the statistical foundations of thermodynamics ■ can transfer these concepts to molecular simulations, in particular interatomic potentials, transition paths, thermostats and barostats ■ can select initial conditions and interatomic potentials, run a molecular dynamics simulation and evaluate and interpret the simulation results |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| Written report in the form of a short scientific paper (5-10 pages) |

Zu erbringende Studienleistung

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

Verwendbarkeit des Moduls

As compulsory elective in

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



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

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

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

↑

| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|---|-----------------------|
| High-Performance Computing: Molecular Dynamics with C++ | 11LE50MO-5286 PO 2021 |
| Veranstaltung | |
| 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) | Wahlpflicht |
| Lehrsprache | englisch |

| |
|--|
| Inhalte |
| The students will solve problems from materials science with a widely used molecular simulation code. Successful completion of $\geq 50\%$ of exercise sheets |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| see module details |
| Zu erbringende Studienleistung |
| see module details |
| 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 |
|---|-----------------------|
| 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 |
| Semesterwochenstunden (SWS) | 2,0 |
| Mögliche Fachsemester | 2 |
| Moduldauer | 1 Semester |
| Pflicht/Wahlpflicht (P/WP) | Wahlpflicht |
| Angebotsfrequenz | nur im Sommersemester |

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

| Zugehörige Veranstaltungen | | | | | |
|---|-----------|-------------|------|-----|----------------|
| Name | Art | P/WP | ECTS | SWS | Arbeitsaufwand |
| Keramische Werkstoffe der Mikrotechnik / Ceramic Materials for microsystems - Vorlesung | Vorlesung | Wahlpflicht | 3,0 | 2,0 | 90 Stunden |

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

| |
|--|
| Zu erbringende Studienleistung |
| keine |
| Verwendbarkeit des Moduls |
| Compulsory elective module for students of the study program <ul style="list-style-type: none">■ 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 |
| Veranstaltung | |
| 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) | Wahlpflicht |
| Lehrsprache | deutsch |

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



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

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

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

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

| Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung |
|--|
| <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 |
| 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 <ul style="list-style-type: none">■ Master of Science in Sustainable Systems Engineering (2021 version of the exam regulations):<ul style="list-style-type: none">■ Resilience Engineering■ Sustainable Materials Engineering■ M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Materials and Fabrication■ M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Materialien und Herstellungsprozesse■ M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area:Materials and Fabrication |

↑

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

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

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

↑

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

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

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

↑

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

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

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

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

| |
|---|
| Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung |
| The objective of the course is the knowledge of nonlinear continuum mechanics and its applications in solid state and fluid mechanics. The content of the topics of the lecture will be further studied by exercises in order to train the mathematical foundations and the first applications in the field of continuum mechanics. |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| Oral examination (one-on-one, Prüfungsgespräch) with a max. duration of 45 min. The oral examination covers the content of the lecture and exercises. |
| Important info for exchange students: the examination must be taken at the official examination date. |

| |
|--|
| Zu erbringende Studienleistung |
| none |
| Verwendbarkeit des Moduls |
| Elective Module for students of the study program <ul style="list-style-type: none">■ Master of Science in Sustainable Systems Engineering (2021 version of the exam regulations):<ul style="list-style-type: none">■ Resilience Engineering■ 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 |
| Veranstaltung | |
| Kontinuumsmechanik II / Continuum Mechanics II | |
| 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) | Wahlpflicht |
| Lehrsprache | englisch |

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

Lehrmethoden

Lecture + exercise



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

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

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

↑

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

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

| |
|---|
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| None |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| None |

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

| |
|---|
| Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung |
| With this module students are able to distinguish between damage and failure as two distinct process types in materials as other thermo-mechanic behaviors. Basic differences between phenomenological and physics based modeling approaches become evident. Specifically, the multi-scale character of the process is recognized. The resulting dimension of related resources for computations as well as the necessity for scale-bridging methodologies is learnt. Furthermore, a variety of experimental and numerical methods for characterizing and modeling the processes is investigated. |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| Oral examination (Prüfungsgespräch), duration: approx. 20 min. per student. The oral exam covers the content of the lecture. |

| |
|--|
| Zu erbringende Studienleistung |
| none |
| Verwendbarkeit des Moduls |
| Elective Module for students of the study program <ul style="list-style-type: none">■ Master of Science in Sustainable Systems Engineering (2021 version of the exam regulations):<ul style="list-style-type: none">■ Resilience Engineering■ 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 |
| Veranstaltung | |
| Konstitutive Gleichungen und Diskretisierungsverfahren zur Versagensmodellierung / Physics of Failure | |
| Veranstaltungsart | Nummer |
| Vorlesung | 11LE68V-5121 |
| Veranstalter | |
| Inst. f. Nachh. Technische Systeme Nachhaltige Ingenieursysteme | |

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

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

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

↑

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

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

| |
|---|
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| keine |

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

| |
|--|
| Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung |
| Ziel des Moduls ist die Vermittlung der Kenntnisse, die für ein ganzheitliches Verständnis der lithographischen Verfahren, die in der Mikrosystemtechnik eingesetzt werden. |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| mündliche Abschlussprüfung (20-30 Minuten) |
| Zu erbringende Studienleistung |
| keine |
| Verwendbarkeit des Moduls |
| Compulsory elective module for students of the study program <ul style="list-style-type: none"> ■ 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 |
|--|-----------------------|
| Lithographie / Lithography | 11LE50MO-5603 PO 2021 |
| Veranstaltung | |
| 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) | Wahlpflicht |
| Lehrsprache | deutsch |

| Inhalte |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ■ Optische Mikroskopie ■ Hellfeld Beleuchtung ■ Dunkelfeld Beleuchtung ■ Aperturblende ■ Geschichtsfeldblende ■ Aufbau und Funktion von Photoresisten ■ Positiv und negativ Resiste ■ Chemischer Aufbau der Resiste ■ Lithographische Masken ■ Herstellung ■ Materialien ■ Aufbau ■ Grenzen ■ Aufbau und Funktion von Maskaligner ■ Justage Vorderseite und Rückseite ■ Belichtungsmodi ■ Prozessablauf und Prozessketten ■ Charakterisierung von lithographisch hergestellten Strukturen ■ Weiterführende Prozessvarianten |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| 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 |
| Semesterwochenstunden (SWS) | 4,0 |
| Mögliche Fachsemester | 2 |
| Moduldauer | 1 Semester |
| Pflicht/Wahlpflicht (P/WP) | Wahlpflicht |
| Angebotsfrequenz | nur im Sommersemester |

| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
|---|
| none |

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

| Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung |
|--|
| After the completion of the module, students will be able to: <ol style="list-style-type: none"> 1. Understand different neural network topologies and their possible applications in mechanical engineering and structural mechanics; 2. Understand the interplay between optimization and machine learning; 3. Analyze and augment datasets obtained via experiments or simulations; 4. Program simple architectures and make predictions on the mechanical behavior of materials and structures; 5. Understand the limitations of proposed approaches and the ways to overcome them using state-of-art publications. |
| 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 |
| Veranstaltung | |
| Machine Learning Approaches in Structural Mechanics | |
| Veranstaltungsart | Nummer |
| Vorlesung | 11LE50V-5722 PO 2021 |
| Veranstalter | |
| Institut für Mikrosystemtechnik Simulation | |

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

| |
|--|
| Inhalte |
| 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. |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| see module details |
| Zu erbringende Studienleistung |
| see module details |
| Literatur |
| 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 |
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| None |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| 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 |
| Veranstaltung | |
| Machine Learning Approaches in Structural Mechanics | |
| Veranstaltungsart | Nummer |
| Übung | 11LE50Ü-5722 PO 2021 |
| Veranstalter | |
| Institut für Mikrosystemtechnik Simulation | |

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

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

↑

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

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

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

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

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

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

Zu erbringende Prüfungsleistung

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

Zu erbringende Studienleistung

none

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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



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

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

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

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

↑

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

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

| |
|---|
| Inhalte |
| With exercises the actual content of the lecture will be accompanied. |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| see module details |
| Zu erbringende Studienleistung |
| see module details |
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| none |

↑

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

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

| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
|---|
| keine |

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

| Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung |
|---|
| Die Studierenden haben ein Verständnis für die mechanischen Eigenschaften und deren Auswirkung auf die Funktionsweise und Leistung von Mikrosystemen erworben. Sie verstehen die zugrundeliegenden physikalischen Mechanismen von Funktionsmaterialien sowie die Schädigungsentwicklung während der Anwendung. Anhand des Verständnisses der physikalischen Mechanismen können die Studierenden das Design von Mikrosystemen bewerten, Ausfälle vermeiden und näher an die Leistungsgrenzen der Materialien bzw. der Systeme gehen. |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| Written exam (usually 90 to 180 minutes) |
| If the number of participants is small (< 20), an oral examination may be held instead. The students will be informed in good time. |
| Zu erbringende Studienleistung |
| none |

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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



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

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

| Inhalte |
|---|
| Introduction: Physical Mechanisms Basics: Stress and strain, anisotropy Basics: Mechanics of beams and membranes in examples Micro- and nanostructured materials in microsystems Characterization of mechanical properties of materials in microsystems: Residual stresses Elastic and plastic behavior Adhesive strength Physical principles and stresses in the application of functional materials in actuators and sensors Translated with www.DeepL.com/Translator (free version) |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| see module details |
| Zu erbringende Studienleistung |
| none |
| Literatur |
| <ul style="list-style-type: none"> ■ M. Ohring: „The Materials Science of Thin Films“, Academic Press, 1992 ■ L.B. Freund and S. Suresh: „Thin Film Materials“ ■ T.H. Courtney: „Mechanical Behaviour of Materials“, Mc-Graw-Hill, 1990 ■ M. Madou: Fundamentals of Microfabrication“, CRC Press 1997 |

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

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung

none

↑

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

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

| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
|---|
| keine |

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

| Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung |
|---|
| The module gives an overview of all state of the art measurement and analysis methods for thin films and nanoscopic structures. Special emphasis will be placed on the prospects and drawbacks of each method as well as on typical limits and potential measurement artifacts. Educational objective is to enable students to find a suitable and appropriate method to measure or detect a certain material property of interest. |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| Klausur (i.d.R. 90 bis 180 Minuten) Wenn die Teilnehmerzahl gering ist, kann stattdessen eine mündliche Prüfung durchgeführt werden. Die Studierenden werden rechtzeitig informiert. |
| Zu erbringende Studienleistung |
| keine |

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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



| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|---|-----------------------|
| Methoden der Materialanalyse / Methods of Material Analysis | 11LE50MO-5126 PO 2021 |
| Veranstaltung | |
| 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) | Wahlpflicht |
| Lehrsprachen | deutsch, englisch |

| |
|--|
| Inhalte |
| The treated measurement and analysis techniques include optical, electrical, chemical and structural methods which detect and probe material properties like morphology/shape, film thickness, crystallinity, chemical composition, trace impurities, bonding configurations, bandgap, etc. Namely methods like AFM, SEM / TEM, APT, SIMS, XPS, SE, PL, FTIR, Raman, XRD, C-V / I-V, RBS and many more will be dealt with. |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| siehe Modulebene |
| Zu erbringende Studienleistung |
| keine |
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| none |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| 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 |
| Semesterwochenstunden (SWS) | 2,0 |
| Mögliche Fachsemester | 3 |
| Moduldauer | 1 Semester |
| Pflicht/Wahlpflicht (P/WP) | Wahlpflicht |
| Angebotsfrequenz | nur im Wintersemester |

| |
|---|
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| keine |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| keine |

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

| Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung |
|--|
| <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">■ M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Materials and Fabrication■ M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Materialien und Herstellungsprozesse■ M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area: Materials and Fabrication |

↑

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

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

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



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

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

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

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

| |
|---|
| Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung |
| Deep knowledge based on up-to-date research in nanomaterials: understanding of size effects including quantum effects on physical and chemical properties, concepts of nanodiagnostics, introduction into high resolution methods for materials characterization, understanding liquid methods of preparation of nanoparticles, basic guiding principles for nanomaterial growth (Ostwald ripening, thermo-dynamic principles) and surface functionalization, application and deeper knowledge of nanoparticles in bio- and medical systems, discussion of nano-biomarker systems for medical treatment, extended discussion about nanotoxicity, nano-wire preparations and applications, some basics for nanofluidic systems |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| Prüfungsgespräch / oral examination (idR 30-45 Minuten/usually 30-45 minutes) |

Zu erbringende Studienleistung

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

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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



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

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

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

↑

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

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

| |
|--|
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| none |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| Understanding of basics in material science (Werkstofftechnologie), and the basics in semiconductor physics (like band gap, crystal structure, devices) as well as clean room techniques are of advantage. |

| Zugehörige Veranstaltungen | | | | | |
|--|-----------|-------------|------|-----|----------------|
| Name | Art | P/WP | ECTS | SWS | Arbeitsaufwand |
| Nanotechnologie / Nanotechnology - Vorlesung | Vorlesung | Wahlpflicht | 3,0 | 2,0 | 90 hours |

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

| |
|---|
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| oral examination of 30 min / mündliche Prüfung (30 min) |
| Zu erbringende Studienleistung |
| keine |
| Verwendbarkeit des Moduls |
| Compulsory elective module for students of the study program <ul style="list-style-type: none">■ 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 |
|---|-----------------------|
| Nanotechnologie / Nanotechnology | 11LE50MO-5106 PO 2021 |
| Veranstaltung | |
| Nanotechnologie / Nanotechnology - Vorlesung | |
| Veranstaltungsart | Nummer |
| Vorlesung | 11LE50V-5106 |
| 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 | in jedem Semester |
| Pflicht/Wahlpflicht (P/WP) | Wahlpflicht |
| Lehrsprachen | deutsch, englisch |

| |
|--|
| Inhalte |
| The lecture will concentrate on physical methods preparing nanomaterials, nanofilms and devices. Hence, vacuum based methodes like PECVD, MOCVD, ALD, Epitaxy will be discussed with respective advantages and disadvantages for nano-device fabrications. The lecture will also give an overview about quantum structures based on III-V semiconductors, the todays status of optoelectronic LED and laser devices. Silicon based quantum dots will be presented and used as the example to understand quantum confined properties and nanodoping. We will also look into 2D nanomaterials (Nanotubes, Nanowires) and their properties. Photonics crystals will be presented as example of sub-micrometer structure with interesting properties for guiding the light. Methods for nano-lithographic structuring will be discussed in relation of mass fabrication. Nano-device properties will be pesented on selected examples from research and literature. |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| siehe Modulebene |
| Zu erbringende Studienleistung |
| none |
| Literatur |
| Will be given in the respective lectures. |
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| none |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| Understanding of basics in material science (Werkstofftechnologie), and the basics in semiconductor physics (like band gap, crystal structure, devices) as well as clean room techniques are of advantage. |

Lehrmethoden

Language of instruction: in the winter semester in English, in the summer semester in German.

The lecture presents basic understanding of the principles for nanomaterial and nano-device preparations based on clean room technologies (physical methods) and high resolution characterisation and is of lecture type. pdf- files of the lectures are provided.

Bemerkung / Empfehlung

Language of instruction: WS English, SS German

↑

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

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

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

| Zugehörige Veranstaltungen | | | | | |
|--------------------------------------|-----------|-------------|------|-----|----------------|
| Name | Art | P/WP | ECTS | SWS | Arbeitsaufwand |
| Nano - Praktikum / Nano - Laboratory | Praktikum | Wahlpflicht | 3,0 | 2,0 | 90 Stunden |

| |
|--|
| Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung |
| Learning and hands-on experiments using the equipment available in the Nanotechnology group for growth, structural, optical and electronic investigations. Examples will be: |
| <ul style="list-style-type: none"> • the deposition (PECVD) of size controlled Si nanocrystals, investigation of optical properties by photoluminescence, evaluation of quantum confinement by optical properties, • deposition of ultra thin films (ZnO) by atomic layer deposition, analyzing the properties by four point probe methods, photoluminescence and SEM • growth of metal oxide nanowires and detailed investigation by photoluminescence and SEM |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| mündliche Präsentation |
| Zu erbringende Studienleistung |
| keine |

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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



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

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

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

↑

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

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

| |
|---|
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| keine |

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

| |
|---|
| Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung |
| XPS, TEM, FTIR, UPS, SEM, AFM, SPR, GIR, ATR, STM?? Got it? The performance of microsystems is often dominated by the nature of the surfaces involved. This course honours the great importance of surfaces and interfaces in microsystems engineering by introducing the most common techniques for surface analysis. Examples will be presented which are typical to various fields of microsystems engineering. |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| Schriftliche Abschlussprüfung (Klausur) mit einer Dauer von 90 Minuten/written examination with a duration of 90 minutes |
| Zu erbringende Studienleistung |
| keine |

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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



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

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

| |
|---|
| Inhalte |
| The techniques presented are grouped into three general topics which are imaging of surfaces (electron microscopy, scanning probe techniques), chemical analysis (XPS, SIMS, FTIR) of the composition of surfaces and methods for the determination of thicknesses (Ellipsometry, XRR, Surface Plasmon Spectroscopy) of layers. General topics from the surface sciences such as adhesion, wetting, and adsorption processes are also presented together with the techniques. |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| siehe Modulebene/see module details |
| Zu erbringende Studienleistung |
| keine/none |
| Literatur |
| Various materials are available on the website. |
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| 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 |
| Semesterwochenstunden (SWS) | 2,0 |
| Mögliche Fachsemester | 2 |
| Moduldauer | 1 Semester |
| Pflicht/Wahlpflicht (P/WP) | Wahlpflicht |
| Angebotsfrequenz | nur im Sommersemester |

| |
|---|
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| none |

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

| Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung |
|---|
| Bei Mikrosystemen, speziell bei solchen für die Mikrofluidik, können aufgrund des geringen Volumens Oberflächeneffekte nicht mehr vernachlässigt werden. In vielen Fällen dominieren die Eigenschaften der Oberfläche gar das Verhalten des Gesamtsystems. Ähnliches lässt sich für Bauteile sagen, die z.B. als Sensor mit biologischen Flüssigkeiten in Kontakt gebracht werden. Deshalb kommt der Oberflächenanalytik bei vielen in der Mikrosystemtechnik relevanten Fragestellungen eine zentrale Bedeutung zu. Im Praktikum sollen ausgewählte oberflächenanalytische Techniken vorgestellt und deren jeweilige Stärken und Limitierungen anhand von Beispielen aufgezeigt werden. Als Beispiele werden Fragestellungen gewählt, wie sie in den "Life Sciences" häufig auftreten. |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| For each experiment, students need to hand in a protocol which will be graded. The final grade is calculated according to the weighed arithmetic mean from the individual protocol grades. |
| Zu erbringende Studienleistung |
| none |

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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



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

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

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

| |
|------------------------|
| Bemerkung / Empfehlung |
|------------------------|

| |
|---------------------------|
| Findet am Lehrstuhl statt |
|---------------------------|

↑

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

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

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

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

| Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung |
|--|
| Die Studierenden lernen, welche Optimierungsprobleme es gibt und wie sie gelöst werden können. Sie sollen die Schwierigkeit von Optimierungsproblemen analysieren und einschätzen lernen und in die Lage versetzt werden, die besprochenen Optimierungsverfahren in Anwendungsfällen einzusetzen. |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| Klausur (Dauer idR 90-180 Minuten) |
| Zu erbringende Studienleistung |
| Es gibt Übungsaufgaben im regelmäßigen Rhythmus, die bearbeitet und abgegeben werden müssen. Diese werden korrigiert und mit Punkten bewertet. Die Studienleistung ist bestanden, wenn mindestens 50% der Gesamtpunkte im Semester erreicht sind. |
| Verwendbarkeit des Moduls |
| <p>As compulsory elective for students of the study program</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ M.Sc. Embedded Systems Engineering (ESE) (PO 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 ■ Master of Education Erweiterungsfach Informatik ■ polyvalenter 2-Hauptfächer-Bachelor Informatik (Optionsbereich Individuelle Studiengestaltung) ■ Bachelor of Science in Mikrosystemtechnik (PO 2018), im Wahlpflichtbereich, Bereich Mikrosystemtechnik <p>Compulsory course for students of the study program</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ B.Sc. in Embedded Systems Engineering (PO 2018) ■ B.Sc. in Informatik (PO 2018) |

↑

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

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

| |
|---|
| Inhalte |
| <p>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.</p> |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| Siehe Modulebene |
| Zu erbringende Studienleistung |
| Siehe Modulebene |
| Literatur |
| Nocedal-Wright: Numerical Optimization (Englisch) |
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| keine |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| Grundlagenkenntnisse in Mathematik Grundlegende Kenntnisse zu Programmierung und Algorithmen Praktische Programmierkenntnisse in Python |

↑

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

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

| |
|---|
| Inhalte |
| In den Übungen werden einzelne Verfahren eigenständig in der Sprache Python implementiert, andere Verfahren werden anhand vorhandener Bibliotheken (z.B. SciPy) ausprobiert um praktische Erfahrungen in der Anwendung dieser Verfahren zu sammeln. Für einige der Übungen sind theoretische Vorleistungen zu erbringen, um das Verfahren umsetzen zu können. Das Überprüfen fremder Lösungen ist ebenfalls Teil der Übungen. |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| Siehe Modulebene |
| Zu erbringende Studienleistung |
| Siehe Modulebene |
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| keine |

↑

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

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

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

| Zugehörige Veranstaltungen | | | | | |
|--|-----------|-------------|------|-----|----------------|
| Name | Art | P/WP | ECTS | SWS | Arbeitsaufwand |
| Optimierung von Fertigungsverfahren / Advanced engineering - Vorlesung | Vorlesung | Wahlpflicht | 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 <ul style="list-style-type: none">■ 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 |
| Veranstaltung | |
| Optimierung von Fertigungsverfahren / Advanced engineering - Vorlesung | |
| Veranstaltungsart | Nummer |
| Vorlesung | 11LE50V-5607 |
| 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) | Wahlpflicht |
| Lehrsprache | deutsch |

| |
|---|
| Inhalte |
| <ul style="list-style-type: none"> ■ Statistische Versuchsplanung ■ Toleranzen und Toleranzketten ■ FMEA ■ Prozess und Maschinenfähigkeit ■ Six Sigma ■ Kaizen_PDCA ■ One Piece Flow |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| siehe Modulebene |
| Zu erbringende Studienleistung |
| keine |
| Literatur |
| <ul style="list-style-type: none"> ■ George E. P. Box, Statistics for Experimenters: An Introduction to Design, Data Analysis, and Model Building (Wiley Series in Probability and Statistics) ■ Manufacturing Processes & Materials Hardcover – July, 2000 by George F. Schrader ■ Effective FMEAs: Achieving Safe, Reliable, and Economical Products and Processes using Failure Mode and Effects Analysis Hardcover – May 15, 2012 by Carl Carlson ■ The Practical Application of the Process Capability Study: Evolving From Product Control to Process Control [Kindle Edition] Douglas B. Relyea ■ The Process Improvement Handbook: A Blueprint for Managing Change and Increasing Organizational Performance Hardcover – October 15, 2013 by Tristan Boutros |
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| 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 |
| Semesterwochenstunden (SWS) | 2,0 |
| Mögliche Fachsemester | 3 |
| Moduldauer | 1 Semester |
| Pflicht/Wahlpflicht (P/WP) | Wahlpflicht |
| Angebotsfrequenz | nur im Sommersemester |

| |
|---|
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| none |

| Zugehörige Veranstaltungen | | | | | |
|---|-----------|-------------|------|-----|----------------|
| Name | Art | P/WP | ECTS | SWS | Arbeitsaufwand |
| Polymer Processing and Microsystems Engineering - Vorlesung | Vorlesung | Wahlpflicht | 3,0 | 2,0 | 90 hours |

| |
|--|
| Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung |
| This course will teach students the various types of polymers in practical use today, the methods required for characterizing them, the processing techniques that are used to shape these polymers including polymer molding as well as 3D Printing. The lecture will cover fundamental aspects of polymer science and characterization as well as industrial process technology both for microsystems as well as scalable manufacturing. |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| Oral exam with a duration of 30 minutes |
| Zu erbringende Studienleistung |
| none |
| Zusammensetzung der Modulnote |
| <ul style="list-style-type: none"> Master of Science in Sustainable Systems Engineering, Academic regulations of 2016: The grade of the module is single-weighted according to the number of its ECTS-points in the calculation of the overall grade. |

Verwendbarkeit 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 |
| Veranstaltung | |
| Polymer Processing and Microsystems Engineering - Vorlesung | |
| Veranstaltungsart | Nummer |
| Vorlesung | 11LE50V-5124 |
| Veranstalter | |
| Institut für Mikrosystemtechnik Chemie und Physik von Grenzflächen Institut für Mikrosystemtechnik Werkstoffprozessertechnik Institut für Mikrosystemtechnik Prozesstechnologie | |

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

| |
|--|
| Inhalte |
| <p>Polymers are ubiquitous in the 21st century. As a material class, polymers have seen an astonishing gain in academic and industrial significance since their first introduction into the market more than 140 years ago. One of the most striking advantages of polymers is their ease of processing in which they outperform almost any other material known to humankind. This lecture introduces the fundamentals of polymer processing focusing on techniques such as injection molding, hot embossing, thermoforming and nanoimprinting. These techniques represent the most important reforming processes. We will also explore additive manufacturing and 3D Printing including stereo lithography, powder-based as well as inkjet printing and fused deposition modeling. The didactical concept underlying the lecture is built on a combination of material science and instrumentation development and thus represents a holistic view onto the broad field of technical polymer processing.</p> |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| see module details |
| Zu erbringende Studienleistung |
| none |
| Literatur |
| Various materials will be provided through the ILIAS online learning tool. |
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| |

↑

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

| |
|---|
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| none |

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

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

↑

| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|--|-----------------------|
| Polymere in der Membrantechnik / Polymers in Membrane Technology | 11LE50MO-5114 PO 2021 |
| Veranstaltung | |
| 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) | Wahlpflicht |
| Lehrsprache | englisch |

| |
|---|
| Inhalte |
| 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. |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| see module details |
| Zu erbringende Studienleistung |
| in the study program Sustainable Materials - Polymer Science: participation and ungraded report |
| Literatur |
| Various materials are available on the website Homepage: http://www.imtek.de/cpi |
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| none |

↑

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

| | |
|-----------------------------|-----------------------|
| ECTS-Punkte | 6,0 |
| Arbeitsaufwand | 180 Stunden |
| Präsenzstudium | 56 Stunden |
| Selbststudium | 124 Stunden |
| Semesterwochenstunden (SWS) | 4,0 |
| Mögliche Fachsemester | 2 |
| Moduldauer | 1 Semester |
| Pflicht/Wahlpflicht (P/WP) | Wahlpflicht |
| Angebotsfrequenz | nur im Sommersemester |

| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
|---|
| keine |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| Physik I + II / physics I + II Mathematik I + II / mathematics I + II Festkörperphysik / solid state physics Halbleiter / semiconductors Elektronik / electronics Differentialgleichungen / differential equations |

| Zugehörige Veranstaltungen | | | | | |
|---|-----------|-------------|------|-----|----------------|
| Name | Art | P/WP | ECTS | SWS | Arbeitsaufwand |
| Quantenmechanik für Ingenieur*innen / Quantum Mechanics for Engineers | Vorlesung | Wahlpflicht | 6,0 | 2,0 | 180 hours |
| Quantenmechanik für Ingenieur*innen / Quantum Mechanics for Engineers | Übung | Wahlpflicht | | 2,0 | |

| Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung |
|--|
| The goal is to introduce the students to the main effects of quantum mechanics relevant in technical micro and nano devices. Current semiconductor components in which quantum mechanics plays a role are dis- |

cussed. The course successively develops the basic mathematical methods required to solve problems in one, two, and three dimensions. The understanding is deepened by exercises.

Zu erbringende Prüfungsleistung

Oral examination if there are 20 or fewer than 20 registered participants; written examination if there are more than 20 registered participants (minimum 60 and maximum 240 minutes). Details will be announced by the examiner in due time.

Zu erbringende Studienleistung

The course work ("Studienleistung") consists of

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

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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



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

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

| |
|---|
| Inhalte |
| 1. Introduction: historical overview, probability amplitudes, uncertainty relation 2. Wave mechanics: Schrödinger equation, separation of variables, free particle, reflection at wall, potential step, transfer matrix method, wave packets 3. Tunneling: principle, semiconductor tunneling devices, potential barriers, WKB approximation, triangular potential well 4. Bound states, resonances, and band structure: potential well, tunneling between wells, infinite series of potential wells, 1D harmonic oscillator nanoparticles, impurity levels in semiconductors 5. Operators and state spaces, commensurate operators and quantum numbers, perturbation theory, energy matrix diagonalization 6. 3D problems, angular momentum, hydrogen atom and 3D harmonic oscillator |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| see module details |
| Zu erbringende Studienleistung |
| see module details |
| Literatur |
| A script will be handed out during the course. Material for further reading will be indicated therein. |
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| None |

Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung

Undergraduate knowledge in the field of physics, mathematics, solid state physics, semiconductors, electronics and differential equations.



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

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

| |
|--|
| Inhalte |
| The exercises will deepen the topics treated during the lecture. They will allow the students to rethink and rework the more theoretical aspects and apply them to realistic examples inspired from real devices or use them to expand the theoretical framework of the lecture. Solution approaches to the homework problems will be presented weekly by the participants and discussed and elaborated upon with the group of colleagues under the guidance of the professor. This discursive, participative approach allows to learn more than by being presented with up-front oral or written solutions. |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| see module details |
| Zu erbringende Studienleistung |
| see module details |
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| None |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| Undergraduate knowledge in the field of physics, mathematics, solid state physics, semiconductors, electronics and differential equations. |

↑

| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|---|-----------------------|
| Quantification of Resilience | 11LE50MO-4110 PO 2021 |
| Verantwortliche/r | |
| Prof. Dr. Stefan Hiermaier | |
| Veranstalter | |
| Inst. f. Nachh. Technische Systeme Nachhaltige Ingenieursysteme | |
| Fachbereich / Fakultät | |
| Technische Fakultät | |

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

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

| Zugehörige Veranstaltungen | | | | | |
|------------------------------|-----------|-------------|------|-----|----------------|
| Name | Art | P/WP | ECTS | SWS | Arbeitsaufwand |
| Quantification of Resilience | Vorlesung | Wahlpflicht | 3,0 | 2,0 | 90 h |

| Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung |
|--|
| Main learning objectives include: <ol style="list-style-type: none"> 1. Know main (emerging) application domains, e.g. digitalized production, transport, aerospace, AI safety, and renewable energy 2. Knowledge how to achieve acceptable overall safety (risk control), security, sustainability, and resilience of socio-technical (safety relevant and critical) systems through reliable functions 3. Knowledge and tailoring of definitions, types and effects of reliability functions 4. Relation of functional safety to related concepts for security and sustainability generation 5. Knowledge and tailoring of safety life cycle, development processes and process steps to plan, develop, verify and validate reliability or safety functions |

6. Knowledge, tailoring, process-driven application, quantification and evaluation, executive conclusions development, and litigable documentation of mainly quantitative system analysis methods
7. Know how to efficiently combine and tailor modern system analysis methods
8. Know failure types and how to avoid and control them with techniques and measures for hardware and software
9. Knowledge and application of assessment quantities for reliable functions, e.g. safety integrity level (on demand or continuous), hardware failure tolerance, diagnostic coverage, safe failure fraction, complexity level
10. Knowledge of reliability prediction methods and related standards
11. Applicable knowledge of related standardization landscape

Zu erbringende Prüfungsleistung

The *Prüfungsleistung* is a written supervised examination at the end of the semester covering the content of the lecture and its embedded exercises contributing 100% to the final grade, duration: 90 min.

Zu erbringende Studienleistung

Expected coursework (0% contribution to the final grade):
Presentation and critical review of a selected publication or of a chapter of the lecture manuscript (approx. 20 minutes including questions and answers).

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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



| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|---|-----------------------|
| Quantification of Resilience | 11LE50MO-4110 PO 2021 |
| Veranstaltung | |
| Quantification of Resilience | |
| 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) | Wahlpflicht |
| Lehrsprache | englisch |

| Inhalte |
|--|
| <p>Main contents comprise:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Context, basic definitions, objectives and options of resilience quantification: resilience management processes, resilience quantification and development processes 2. System (service) performance based resilience quantification 3. Method types for resilience quantification, resilience dimensions, and resilience method taxonomy 4. Qualitative and semi-quantitative resilience assessments: ontologies, process schemes, quantification and evaluation 5. Resilience dimensional order expansions and resulting quantification bounds 6. Application of classical system analysis approaches, e.g. deterministic inductive and deductive system analysis methods 7. Advanced system analysis methods, in particular time, system phase and system trajectory dependent methods such as TDFT, non-classical Markov models, Petri nets and stochastic processes 8. System graph-based and topological approaches: system definition, identification of disruption vector, response and recovery determination and response strategy optimization 9. Resilience quantification based on multiple event propagation through resilience analysis layers: heuristics vs. formalization, resilience transition matrix elements, related statistical-empirical, probabilistic, engineering and physical-simulative methods, forward and backward propagation methods 10. Input-output models, operability models: discrete and continuous 11. Coupled agent-supported engineering grid-model approaches for overall system modelling, simulation and resilience determination: operator, prosumer and consumer models; organizational, policy and framing models 12. Combination of resilience quantification approaches 13. Optimization problems in resilience engineering 14. For all resilience quantification approaches: model assumptions, application domains, application examples, typical input and output data, acceptance of modeling approach 15. Use of Machine Learning (ML) and artificial intelligence (AI) as support and stand-alone approaches for resilience quantification of systems |

| |
|---|
| 16. Standards, emerging standards and ongoing standardization efforts |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| See module |
| Zu erbringende Studienleistung |
| See module |
| Literatur |
| <p>Sample literature includes:</p> <ol style="list-style-type: none"> 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-Pandiyan, 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 Kleynner, 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. A Primer in Petri Net Design, Wolfgang Reisig, Springer, 1992 29. Ereignisdiskrete Systeme: Modellierung und Analyse dynamischer Systeme mit Automaten, Markovketten und Petrinetzen, Jan Lunze, De Gruyter, 2017 30. System Modeling and Control with Resource-Oriented Petri Nets, MengChu Zhou, Routledge, 2017 31. Formal Methods in Computer Science, Jiacun Wang, William Tepfenhart, Taylor & Francis, 2019 <p>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</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 |
|---|-----------------------|
| Solar Energy | 11LE68MO-8060 PO 2021 |
| Verantwortliche/r | |
| Prof. Dr. Stefan Glunz | |
| Veranstalter | |
| Institut für Nachhaltige Technische Systeme Inst. f. Nachh. Technische Systeme Photovoltaische Energiekonversion | |
| Fachbereich / Fakultät | |
| Technische Fakultät Institut für Nachhaltige Technische Systeme | |

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

| |
|---|
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| None |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| Basic understanding of physics |

| Zugehörige Veranstaltungen | | | | | |
|-------------------------------|-----------|---------|------|-----|----------------|
| Name | Art | P/WP | ECTS | SWS | Arbeitsaufwand |
| Solare Energie / Solar Energy | Vorlesung | Pflicht | 6,0 | 4,0 | 180 h |
| Solare Energie / Solar Energy | Übung | Pflicht | | 1,0 | |

| |
|---|
| Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung |
| Students will be able to understand the fundamentals and different technology variants of solar energy conversion such as photovoltaics and solar thermal. They will know the relevant physical background, technical characteristics, materials and designs used. The lecture will cover the component, product and system level. Furthermore, students will understand trends of further development as well as limitations and possibilities in application of solar energy. |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| Written supervised exam, duration: 120 min. |
| Zu erbringende Studienleistung |
| Regular attendance of the exercise workshops according to §13 (2) of the General Examination Regulations for the Master of Science and submission of exercise sheets. |

Verwendbarkeit des Moduls

Mandatory elective module for students of the study program

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

Compulsory elective module for students of the study program

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



| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|--|-----------------------|
| Solar Energy | 11LE68MO-8060 PO 2021 |
| Veranstaltung | |
| Solare Energie / Solar Energy | |
| Veranstaltungsart | Nummer |
| Vorlesung | 11LE68V-8060 |
| Veranstalter | |
| Inst. f. Nachh. Technische Systeme Photovoltaische Energiekonversion | |

| | |
|-----------------------------|-----------------------|
| ECTS-Punkte | 6,0 |
| Arbeitsaufwand | 180 h |
| Präsenzstudium | 60 h |
| Selbststudium | 120 h |
| Semesterwochenstunden (SWS) | 4,0 |
| Mögliche Fachsemester | |
| Angebotsfrequenz | nur im Wintersemester |
| Pflicht/Wahlpflicht (P/WP) | Pflicht |
| Lehrsprache | englisch |
| Geplante Gruppengröße | 50 |

| Inhalte |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ■ Solar Energy - Theoretical and Technical Energy Potential (black body radiation, Carnot cycle, maximum efficiencies, ...) ■ Solar Energy Technologies - Tapping the sun's energy (overview of conversion technologies, system boundaries, seasonal fluctuation, ...) ■ Photovoltaics - Physics of Solar Cells (introduction to semiconductors, Fermi levels, IV curves, conversion efficiency, quantum efficiency ...) ■ Photovoltaics - Technology Review (short introduction to the structure and technology of crystalline silicon solar cells) ■ Solar Thermal - Physics of Solar Collectors (basics of thermo dynamics, fluid dynamics, absorption, emission, power output and other performance criteria) ■ Solar Thermal - Technology Review (from low temperature applications up to power plants - examples) ■ Heat pumps - Thermodynamics, electrical and thermal driven heat pumps and chillers, main components (compressor, evaporator, condenser etc.), system configurations (layout, sources, storages, control strategies etc.) ■ Heat pumps: field tests and best case examples - Heat pumps and smart grid interaction, Heat pumps and PV, Heat pumps + solar thermal, storage integration) <p>The lecture will be accompanied by 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">■ Duffie-Beckman: Solar Engineering of Thermal Processes,■ V. Quaschnig: Understanding Renewable Energy,■ Peuser FA, Remmers K, et.al.: Solar thermal systems■ P. Würfel, Physik der Solarzelle, Spektrum - Akademischer Verlag 2000■ Goetzberger, B. Voß und J. Knobloch, Sonnenenergie: Photovoltaik, Teubner 1997■ M.A. Green, Solar Cells, University of New South Wales 1982■ K. Mertens, Photovoltaik, Hanser 2011■ J. Nelson, The physics of solar cells, Imperial College Press 2008 |
| Teilnahmevoraussetzung 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 |
| Veranstaltung | |
| 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) | Pflicht |
| Lehrsprache | englisch |

| |
|--|
| Inhalte |
| <ul style="list-style-type: none"> The lecture will be accompanied by a weekly exercise to deepen the understanding of the lecture's content and to discuss further details |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| See module |
| Zu erbringende Studienleistung |
| See module |
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| none |

↑

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

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

| |
|---|
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| none |

| Zugehörige Veranstaltungen | | | | | |
|---|-----------|-------------|------|-----|----------------|
| Name | Art | P/WP | ECTS | SWS | Arbeitsaufwand |
| Techniken zur Oberflächenmodifizierung / Surface coating Techniques | Vorlesung | Wahlpflicht | 3,0 | 2,0 | 90 Stunden |

| |
|---|
| Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung |
| This module describes all aspects of surface modification as often used in microsystems engineering. It tackles questions on the chemistry of the various approaches and discusses the advantages and shortcomings of a number of methods. Among the techniques presented are high energy surface oxidation techniques (chemical modification, flame treatment, corona discharge or plasma) as well as more elaborate approaches such as self-assembled monolayers. Special emphasis is given to the use of polymers for coatings. |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| Schriftliche Abschlussprüfung (Klausur) mit einer Dauer von 90 Minuten |
| Zu erbringende Studienleistung |
| keine |

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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



| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|---|-----------------------|
| Techniken zur Oberflächenmodifizierung / Surface coating Techniques | 11LE50MO-5109 PO 2021 |
| Veranstaltung | |
| Techniken zur Oberflächenmodifizierung / Surface coating Techniques | |
| Veranstaltungsart | Nummer |
| Vorlesung | 11LE50V-5109 |
| 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 Wintersemester |
| Pflicht/Wahlpflicht (P/WP) | Wahlpflicht |
| Lehrsprache | englisch |

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

↑

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

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

| |
|---|
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| keine |

| Zugehörige Veranstaltungen | | | | | |
|--|-----------|-------------|------|-----|----------------|
| Name | Art | P/WP | ECTS | SWS | Arbeitsaufwand |
| Verbindungshalbleiter / Compound semiconductor devices | Vorlesung | Wahlpflicht | 3,0 | 2,0 | 90 Stunden |

| |
|---|
| Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung |
| Das Ziel der Vorlesung Verbindungshalbleiter ist es, ein bildhaftes Verständnis der physikalischen Zusammenhänge in Halbleitermaterialien zu fördern, das es den Studenten ermöglicht sich in unbekannte Materialien anhand deren Gitterstruktur und Elektronenkonfiguration schnell einzuarbeiten. Im Anschluss kennen die Prüflinge die Unterschiede von Verbindungshalbleitern und klassischen Halbleitermaterialien wie zum Beispiel Silizium und können diese miteinander vergleichen. Besondere Materialeigenschaften der Verbindungshalbleiter wie Pyroelektrizität und Piezoelektrizität wurden verstanden und deren Relevanz für Bauelemente ist nun bekannt. Zudem kennen Studenten nach Besuch der Vorlesung die Grundlagen verbindungshalbleiterbasierter Bauelemente wie High-Electron-Mobility-Transistoren (kurz HEMTs), Light Emitting Diodes (LEDs), Quantum Cascade Lasers (QCLs) und verschiedener Detektoren für Infrarot- und UV-Licht und können eingrenzen welche Verbindungshalbleiter für welche Anwendungen in Frage kommen und können dies auch begründen. |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| mündliche Abschlussprüfung (90 Minuten) |

Zu erbringende Studienleistung

keine

Verwendbarkeit des Moduls

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 |
| Veranstaltung | |
| Verbindungshalbleiter / Compound semiconductor devices | |
| Veranstaltungsart | Nummer |
| Vorlesung | 11LE50V-5111 |
| Veranstalter | |
| Institut für Mikrosystemtechnik Verbindungshalbleiter | |

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

| Inhalte |
|---|
| Spannende und neue physikalische Eigenschaften ergeben sich aus den immer kleiner werdenden Abmessungen von mechanischen, elektrischen und optischen Bauelementen aus Verbindungshalbleitern (GaN, GaAs, InP). In einer Einführung in die Welt der Verbindungshalbleiter-Mikrosysteme wird die Physik sowie die Technologie zur Herstellung von kleinsten Leuchtdioden und Lasern, mikromechanischen Filtern und Resonatoren sowie kleinsten Sensoren zur Analyse biologischer Prozesse vorgestellt. Neuartige Bauelemente aus Verbindungshalbleitern werden in ihrer Funktionsweise erläutert und ihre Relevanz für unser tägliches Leben dargestellt. |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| siehe Modulebene |
| Zu erbringende Studienleistung |
| keine |
| Literatur |
| Nanoelectronics and Information Technology Rainer Waser (Ed.) 2003 WILEY-VCH Verlag GmbH & Co ISBN 3-527-40363-9 |
| Nanophysik und Nanotechnologie Horst-Günter Rubahn 2002 Teubner GmbH ISBN 3-519-00331-7 |
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| 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 |
| Semesterwochenstunden (SWS) | 2,0 |
| Mögliche Fachsemester | 3 |
| Moduldauer | |
| Pflicht/Wahlpflicht (P/WP) | Wahlpflicht |
| Angebotsfrequenz | nur im Sommersemester |

| |
|---|
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| none |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| none |

| Zugehörige Veranstaltungen | | | | | |
|---|-----------|-------------|------|-----|----------------|
| Name | Art | P/WP | ECTS | SWS | Arbeitsaufwand |
| Von Mikrosystemen zur Nanowelt / From Microsystems to the Nanoworld - Vorlesung | Vorlesung | Wahlpflicht | 3,0 | 2,0 | 90 Stunden |

| |
|---|
| Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung |
| This module describes the issues encountered at the transition from the world of Microsystems to the nanoworld. 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 |
| Veranstaltung | |
| Von Mikrosystemen zur Nanowelt / From Microsystems to the Nanoworld - Vorlesung | |
| Veranstaltungsart | Nummer |
| Vorlesung | 11LE50V-5101 |
| Veranstalter | |
| Institut für Mikrosystemtechnik Chemie und Physik von Grenzflächen | |

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

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

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

| |
|---|
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| None |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| None |

| Zugehörige Veranstaltungen | | | | | |
|---|-----------|-------------|------|-----|----------------|
| Name | Art | P/WP | ECTS | SWS | Arbeitsaufwand |
| Werkstoffdynamik: Werkstoffcharakterisierung / Dynamics of Materials: Material Characterization | Vorlesung | Wahlpflicht | 6,0 | 2,0 | 180 h |
| Werkstoffdynamik: Werkstoffcharakterisierung / Dynamics of Materials: Material Characterization | Übung | Wahlpflicht | 6,0 | 2,0 | |

| |
|--|
| Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung |
| Aim of the course is the knowledge of experimental and numerical basics on the mechanical behaviour of materials under dynamic loading conditions. It enables the students in deriving strain-rate dependent stress-strain relations and in implementing the resulting constitutive models into numerical codes. General aim is the basic ability for experimental characterization and numerical modelling of dynamic material behaviour. |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| Written supervised exam, duration: 90 min. |

| |
|--|
| Zu erbringende Studienleistung |
| None |
| Verwendbarkeit des Moduls |
| <p>Mandatory elective module for students of the study program</p> <ul style="list-style-type: none">■ M.Sc. in Sustainable Systems Engineering (PO 2021) in the technical concentration area <i>Resilience Engineering</i> <p>Compulsory elective module for students of the study program</p> <ul style="list-style-type: none">■ 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 |
| Veranstaltung | |
| Werkstoffdynamik: Werkstoffcharakterisierung / Dynamics of Materials: Material Characterization | |
| 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) | Wahlpflicht |
| Lehrsprache | englisch |

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

| |
|---|
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| None |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| None |
| Lehrmethoden |
| Lecture + exercise |

↑

| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|---|-----------------------|
| Dynamics of Materials: Material Characterization | 11LE68MO-5118 PO 2021 |
| Veranstaltung | |
| 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) | Wahlpflicht |
| Lehrsprache | englisch |

| |
|--|
| Inhalte |
| 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-Hopkinon Bar Method. Students are expected to present solutions to exercises in front of the class. |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| See module |
| Zu erbringende Studienleistung |
| See module |
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| None |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| None |

↑

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

| |
|---|
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| None |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| Prerequisite to be able to follow this module is a thorough understanding of classical signal processing. Strongly recommended is the knowledge of one „programming“ language like Python (preferably), Matlab (or Octave) or even IDL (not supported). It is strongly recommended to complete the module "Neuroprosthetics" prior to taking this course. |

| Zugehörige Veranstaltungen | | | | | |
|--|-----------|-------------|------|-----|----------------|
| Name | Art | P/WP | ECTS | SWS | Arbeitsaufwand |
| Ausgewählte Problemstellungen in Biosignalverarbeitung / Selected Problems in Biosignal Processing - Vorlesung | Vorlesung | Wahlpflicht | 3,0 | 2,0 | 90 hours |
| Ausgewählte Problemstellungen in Biosignalverarbeitung / Selected Problems in Biosignal Processing - Übung | Übung | Pflicht | | 1,0 | |

| |
|---|
| Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung |
| Participants will learn to interpret and analyze biological signals of high bandwidth. They will <ul style="list-style-type: none"> ■ gain a deep knowledge of feature extraction methods, ■ utilize selected classification methods and ■ decision making methods. |

| |
|--|
| 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">■ M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Biomedical Engineering■ M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Biomedizinische Technik■ M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area: Biomedical Engineering |

↑

| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|--|-----------------------|
| Ausgewählte Problemstellungen in Biosignalverarbeitung / Selected Problems in Biosignal Processing | 11LE50MO-5303 PO 2021 |
| Veranstaltung | |
| Ausgewählte Problemstellungen in Biosignalverarbeitung / Selected Problems in Biosignal Processing - Vorlesung | |
| Veranstaltungsart | Nummer |
| Vorlesung | 11LE50V-5303 |

| | |
|-----------------------------|-----------------------|
| ECTS-Punkte | 3,0 |
| Arbeitsaufwand | 90 hours |
| Präsenzstudium | 45 hours |
| Selbststudium | 45 hours |
| Semesterwochenstunden (SWS) | 2,0 |
| Mögliche Fachsemester | |
| Angebotsfrequenz | nur im Wintersemester |
| Pflicht/Wahlpflicht (P/WP) | Wahlpflicht |
| Lehrsprache | englisch |

| Inhalte |
|--|
| <p>Selected sources of biosignals:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ ECG ■ EMG ■ EOG ■ EEG ■ LFP ■ Multi- and Single Unit Neuronal Records <p>Selected feature extraction methods:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Nyquist Sampling and standard conditioning ■ (adaptive) Filtering ■ Fouriertransform and related methods: <ul style="list-style-type: none"> ■ Fourier Coefficients, ■ Short Term Fourier Transform ■ Gabor Functions ■ Discrete Cosinus Transform ■ Short Term Fourier Transform ■ Coarse Graining Signal Analysis ■ Bispectrum and Bi-Coherence ■ Empirical Mode Decomposition (Hilbert-Huang Transformation) ■ Undecimated Wavelet Transform and Polyphase Matrices ■ The Teager Operator ■ Compressed Sensing ■ Kernel Methods and Spike Detections <p>Selected Classification and Decision Methods</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Principal Components ■ Independent Component Analysis ■ LDA, QDA, RFD |

| |
|---|
| <ul style="list-style-type: none">■ Gaussian Mixture Models■ SVM, soft margin SVM■ Hidden Markov Modells■ Maximum Relevance Minimum Redundancy■ Ensemble Methods■ Bagging |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| see module details |
| Zu erbringende Studienleistung |
| None |
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| None |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| Prerequisite to be able to follow this module is a thorough understanding of classical signal processing. Strongly recommended is the knowledge of one „programming“ language like Python (preferably), Matlab (or Octave) or even IDL (not supported). It is strongly recommended to complete the module "Neuroprosthetics" prior to taking this course. |

↑

| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|--|-----------------------|
| Ausgewählte Problemstellungen in Biosignalverarbeitung / Selected Problems in Biosignal Processing | 11LE50MO-5303 PO 2021 |
| Veranstaltung | |
| Ausgewählte Problemstellungen in Biosignalverarbeitung / Selected Problems in Biosignal Processing - Übung | |
| Veranstaltungsart | Nummer |
| Übung | 11LE50Ü-5303 |

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

| |
|--|
| Inhalte |
| |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| See lecture |
| Zu erbringende Studienleistung |
| None |
| Literatur |
| tba |
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| none |

↑

| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|--|-------------------------|
| 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 |
| Semesterwochenstunden (SWS) | 2,0 |
| Mögliche Fachsemester | 3 |
| Moduldauer | 1 Semester |
| Pflicht/Wahlpflicht (P/WP) | Wahlpflicht |
| Angebotsfrequenz | nur im Wintersemester |

| |
|---|
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| None |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| None |

| Zugehörige Veranstaltungen | | | | | |
|--|-----------|-------------|------|-----|----------------|
| Name | Art | P/WP | ECTS | SWS | Arbeitsaufwand |
| Biointerfaces I - Basics for Bioanalytical Systems | Vorlesung | Wahlpflicht | 3,0 | 2,0 | 90 hours |

| |
|---|
| Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung |
| The learning objective is the understanding of the basic methods for the analysis of biomolecules and their technical requirements. The participant will acquire an understanding of methods of DNA analysis (e.g. PCR) and protein analysis (e.g. ELISA) and will be able to plan such analyses (equipment / execution). |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| Written exam (90 minutes) |
| Zu erbringende Studienleistung |
| none |

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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



| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|--|-------------------------|
| Biointerfaces I - Basics for Bioanalytical Systems | 11LE50MO-5406_1 PO 2021 |
| Veranstaltung | |
| Biointerfaces I - Basics for Bioanalytical Systems | |
| Veranstaltungsart | Nummer |
| Vorlesung | 11LE50V-5406_1 |
| Veranstalter | |
| Institut für Mikrosystemtechnik Chemie und Physik von Grenzflächen | |

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

| |
|--|
| Inhalte |
| <ul style="list-style-type: none"> ■ DNA analytics (enzymes / methods / devices) ■ Various PCR methods ■ DNA Fingerprinting ■ Protein analysis (enzymes / methods / devices) ■ Antibody based detection systems (ELISA) |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| see module details |
| Zu erbringende Studienleistung |
| None |
| Literatur |
| Materials are provided via the ILIAS system. An ILIAS page will be created and made available to students before the start of lectures. |
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| None |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| None |

↑

| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|--|-------------------------|
| 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 |
| Semesterwochenstunden (SWS) | 2,0 |
| Mögliche Fachsemester | 2 |
| Moduldauer | 1 Semester |
| Pflicht/Wahlpflicht (P/WP) | Wahlpflicht |
| Angebotsfrequenz | nur im Sommersemester |

| |
|---|
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| None |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| None |

| Zugehörige Veranstaltungen | | | | | |
|---|-----------|-------------|------|-----|----------------|
| Name | Art | P/WP | ECTS | SWS | Arbeitsaufwand |
| Biointerfaces II - Interfaces for Bioanalytical Systems | Vorlesung | Wahlpflicht | 3,0 | 2,0 | 90 hours |

| |
|---|
| Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung |
| Biochip technologies play an important role in the miniaturization and parallelization of bioanalytical techniques. They combine microbiological methods with microsystems technology. Students will understand the requirements for integrating modern bioanalytical methods into microsystems. Emphasis will be placed on the design of bioanalytical surfaces and surface architectures, and students will learn how such concepts can be applied to chip-based detection methods. |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| Written examination (90 minutes) |
| Zu erbringende Studienleistung |
| none |

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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



| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|--|-------------------------|
| Biointerfaces II - Interfaces for Bioanalytical Systems | 11LE50MO-5407_1 PO 2021 |
| Veranstaltung | |
| 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) | Wahlpflicht |

| |
|--|
| Inhalte |
| <ul style="list-style-type: none"> ■ Interaction of surfaces with biological environments ■ Design criteria for bioanalytical surfaces and interfaces ■ Methods and techniques of biochip fabrication ■ Biochips for the analysis of nucleic acids ■ Protein biochips ■ Complex biochip techniques |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| see module details |
| Zu erbringende Studienleistung |
| None |
| Literatur |
| Materials are provided via the ILIAS system. An ILIAS page will be created and made available to students before the start of lectures. |
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| None |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| None |

↑

| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|--|----------------------|
| Biologie für Ingenieure | 11LE50MO-780 PO 2021 |
| Verantwortliche/r | |
| Prof. Dr. Ulrich Egert | |
| Veranstalter | |
| Institut für Mikrosystemtechnik Biomikrotechnik | |
| Fachbereich / Fakultät | |
| Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik | |

| | |
|-----------------------------|-----------------------|
| ECTS-Punkte | 3,0 |
| Arbeitsaufwand | 90 Stunden |
| Semesterwochenstunden (SWS) | 2,0 |
| Mögliche Fachsemester | 5 |
| Moduldauer | 1 Semester |
| Pflicht/Wahlpflicht (P/WP) | Wahlpflicht |
| Angebotsfrequenz | nur im Wintersemester |

| |
|---|
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| keine |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| keine |

| Zugehörige Veranstaltungen | | | | | |
|----------------------------|-----------|-------------|------|-----|----------------|
| Name | Art | P/WP | ECTS | SWS | Arbeitsaufwand |
| Biologie für Ingenieure | Vorlesung | Wahlpflicht | 3,0 | 2,0 | 90 Stunden |

| |
|--|
| Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung |
| Das Ziel dieses Moduls ist es, das Verständnis für grundlegende biomedizinische Konzepte, Prozesse und Strukturen, die definieren, oder Einfluss auf die Funktion der technischen Komponenten für biomedizinische Anwendungen zu vermitteln. |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| Klausur (90 Min.) |
| Zu erbringende Studienleistung |
| keine |

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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



| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|--|----------------------|
| Biologie für Ingenieure | 11LE50MO-780 PO 2021 |
| Veranstaltung | |
| Biologie für Ingenieure | |
| Veranstaltungsart | Nummer |
| Vorlesung | 11LE50V-780 |
| Veranstalter | |
| Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik Biomikrotechnik | |

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

| Inhalte |
|--|
| <p>Die Vorlesungsreihe vermittelt die Grundlagen der verschiedenen biologischen Prozesse und Strukturen mit dem Ziel, den Rahmen der Messung von Signalen und die Anwendung von Mikrosystemen in der Biologie und Medizin zu beschreiben. Wir legen Wert auf Prozesse, die</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 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. ■ Einfluss auf die Nutzbarkeit von MST componentes, beispielsweise Sensoren oder Implantaten, wie zB durch Korrosion, Gewebereaktionen, Verkapselung, Veränderungen der Messbedingungen usw. ■ typische Anwendungsbereiche der MST-Komponenten sind, beispielsweise relevant implantierbare Sensoren, Prothesen, Neurotechnologie, usw. <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"> ■ grundlegende Konzepte zugrunde liegenden biologischen Geweben und ihre Funktionen ■ Zellstruktur und Wachstum, den Stoffwechsel, die Zelldifferenzierung und specilization ■ Grundlagen der Genetik ■ Funktionssysteme des menschlichen Körpers ■ Biophysik elektrischer Potentiale ■ Neuronale Netze und deren Signale ■ sensorische Systeme ■ Fundamente von Lernen und Gedächtnis ■ Energiestoffwechsels und der Ausscheidung ■ Atmung |

| |
|---|
| ■ Herz-Kreislauf-System |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| siehe Modulebene |
| Zu erbringende Studienleistung |
| keine |
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| keine |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| keine |

↑

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

| | |
|-----------------------------|-----------------------|
| ECTS-Punkte | 6,0 |
| Arbeitsaufwand | 180 hours |
| Semesterwochenstunden (SWS) | 4,0 |
| Mögliche Fachsemester | 2 |
| Moduldauer | |
| 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 | Wahlpflicht | 6,0 | 2,0 | 180 hours |
| Biomedical Microsystems | Übung | Wahlpflicht | | 2,0 | |

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

Zu erbringende Studienleistung

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

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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

↑

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

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

| 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"> ■ Introduction to Biomedical Microdevices ■ Medical Devices: Legal Framework and Classification ■ Glaucoma Monitoring Implant ■ Neural Implants to Restore Vision ■ Neural Implants to Record from the Brain ■ Sensors in Cardiac Pacemakers ■ Imaging Pills ■ Spectroscopic Billirubin Measurement ■ Trends for Intelligent Endoprotheses ■ Stability and Functionality Implantable MEMS ■ Packaging and Housing Concepts ■ Data and Energy Transmission in (Micro-)Implants <p>Finally, the content of the course and the learning targets will be summarized together with the students to facilitate the preparation of the examination.</p> |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| see module details |
| Zu erbringende Studienleistung |
| see module details |

| |
|--|
| Literatur |
| Actual copies of the slides will be delivered accompanying to the lectures. Literature: ■ G. A. Urban (ed.) BioMEMS. Dordrecht: Springer 2006. |
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| none |

↑

| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|--|-----------------------|
| Biomedical Microsystems | 11LE50MO-7900 PO 2021 |
| Veranstaltung | |
| 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) | Wahlpflicht |
| Lehrsprache | englisch |

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

↑

| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|--|-----------------------|
| Biomedizinische Messtechnik I / Biomedical Instrumentation I | 11LE50MO-5301 PO 2021 |
| Verantwortliche/r | |
| Prof. Dr.-Ing. Thomas Stieglitz | |
| Veranstalter | |
| Institut für Mikrosystemtechnik Biomedizinische Mikrotechnik | |
| Fachbereich / Fakultät | |
| Institut für Mikrosystemtechnik | |

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

| |
|---|
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| None |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| None |

| Zugehörige Veranstaltungen | | | | | |
|--|-----------|-------------|------|-----|----------------|
| Name | Art | P/WP | ECTS | SWS | Arbeitsaufwand |
| Biomedizinische Messtechnik I / Biomedical Instrumentation I - Vorlesung | Vorlesung | Wahlpflicht | 3,0 | 2,0 | 90 hours |
| Biomedizinische Messtechnik I / Biomedical Instrumentation I - Übung | Übung | Wahlpflicht | | 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 <ul style="list-style-type: none">■ 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 |
| Veranstaltung | |
| 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) | Wahlpflicht |
| Lehrsprache | englisch |

| 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"> ■ Origin of bioelectrical signals ■ Electrochemistry of electrodes ■ Acute and chronic applications of electrodes ■ Recording and amplification of bioelectrical signals ■ Interference and artefacts ■ Bioelectrical signals of peripheral nerves and the muscle ■ Electrical signals of the heart (ECG) ■ Cardiac pacemakers and implantable defibrillators ■ Technical safety of medical devices <p>Finally, the content of the course and the learning targets will be summarized together with the students to facilitate the preparation of the examination.</p> |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| see module details |
| Zu erbringende Studienleistung |
| see module details |
| Literatur |
| <p>Actual copies of the slides will be delivered accompanying to the lectures. Literature: German</p> |

1. Schmidt, Robert F., Lang, Florian, Thews, Gerhard (Hrsg.): Physiologie des Menschen, 29. Auflage. Heidelberg: Springer Medizin Verlag, 2005

English

1. Bronzino, Joseph D. (Hrsg.): The Biomedical Engineering Handbook, Volume 1 (and 2), Second Edition. Boca Raton: CRC Press 2000 / Heidelberg: Springer-Verlag, 2000
2. Enderle, John, Blanchard, Susan, Bronzino, Joseph (Hrsg.): Introduction to Biomedical Engineering, Second Edition. Burlington, San Diego, London, Elsevier, 2005

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung

None

Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung

None

↑

| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|--|-----------------------|
| Biomedizinische Messtechnik I / Biomedical Instrumentation I | 11LE50MO-5301 PO 2021 |
| Veranstaltung | |
| Biomedizinische Messtechnik I / Biomedical Instrumentation I - Übung | |
| Veranstaltungsart | Nummer |
| Übung | 11LE50Ü-5301 |
| Veranstalter | |
| Institut für Mikrosystemtechnik Biomedizinische Mikrotechnik | |

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

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

↑

| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|--|-----------------------|
| Biomedizinische Messtechnik II / Biomedical Instrumentation II | 11LE50MO-5302 PO 2021 |
| Verantwortliche/r | |
| Prof. Dr.-Ing. Thomas Stieglitz | |
| Veranstalter | |
| Institut für Mikrosystemtechnik Biomedizinische Mikrotechnik | |
| Fachbereich / Fakultät | |
| Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik | |

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

| |
|---|
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| None |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| None |

| Zugehörige Veranstaltungen | | | | | |
|--|-----------|---------|------|-----|----------------|
| Name | Art | P/WP | ECTS | SWS | Arbeitsaufwand |
| Biomedizinische Messtechnik II / Biomedical Instrumentation II - Vorlesung | Vorlesung | Pflicht | 3,0 | 2,0 | 90 hours |
| Biomedizinische Messtechnik II / Biomedical Instrumentation II - Übung | Übung | Pflicht | | 1,0 | |

| Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung |
|--|
| <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 <ul style="list-style-type: none">■ 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 |
| Veranstaltung | |
| 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) | Wahlpflicht |
| Lehrsprache | englisch |

| 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"> ■ Measurement of cardiovascular parameters: blood pressure, physiology, pressure, measurement according to Riva Rocci & oscillometric ■ Measurement of cardiovascular parameters: blood flow, electromagnetic measurement principle ■ Measurement of cardiovascular parameters: blood flow, ultrasound measurement principle ■ Imaging techniques: x-ray ■ Imaging techniques: systems theory of imaging systems, digital signal processing ■ Imaging techniques: computer tomography ■ Biological effect of ionizing radiation / dosimetry ■ Imaging techniques in nuclear medicinal diagnosis ■ Imaging techniques: ultrasound ■ Imaging techniques: thermography and impedance tomography ■ Imaging techniques: electrical sources, optical tomography, endoscopy ■ Imaging techniques: MR tomography ■ Imaging techniques: molecular imaging <p>Finally, the content of the course and the learning targets will be summarized together with the students to facilitate the preparation of the examination.</p> |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| see module details |
| Zu erbringende Studienleistung |
| see module details |

| |
|---|
| Literatur |
| Actual copies of the slides will be delivered accompanying to the lectures. Literature: German 1. Dössel, Olaf: Bildgebende Verfahren in der Medizin. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2000 2. Schmidt, Robert F., Lang, Florian, Thews, Gerhard (Hrsg.): Physiologie des Menschen, 29. Auflage. Heidelberg: Springer Medizin Verlag, 2005 English 1. Bronzino, Joseph D. (Hrsg.): The Biomedical Engineering Handbook, Volume 1 (and 2), Second Edition. Boca Raton: CRC Press 2000 / Heidelberg: Springer-Verlag, 2000 2. Enderle, John, Blanchard, Susan, Bronzino, Joseph (Hrsg.): Introduction to Biomedical Engineering, Second Edition. Burlington, San Diego, London, Elsevier, 2005 |
| Teilnahmevoraussetzung 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 |
| Veranstaltung | |
| Biomedizinische Messtechnik II / Biomedical Instrumentation II - Übung | |
| Veranstaltungsart | Nummer |
| Übung | 11LE50Ü-5302 |
| Veranstalter | |
| Institut für Mikrosystemtechnik Biomedizinische Mikrotechnik | |

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

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

↑

| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|---|-----------------------|
| Biomedizinische Messtechnik - Praktikum / Biomedical Instrumentation - Laboratory | 11LE50MO-5304 PO 2021 |
| Verantwortliche/r | |
| Prof. Dr.-Ing. Thomas Stieglitz | |
| Veranstalter | |
| Institut für Mikrosystemtechnik Biomedizinische Mikrotechnik | |
| Fachbereich / Fakultät | |
| Institut für Mikrosystemtechnik | |

| | |
|-----------------------------|-----------------------|
| ECTS-Punkte | 3,0 |
| Arbeitsaufwand | 90 hours |
| Semesterwochenstunden (SWS) | 4,0 |
| Mögliche Fachsemester | 3 |
| Moduldauer | 1 Semester |
| Pflicht/Wahlpflicht (P/WP) | Wahlpflicht |
| Angebotsfrequenz | nur im Wintersemester |

| |
|--|
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| Successful completion of "Biomedical Instrumentation I" is a prerequisite for attending this module. |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| Grundkenntnisse in Mathematik und Naturwissenschaften |

| Zugehörige Veranstaltungen | | | | | |
|---|-----------|-------------|------|-----|----------------|
| Name | Art | P/WP | ECTS | SWS | Arbeitsaufwand |
| Biomedizinische Messtechnik - Praktikum / Biomedical Instrumentation - Laboratory | Praktikum | Wahlpflicht | 3,0 | 4,0 | 90 hours |

| |
|--|
| Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung |
| The aim of the module is to perform the recording of bioelectrical signals by oneself, applying the theoretical knowledge of recording signals and suppressing disturbances and artifacts and supplementing it with practical skills. The module teaches microsystems engineering students how to handle surface electrodes, develop simple electronic circuits and the basics of digital signal processing of bioelectric signals, as well as how to use software to create automatic signal recording routines. |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| Written documentation |

Zu erbringende Studienleistung

The "Studienleistung" is considered passed if 50% of maximum points will be achieved in each of the four tests that are written with prior notice. For the lab sessions, attendance is mandatory. In case of illness an additional lab session is offered. It is also possible to ask for auxiliary dates and to have access to the chair's labs outside the lab sessions.

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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



| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|---|-----------------------|
| Biomedizinische Messtechnik - Praktikum / Biomedical Instrumentation - Laboratory | 11LE50MO-5304 PO 2021 |
| Veranstaltung | |
| Biomedizinische Messtechnik - Praktikum / Biomedical Instrumentation - Laboratory | |
| Veranstaltungsart | Nummer |
| Praktikum | 11LE50P-5304 |
| Veranstalter | |
| Institut für Mikrosystemtechnik Biomedizinische Mikrotechnik | |

| | |
|-----------------------------|-----------------------|
| ECTS-Punkte | 3,0 |
| Arbeitsaufwand | 90 hours |
| Präsenzstudium | 60 hours |
| Selbststudium | 30 hours |
| Semesterwochenstunden (SWS) | 4,0 |
| Mögliche Fachsemester | |
| Angebotsfrequenz | nur im Wintersemester |
| Pflicht/Wahlpflicht (P/WP) | Wahlpflicht |
| Lehrsprache | englisch |
| Geplante Gruppengröße | 15 |

| |
|---|
| Inhalte |
| The practical exercises are performed in small groups of maximum three persons. In the first part, diagnostic procedures (e.g. blood pressure measurement, electrocardiogram, determination of motor nerve conduction velocity, electro-myogram) are learned and characteristic quantities are extracted from the signals. In the second part, students independently design and develop an electronic amplifier circuit to record muscle signals and a user interface to graphically display the signals and control a screen pointer using the recorded muscle signals. This development of a simple human-computer interface is finally tested under real-time conditions. |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| see module details |
| Zu erbringende Studienleistung |
| see module details |
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| Successful completion of "Biomedical Instrumentation I" is a prerequisite for attending this module. |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| Basic knowledge in mathematics and sciences. |

↑

| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|--|-----------------------|
| BioMEMS | 11LE50MO-5403 PO 2021 |
| Verantwortliche/r | |
| Prof. Dr. Gerald Urban | |
| Veranstalter | |
| Institut für Mikrosystemtechnik Sensoren | |
| Fachbereich / Fakultät | |
| Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik | |

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

| |
|--|
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| none |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| Kenntnisse aus dem Modul "Sensors" oder "Sensorik/Aktorik" |

| Zugehörige Veranstaltungen | | | | | |
|----------------------------|-----------|-------------|------|-----|----------------|
| Name | Art | P/WP | ECTS | SWS | Arbeitsaufwand |
| BioMEMS - Vorlesung | Vorlesung | Wahlpflicht | 3,0 | 2,0 | 90 hours |

| |
|--|
| Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung |
| After this lecture, the students will overview the application of MEMS in biology and medicine. They will know the recent microfabrication technologies for biomedical applications as well as the basics of cell biology and biochemistry. The attendees of this lecture will think about the social impact of engineering. Most importantly, they will understand the connections between biology, medicine, and engineering. Finally, the students can apply this understanding to future topics in this field. |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| Written examination (90 minutes) |
| Zu erbringende Studienleistung |
| none |

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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



| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|--|-----------------------|
| BioMEMS | 11LE50MO-5403 PO 2021 |
| Veranstaltung | |
| BioMEMS - Vorlesung | |
| Veranstaltungsart | Nummer |
| Vorlesung | 11LE50V-5403 |
| Veranstalter | |
| Institut für Mikrosystemtechnik Sensoren | |

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

| |
|--|
| Inhalte |
| Content 1. Introduction 2. Biochemistry and cells 3. Cell culture monitoring 4. Organ-on-chip (OOC) systems 5. Cell mechanics 6. Single cell analysis 7. DNA, RNA and protein analytics on chip 8. Implantable devices, in vivo sensors 9. Wearables 10. Summary |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| see module details |
| Zu erbringende Studienleistung |
| none |
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| none |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| 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. Peter Kohl Dr. Viviane Timmermann | |
| Fachbereich / Fakultät | |
| Technische Fakultät | |

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

| |
|---|
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| none |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| Basic interest in biology and computational modeling Knowledge in Python (or equivalent) is beneficial |

| Zugehörige Veranstaltungen | | | | | |
|---|-----------|-------------|------|-----|----------------|
| Name | Art | P/WP | ECTS | SWS | Arbeitsaufwand |
| Biophysics of cardiac function and signals | Vorlesung | Wahlpflicht | 6,0 | 2,0 | 180 hours |
| Biophysics of cardiac function and signals - praktische Übung | Übung | Wahlpflicht | | 2,0 | |

| |
|---|
| Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung |
| The basic concept of this lecture is to examine a biological system, analyze it and define mathematical equations in order to describe the system. In this lecture, the heart is used as this system. The students learn the electrical and mechanical function of the heart and its modeling. Additionally, the bioelectrical signals that are generated in the human body are described and how these signals can be measured, interpreted and processed. The content is explained both on the biological level and based on mathematical modelling. Aligned to the lecture is the exercise in which students learn to implement and use these models, get a practical introduction to medical image processing and perform signal processing using python. |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| oral examination (30 minutes) |

Zu erbringende Studienleistung

Regelmäßige Teilnahme an der Lehrveranstaltung gemäß §13 (2) der Rahmenprüfungsordnung Master of Science/regular participation according to §13 (2) of the framework examination regulations M.Sc.

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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



| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|--|-----------------------|
| Biophysics of cardiac function and signals | 11LE50MO-5324 PO 2021 |
| Veranstaltung | |
| Biophysics of cardiac function and signals | |
| Veranstaltungsart | Nummer |
| Vorlesung | 11LE50V-5324 |

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

| |
|---|
| Inhalte |
| <ul style="list-style-type: none"> • Cell membrane and ion channels • Cellular electrophysiology • Conduction of action potentials • Cardiac contraction and electromechanical interactions • Optogenetics in cardiac cells • Image processing and numerical field calculation in the body • Measurement of bioelectrical signals • Electrocardiography • Imaging of bioelectrical sources (ECG imaging) • Biosignal processing |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| see module details |
| Zu erbringende Studienleistung |
| see module details |
| Literatur |
| Lecture slides (further literature is included in the slides) |
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| none |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| Knowledge in Python (or equivalent) is beneficial Basic interest in biology and computational modeling |

↑

| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|---|-----------------------|
| Biophysics of cardiac function and signals | 11LE50MO-5324 PO 2021 |
| Veranstaltung | |
| Biophysics of cardiac function and signals - praktische Übung | |
| Veranstaltungsart | Nummer |
| Übung | 11LE50prÜ-5324 |

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

| |
|--|
| Inhalte |
| |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| see module details |
| Zu erbringende Studienleistung |
| none |
| Literatur |
| Python implementation of <ul style="list-style-type: none"> • Hodgkin-Huxley model • Ion channel model adjustment to measurement data • Simulation of cardiac electrophysiology using openCARP • Image processing • ECG signal processing |
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| none |

↑

| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|--|-----------------------|
| Biotechnologie für Ingenieurinnen und Ingenieure I - Praktikum: Mikro- und Molekularbiologie | 11LE50MO-5373 PO 2021 |
| Verantwortliche/r | |
| Prof. Dr. Felix von Stetten | |
| Veranstalter | |
| Institut für Mikrosystemtechnik Anwendungsentwicklung | |
| Fachbereich / Fakultät | |
| Technische Fakultät | |

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

| |
|---|
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| keine none |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| Participation in the examination of "Biotechnology for Engineers I - Lecture" |

| Zugehörige Veranstaltungen | | | | | |
|--|-----------|-------------|------|-----|----------------|
| Name | Art | P/WP | ECTS | SWS | Arbeitsaufwand |
| Biotechnologie für Ingenieurinnen und Ingenieure I - Praktikum: Mikro- und Molekularbiologie | Praktikum | Wahlpflicht | 3,0 | 2,0 | |

| |
|---|
| Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung |
| Successful candidates are able to independently apply basic laboratory methods in the field of micro- and molecular biology, as well as to perform, report, and discuss their laboratory experiments. |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| <ul style="list-style-type: none"> ■ Protokoll/report on the lab excersises (50%) ■ mündlicher Vortrag / oral presentation with a duration of 30 minutes (50%) |

Zu erbringende Studienleistung

Durchführung von 10 Versuchen / carrying out of 10 experiments:

1. Presentation of Protocol
2. Pipetting
3. Buffer
4. Microbiological culture
5. Manual DNA-extraction
6. LabDisk DNA-extraction
7. Manual Real-time PCR
8. GeneSlice Real-time PCR
9. Gelelectrophoresis
10. Immunoassay

Verwendbarkeit des Moduls

As compulsory elective in

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

↑

| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|--|-----------------------|
| Biotechnologie für Ingenieurinnen und Ingenieure I - Praktikum: Mikro- und Molekularbiologie | 11LE50MO-5373 PO 2021 |
| Veranstaltung | |
| Biotechnologie für Ingenieurinnen und Ingenieure I - Praktikum: Mikro- und Molekularbiologie | |
| Veranstaltungsart | Nummer |
| Praktikum | 11LE50Pr-5373 PO 2021 |
| Veranstalter | |
| Institut für Mikrosystemtechnik Anwendungsentwicklung | |

| | |
|-----------------------------|-------------------|
| ECTS-Punkte | 3,0 |
| Semesterwochenstunden (SWS) | 2,0 |
| Mögliche Fachsemester | 2 |
| Angebotsfrequenz | unregelmäßig |
| Pflicht/Wahlpflicht (P/WP) | Wahlpflicht |
| Lehrsprachen | deutsch, englisch |

| |
|--|
| Inhalte |
| <ul style="list-style-type: none"> - Preparation of nutrient media - Bacterial culture - Determination of bacterial count - DNA extraction from bacteria - DNA quantitation by real-time PCR - Detection of bacteria by Immunoassay - Assay automation by lab-on-a-chip technology <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> |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| siehe Modulebene |
| Zu erbringende Studienleistung |
| siehe Modulebene |
| Literatur |
| Script "Lab course Biotechnology for Engineers I" - Felix von Stetten et al. (will be provided on ILIAS) |
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| none |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| Participation in the examination of "Biotechnology for Engineers I - Lecture" |

↑

| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|---|-----------------------|
| Biotechnologie für Ingenieurinnen und Ingenieure II - Vorlesung UND Exkursion:Bioprozesstechnik, Lebensmittelanalytik und in-vitro Diagnostik | 11LE50MO-5383 PO 2021 |
| Verantwortliche/r | |
| Prof. Dr. Felix von Stetten | |
| Veranstalter | |
| Institut für Mikrosystemtechnik Anwendungsentwicklung | |
| Fachbereich / Fakultät | |
| Technische Fakultät | |

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

| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
|---|
| keine |

| Zugehörige Veranstaltungen | | | | | |
|---|-----------|-------------|------|-----|----------------|
| Name | Art | P/WP | ECTS | SWS | Arbeitsaufwand |
| Biotechnologie für Ingenieurinnen und Ingenieure II - Vorlesung UND Exkursion:Bioprozesstechnik, Lebensmittelanalytik und in-vitro Diagnostik | Vorlesung | Wahlpflicht | 6,0 | 2,0 | 180 Stunden |
| Biotechnologie für Ingenieurinnen und Ingenieure II - Vorlesung UND Exkursion:Bioprozesstechnik, Lebensmittelanalytik und in-vitro Diagnostik | Exkursion | Wahlpflicht | | 2,0 | |

| Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung |
|---|
| <p>Lecture: Successful candidates know the basics of bioprocess engineering which are required for the production of pharmaceutical drugs and fermented foods. They have an understanding of the layout and function of bioreactors and understand important up- and down-stream processes. Furthermore, the students are familiar with important microbial foodborn and human pathogens and understand how these can be detected by micro- and molecular biological methods such as biochemical tests, PCR or Immunoassays. Students are able to assess in which areas of bioprocess engineering and in-vitro diagnostics the use of (Micro)system Technology enables future improvements.</p> <p>Excursion:</p> |

After the excursion, candidates have insight is into companies in the fields of pharma, in-vitro diagnostics, food-biotechnology and -analytics. They have gained first experience in discussing various biotechnological problems with industry experts on site.

Zu erbringende Prüfungsleistung

Prüfungsgespräch / oral examination (Dauer/duration 30 Minuten)

Zu erbringende Studienleistung

Regelmäßige Teilnahme an der Lehrveranstaltung gemäß §13 (2) der Rahmenprüfungsordnung Master of Science/regular participation according to §13 (2) of the M.Sc. framework examination regulations

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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

↑

| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|---|-----------------------|
| Biotechnologie für Ingenieurinnen und Ingenieure II - Vorlesung UND Exkursion:Bioprozesstechnik, Lebensmittelanalytik und in-vitro Diagnostik | 11LE50MO-5383 PO 2021 |
| Veranstaltung | |
| Biotechnologie für Ingenieurinnen und Ingenieure II - Vorlesung UND Exkursion:Bioprozesstechnik, Lebensmittelanalytik und in-vitro Diagnostik | |
| Veranstaltungsart | Nummer |
| Vorlesung | 11LE50V-5383 PO 2021 |
| Veranstalter | |
| Institut für Mikrosystemtechnik Anwendungsentwicklung | |

| | |
|-----------------------------|-----------------------|
| ECTS-Punkte | 6,0 |
| Arbeitsaufwand | 180 Stunden |
| Präsenzstudium | 30 Stunden |
| Selbststudium | 118 Stunden |
| Semesterwochenstunden (SWS) | 2,0 |
| Mögliche Fachsemester | 3 |
| Angebotsfrequenz | nur im Wintersemester |
| Pflicht/Wahlpflicht (P/WP) | Wahlpflicht |
| Lehrsprachen | deutsch, englisch |

| |
|--|
| Inhalte |
| Lecture: - Bioprocess engineering - Layout and function of bioreactors - Measurement technology for bioreactors - Up-stream processing - Fermentation - Down-stream processing - Food analysis and in-vitro diagnostics - Market analysis - Pathogenic microorganisms - Microbiological diagnostics - Immun- and nucleic acid diagnostics - Development of in-vitro diagnostic systems |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| siehe Modulebene |
| Zu erbringende Studienleistung |
| siehe Modulebene |
| Literatur |
| Supplementary English Literature: - Biotechnology for Beginners, Renneberg et al., Spektrum Akademischer Verlag |

| |
|---|
| - Pocket Guide to Biotechnology and Genetic Engineering, R.D.Schmid, Wiley-VCH |
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| keine |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| Excursion: Participation in the examination of the lecture "Biotechnology for engineers II" |

↑

| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|---|-----------------------|
| Biotechnologie für Ingenieurinnen und Ingenieure II - Vorlesung UND Exkursion:Bioprozesstechnik, Lebensmittelanalytik und in-vitro Diagnostik | 11LE50MO-5383 PO 2021 |
| Veranstaltung | |
| Biotechnologie für Ingenieurinnen und Ingenieure II - Vorlesung UND Exkursion:Bioprozesstechnik, Lebensmittelanalytik und in-vitro Diagnostik | |
| Veranstaltungsart | Nummer |
| Exkursion | 11LE50Ü-5383 PO 2021 |
| Veranstalter | |
| Institut für Mikrosystemtechnik Anwendungsentwicklung | |

| | |
|-----------------------------|-----------------------|
| ECTS-Punkte | |
| Selbststudium | 32 Stunden |
| Semesterwochenstunden (SWS) | 2,0 |
| Mögliche Fachsemester | |
| Angebotsfrequenz | nur im Wintersemester |
| Pflicht/Wahlpflicht (P/WP) | Wahlpflicht |
| Lehrsprachen | deutsch, englisch |

| |
|--|
| Inhalte |
| Excursions to - Pharmaceutical company - In-vitro diagnostics manufacturer - Medical laboratory - Food biotechnology company |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| siehe Modulebene |
| Zu erbringende Studienleistung |
| siehe Modulebene |
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| keine |

↑

| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|--|-----------------------|
| Biotechnologie für Ingenieurinnen und Ingenieure II - Vorlesung (ohne Exkursion):Bioprosesstechnik, Lebensmittelanalytik und in-vitro Diagnostik | 11LE50MO-5382 PO 2021 |
| Verantwortliche/r | |
| Prof. Dr. Felix von Stetten | |
| Veranstalter | |
| Institut für Mikrosystemtechnik Anwendungsentwicklung | |
| Fachbereich / Fakultät | |
| Technische Fakultät | |

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

| |
|---|
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| none |

| Zugehörige Veranstaltungen | | | | | |
|---|-----------|-------------|------|-----|----------------|
| Name | Art | P/WP | ECTS | SWS | Arbeitsaufwand |
| Biotechnologie für Ingenieurinnen und Ingenieure II - Vorlesung (ohne Exkursion):Bio-prozesstechnik, Lebensmittelanalytik und in-vitro Diagnostik | Vorlesung | Wahlpflicht | 3,0 | 2,0 | |

| Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung |
|--|
| Successful candidates know the basics of bioprocess engineering which are required for the production of pharmaceutical drugs and fermented foods. They have an understanding of the layout and function of bio-reactors and understand important up- and down-stream processes. Furthermore, the students are familiar with important microbial foodborn and human pathogens and understand how these can be detected by micro- and molecular biological methods such as biochemical tests, PCR or Immunoassays. Students are able to assess in which areas of bioprocess engineering and in-vitro diagnostics the use of (Micro)system Technology enables future improvements. |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| Prüfungsgespräch / oral examination (Dauer 30 Minuten/duration 30 minutes) |
| Zu erbringende Studienleistung |
| keine |

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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



| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|--|-----------------------|
| Biotechnologie für Ingenieurinnen und Ingenieure II - Vorlesung (ohne Exkursion):Bioprozesstechnik, Lebensmittelanalytik und in-vitro Diagnostik | 11LE50MO-5382 PO 2021 |
| Veranstaltung | |
| Biotechnologie für Ingenieurinnen und Ingenieure II - Vorlesung (ohne Exkursion):Bioprozesstechnik, Lebensmittelanalytik und in-vitro Diagnostik | |
| Veranstaltungsart | Nummer |
| Vorlesung | 11LE50V-5382 PO 2021 |
| Veranstalter | |
| Institut für Mikrosystemtechnik Anwendungsentwicklung | |

| | |
|-----------------------------|-----------------------|
| ECTS-Punkte | 3,0 |
| Semesterwochenstunden (SWS) | 2,0 |
| Mögliche Fachsemester | |
| Angebotsfrequenz | nur im Wintersemester |
| Pflicht/Wahlpflicht (P/WP) | Wahlpflicht |
| Lehrsprachen | deutsch, englisch |

| |
|---|
| Inhalte |
| <p>Bioprocess engineering</p> <ul style="list-style-type: none"> - Layout and function of bioreactors - Measurement technology for bioreactors - Up-stream processing - Fermentation - Down-stream processing <p>Food analysis and in-vitro diagnostics</p> <ul style="list-style-type: none"> - Market analysis - Pathogenic microorganisms - Microbiological diagnostics - Immun- and nucleic acid diagnostics - Development of in-vitro diagnostic systems <p>Biotechnology for Engineers II - excursion (participation in examination is prerequisite for participation in excursion)</p> |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| siehe Modulebene |
| Zu erbringende Studienleistung |
| keine |
| Literatur |
| <p>Supplementary English Literature:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Biotechnology for Beginners, Renneberg et al., Spektrum Akademischer Verlag - Pocket Guide to Biotechnology and Genetic Engineering, R.D.Schmid, Wiley-VCH |
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| none |

Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung

none



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

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

| |
|---|
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| none |

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

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

Zu erbringende Studienleistung

Regular attendance of the course (seminar and exercise) according to §13 (2) of the General Examination Regulations for the Bachelor of Science/Master of Science, as otherwise the required group work and scientific discussion is not possible.
Further elements of the course work are the creation of demonstrators or software as well as a written elaboration/protocol.

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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

Part of the specialization Artificial Intelligence (AI) in Master of Science Informatik/Computer Science resp. MSc Embedded Systems Engineering

and

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 Systems Entrepreneurship (2ES) | 11LE13MO-1403_PO 2020 |
| Veranstaltung | |
| Embedded Systems Entrepreneurship (2ES) | |
| Veranstaltungsart | Nummer |
| Vorlesung | 11LE13V-1403_PO 2020 |
| Veranstalter | |
| Institut für Informatik Intelligente Eingebettete Systeme | |

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

| |
|--|
| Inhalte |
| 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. |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| see module details |
| Zu erbringende Studienleistung |
| see module details |
| Literatur |
| Relevant literature will be provided during the lectures and consultations. |
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| None |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| Basic pattern recognition methods; basic programming skills |

↑

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

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

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

↑

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

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

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

↑

| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|--|-----------------------|
| Ethische Aspekte der Neurotechnologie / Ethical Aspects of Neurotechnology | 11LE50MO-5320 PO 2021 |
| Verantwortliche/r | |
| Prof. Dr. Ulrich Egert | |
| Veranstalter | |
| Institut für Mikrosystemtechnik Biomikrotechnik | |
| Fachbereich / Fakultät | |
| Technische Fakultät | |

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

| |
|--|
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| keine |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| Interesse an interdisziplinärer Aufbereitung aktueller Fragestellungen |

| Zugehörige Veranstaltungen | | | | | |
|--|---------|-------------|------|-----|----------------|
| Name | Art | P/WP | ECTS | SWS | Arbeitsaufwand |
| Ethische Aspekte der Neurotechnologie / Ethical Aspects of Neurotechnology - Seminar | Seminar | Wahlpflicht | 3,0 | 2,0 | 90 Stunden |

| |
|--|
| Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung |
| Studierende der Philosophie und Studierende der Neurobiologie und der Ingenieurwissenschaften erarbeiten in diesem Seminar gemeinsam ethische und philosophische Perspektiven der aktuellen Eingriffsmöglichkeiten in das Gehirn und der derzeit entwickelten und in naher Zukunft entwickelbaren Mensch-Maschine-Komplexe, um auf dieser Grundlage die Herausforderungen für unser personales Selbstverständnis und unsere ethischen Kriterien für die Grenzen solcher Eingriffe zu diskutieren. Dabei soll versucht werden, philosophische Ansätze zum Verhältnis von Person sein und neurobiologischer „Determinierung“ als zentrale Aspekte in der ethischen Theoriebildung mit den empirischen und interagierenden Zugängen der Neurowissenschaften in einen konstruktiven und kontroversen Dialog gebracht werden. |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| Mündliche Abschlussprüfung (30 Minuten) |

| |
|--|
| Zu erbringende Studienleistung |
| keine |
| Verwendbarkeit des Moduls |
| Compulsory elective module for students of the study program <ul style="list-style-type: none">■ 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 |
| Veranstaltung | |
| 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) | Wahlpflicht |
| Lehrsprache | deutsch |

| 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"> 1. Ethik der Neurowissenschaften als aktuelles Gebiet der Philosophie 2. Identität, Person und Persönlichkeit als Grundbegriffe der Ethik der Neurowissenschaften 3. Spezifische philosophische und ethische Aspekte folgender Anwendungsfelder: <ul style="list-style-type: none"> - Invasive und nicht-invasive Gehirn-Maschine-Schnittstellen - Neuroimaging- Emotionale Integration neuronaler Prothesen - Tiefe Hirnstimulation - Optogenetische Interaktion - Neuro-Enhancement - Zukunftstechnologien und deren Einsatz |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| siehe Modulebene |
| Zu erbringende Studienleistung |
| keine |
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| keine |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| Interesse an interdisziplinärer Aufbereitung aktueller Fragestellungen |

↑

| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|---|-----------------------|
| Grundlagen der Elektrostimulation / Fundamentals of electrical stimulation | 11LE50MO-5306 PO 2021 |
| Verantwortliche/r | |
| Prof. Dr.-Ing. Thomas Stieglitz | |
| Fachbereich / Fakultät | |
| Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik Biomedizinische Mikrotechnik | |

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

| |
|---|
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| None |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| None |

| Zugehörige Veranstaltungen | | | | | |
|--|-----------|-------------|------|-----|----------------|
| Name | Art | P/WP | ECTS | SWS | Arbeitsaufwand |
| Grundlagen der Elektrostimulation / Fundamentals of electrical stimulation - Vorlesung | Vorlesung | Wahlpflicht | 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 |
| Veranstaltung | |
| Grundlagen der Elektrostimulation / Fundamentals of electrical stimulation - Vorlesung | |
| Veranstaltungsart | Nummer |
| Vorlesung | 11LE50V-5306 |

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

| Inhalte |
|---|
| <p>The course introduces the medical and biological as well as the physicochemical and technical aspects of electrical stimulation. In detail, students get familiar with the following topics:</p> <p>Overview of the history of electrical stimulation Anatomy and physiology of nerve and muscle Description of nerve excitation Electrical fields and electrochemical processes at electrodes Electrode designs and applications Charakteristic parameters during technical excitation of nerves Methods for selective stimulation Effects of chronic electrical stimulation Limits of safe electrical stimulation Systems theory aspects of control of neural prostheses Simulation of nerve excitation Stimulator design Overview of stimulation parameters in clinical 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> |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| see module details |
| Zu erbringende Studienleistung |
| None |
| Literatur |
| <p>A script will be provided to accompany the lecture and will be updated regularly.</p> <p>Further reading material:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Horch, K.W., Dhillon, G.S. (Hrsg.): Neuroprosthetics – Theory and Practice. (Series on Bioengineering & Biomedical Engineering – Vol. 2) ■ River Edge: World Scientific Computing, 2004 |

| |
|---|
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| None |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| None |

↑

| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|---|-----------------------|
| Introduction to data driven life sciences | 11LE13MO-1335 PO 2021 |
| Verantwortliche/r | |
| Prof. Dr. Rolf Backofen | |
| Veranstalter | |
| Institut für Informatik Bioinformatik | |
| Fachbereich / Fakultät | |
| Technische Fakultät | |

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

| |
|---|
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| None |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| None |

| Zugehörige Veranstaltungen | | | | | |
|---|-----------|-------------|------|-----|----------------|
| Name | Art | P/WP | ECTS | SWS | Arbeitsaufwand |
| Introduction to data driven life sciences | Vorlesung | Wahlpflicht | 6,0 | 2,0 | 180 hours |
| Introduction to data driven life sciences | Übung | Wahlpflicht | | 2,0 | |

| |
|---|
| Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung |
| <ul style="list-style-type: none"> - The students have a basic knowledge and understanding about origin and content of life science high-throughput data - They know methods and tools for the analysis of such data, can compare it to different data, and have knowledge about visualization - They are able to analyse small data sets and apply their gained knowledge |
| 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 |
| Veranstaltung | |
| 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) | Wahlpflicht |
| Lehrsprache | englisch |

| |
|---|
| Inhalte |
| In biological and medical research big data analysis is urgently needed for understanding the information that is encoded in the molecules of life. Many diseases, such as cancer, are caused by aberrations in those molecules. In this lecture you will learn the theoretical biological and bioinformatics background and techniques for generation and analysis of high-throughput data in life sciences. |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| see module details |
| Zu erbringende Studienleistung |
| see module details |
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| None |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| None |
| Bemerkung / Empfehlung |
| <p>Important note: This module is available as both</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 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) <p>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.</p> |

↑

| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|---|-----------------------|
| Introduction to data driven life sciences | 11LE13MO-1335 PO 2021 |
| Veranstaltung | |
| Introduction to data driven life sciences | |
| Veranstaltungsart | Nummer |
| Übung | 11LE13Ü-1335 |
| Veranstalter | |
| Institut für Informatik Bioinformatik | |

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

| |
|--|
| Inhalte |
| To apply the gained knowledge from the lecture, exercises to various topics of high-throughput data analysis are offered. Moreover, we will get to know the workflowmanagement framework Galaxy which is an open source tool for life science data analysis. |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| See module level |
| Zu erbringende Studienleistung |
| See module level |
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| |

↑

| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|--|-----------------------|
| Introduction to physiological control systems | 11LE50MO-5258 PO 2021 |
| Verantwortliche/r | |
| Prof. Dr.-Ing. Thomas Stieglitz | |
| Veranstalter | |
| Institut für Mikrosystemtechnik Biomedizinische Mikrotechnik | |
| Fachbereich / Fakultät | |
| Technische Fakultät | |

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

| |
|---|
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| None |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| None |

| Zugehörige Veranstaltungen | | | | | |
|---|-----------|-------------|------|-----|----------------|
| Name | Art | P/WP | ECTS | SWS | Arbeitsaufwand |
| Introduction to physiological control systems | Vorlesung | Wahlpflicht | 3,0 | 1,0 | 90 hours |
| Introduction to physiological control systems | Übung | Wahlpflicht | | 1,0 | |

| |
|--|
| Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung |
| This course will introduce students in engineering and non-engineering fields to the modeling and control of physiological processes. A brief introduction to signals, systems and control theory is provided at the beginning. Several physiological process are then addressed from a control system perspective, discussing state-of-the-art literature. The main goal of this course is to provide a general overview of how control system theory can be applied to understand, modeling and control physiological processes. |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| Written examination (90 minutes) |
| Zu erbringende Studienleistung |
| none |

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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



| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|--|-----------------------|
| Introduction to physiological control systems | 11LE50MO-5258 PO 2021 |
| Veranstaltung | |
| 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) | Wahlpflicht |
| Lehrsprache | englisch |

| |
|--|
| Inhalte |
| 1. Introduction and course overview. 2. Review of signals, systems, and control theory. 3. Positive and negative feedback in physiology. 4. Blood pressure control. 5. Balance control during quiet standing. 6. Complex dynamics of heart rate variability. 7. Feedback and feedforward limb control during reach-to-pinch task. 8. Summary. |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| see module details |
| Zu erbringende Studienleistung |
| None |
| Literatur |
| 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. |
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| None |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| None |



| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|--|-----------------------|
| Introduction to physiological control systems | 11LE50MO-5258 PO 2021 |
| Veranstaltung | |
| Introduction to physiological control systems | |
| Veranstaltungsart | Nummer |
| Übung | 11LE50Ü-5258 |
| Veranstalter | |
| Institut für Mikrosystemtechnik Biomedizinische Mikrotechnik | |

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

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

↑

| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|---|-----------------------|
| Machine Learning | 11LE13MO-1153 PO 2021 |
| Verantwortliche/r | |
| JProf. Dr. Joschka Bödecker Prof. Dr. Frank Roman Hutter Dr. Michael Willi Tangermann | |
| Veranstalter | |
| Institut für Informatik Neurorobotik Institut für Informatik Maschinelles Lernen | |
| Fachbereich / Fakultät | |
| Technische Fakultät | |

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

| |
|---|
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| keine none |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| <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 | Wahlpflicht | 6,0 | 3,0 | 180 Stunden hours |
| Machine Learning | Übung | Wahlpflicht | | 1,0 | |

| |
|--|
| Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung |
| This course provides you with a good theoretical understanding and practical experience about the basic concepts of machine learning. You shall be enabled to implement a number of basic algorithms, understand |

advantages and drawbacks of single methods and know typical application domains thereof. Furthermore, you should be able to use (Python) software libraries in order to work on novel data analysis problems.

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

Zu erbringende Prüfungsleistung

Usually a written exam (duration of 90 to 180 minutes)

If the number of participants is small, an oral examination (with a duration of 35 minutes) may be held instead. The students will be informed in good time.

Zu erbringende Studienleistung

To prepare for the exam, there can be a mock exam (written or oral).

Verwendbarkeit des Moduls

Wahlpflichtmodul für Studierende des Studiengangs

- B.Sc. in Embedded Systems Engineering (PO 2018) im Bereich Informatik
- B.Sc. in Informatik (PO 2018)
- polyvalenter 2-Hauptfächer-Bachelor Informatik (PO 2018)
- M.Ed. Informatik (PO 2018)
- Master of Education Erweiterungsfach Informatik (PO 2021)

Compulsory elective module for students of the study program

- M.Sc. Informatik / Computer Science (2020) in Weiterführende Vorlesung | Advanced Lectures
- M.Sc. Embedded Systems Engineering (ESE) (2021) in Essential Lectures in Computer Science
- Students of the M.Sc. programs Microsystems Engg. and Mikrosystemtechnik (PO 2021) can select this module in the concentration area Biomedical Engineering (Biomedizinische Technik).

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

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



| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|---|-----------------------|
| Machine Learning | 11LE13MO-1153 PO 2021 |
| Veranstaltung | |
| 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) | Wahlpflicht |
| Lehrsprache | englisch |

| Inhalte |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ■ Applications / typical problems dealt with by machine learning ■ basic data analysis pipeline (from data recording to output shaping) ■ software libraries ■ linear methods (e.g. LDA, logistic regression, ICA, PCA, OLSR) for dimensionality reduction, classification, regression and blind source separation ■ non-linear methods (e.g. support vector machines, kernel PCA, decision trees / random forests, neural networks) for classification and regression ■ unsupervised clustering (e.g. k-means, DBSCAN) ■ algorithm independent principles in machine learning (z.b. bias-variance trade-off, model complexity, regularization, validation strategies, interpretation of trained machine learning models, basic optimization approaches, feature selection, data visualization) |
| 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 |
| Veranstaltung | |
| 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) | Wahlpflicht |
| Lehrsprache | englisch |

| |
|--|
| Inhalte |
| The exercises are intended to give students a better understanding of the most important techniques they learn during lectures. They are expected to implement some selected methods to gain experience in practical applications. |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| Siehe Modulebene See module level |
| Zu erbringende Studienleistung |
| Siehe Modulebene See module level |
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| none |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| none |

↑

| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|--|-----------------------|
| Maschinelles Lernen in den Lebenswissenschaften / Machine Learning in Life Science | 11LE13MO-1112 PO 2021 |
| Verantwortliche/r | |
| Prof. Dr. Rolf Backofen | |
| Fachbereich / Fakultät | |
| Technische Fakultät | |

| | |
|-----------------------------|-------------------|
| ECTS-Punkte | 6,0 |
| Arbeitsaufwand | 180 hours |
| Semesterwochenstunden (SWS) | 4,0 |
| Mögliche Fachsemester | 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 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 | Wahlpflicht | 6,0 | 2,0 | 180 Stunden hours |
| Maschinelles Lernen in den Lebenswissenschaften / Machine Learning in Life Science | Übung | Wahlpflicht | | 2,0 | |

| Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung |
|---|
| <p>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.</p> |

| |
|---|
| 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 |
| Veranstaltung | |
| 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) | Wahlpflicht |
| Lehrsprache | englisch |

| |
|---|
| 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"> ■ P Baldi, S Brunak, Y Chauvin, C.A.F Andersen, H Nielsen, Assessing the accuracy of prediction algorithms for classification: an overview, Bioinformatics 2000 ■ T Fawcett, An introduction to ROC analysis, Pattern Recognition Letters 2006 ■ T Dietterich, Approximate statistical tests for comparing supervised classification learning algorithms, Neural Computation 1998 ■ D Jiang, C Tang, A Zhang, Cluster analysis for gene expression data: A survey, IEEE transactions on knowledge and data engineering 2004 ■ S.C Madeira, A.L Oliveira, Biclustering algorithms for biological data analysis: a survey, IEEE Transactions on computational Biology and Bioinformatics 2004 ■ A Krause, J Stoye, Large scale hierarchical clustering of protein sequences, BMC bioinformatics 2005 |

- P Baldi, G Pollastri, The principled design of large-scale recursive neural network architectures-dag-rnns and the protein structure prediction problem, The Journal of Machine Learning Research 2003
- C Leslie, E Eskin, W Noble, The spectrum kernel: A string kernel for SVM protein classification, Pacific Symposium on Biocomputing 2002
- X.W. Chen, Prediction of protein-protein interactions using random decision forest framework, Bioinformatics 2005

Teilnahmevoraussetzung 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 |
| Veranstaltung | |
| Maschinelles Lernen in den Lebenswissenschaften / Machine Learning in Life Science | |
| Veranstaltungsart | Nummer |
| Übung | 11LE13Ü-1112 |
| Veranstalter | |
| Institut für Informatik Bioinformatik | |

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

| |
|--|
| Inhalte |
| In the exercises, students will learn through example scenarios to apply the principles and methods from the lectures. |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| Siehe Modulebene See module level |
| Zu erbringende Studienleistung |
| Siehe Modulebene See module level |
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| |

↑

| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|--|-----------------------|
| Mikrofluidik II: Miniaturisieren, Automatisieren, und Parallelisieren biochemischer Analyseverfahren: Von der Idee zum Produkt / Microfluidics II: Miniaturize, automate and parallelize biochemical analysis: From idea to product launch | 11LE50MO-5263 PO 2021 |
| Verantwortliche/r | |
| Prof. Dr. Roland Zengerle | |
| Veranstalter | |
| Institut für Mikrosystemtechnik Anwendungsentwicklung | |
| Fachbereich / Fakultät | |
| Technische Fakultät | |

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

| |
|---|
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| none |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| Basics in microfluidics, e.g. "Microfluidics I" |

| Zugehörige Veranstaltungen | | | | | |
|--|-----------|-------------|------|-----|----------------|
| Name | Art | P/WP | ECTS | SWS | Arbeitsaufwand |
| Mikrofluidik II: Miniaturisieren, Automatisieren, und Parallelisieren biochemischer Analyseverfahren: Von der Idee zum Produkt / Microfluidics II: Miniaturize, automate and parallelize biochemical analysis: From idea to product launch | Vorlesung | Wahlpflicht | 6,0 | 2,0 | 180 hours |
| Mikrofluidik II: Miniaturisieren, Automatisieren, und Parallelisieren biochemischer Analyseverfahren: Von der Idee zum Produkt / Microfluidics II: Miniaturize, automate and parallelize biochemical analysis: From idea to product launch | Übung | Wahlpflicht | | 2,0 | |

| |
|--|
| Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung |
| Qualified microfluidic engineer with sound knowledge on microfluidic Design, manufacturing of microfluidic cartridges, and the use of microfluidic technologies in clinical settings. |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| Usually a written exam (duration of 90 to 180 minutes) If the number of participants is small, an oral examination (with a duration of 35 minutes) may be held instead. The students will be informed in good time. |
| Zu erbringende Studienleistung |
| none |
| Verwendbarkeit des Moduls |
| Compulsory elective module for students of the study program <ul style="list-style-type: none">■ M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Biomedical Engineering■ M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Biomedizinische Technik■ M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area: Biomedical Engineering |

↑

| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|--|-----------------------|
| Mikrofluidik II: Miniaturisieren, Automatisieren, und Parallelisieren biochemischer Analyseverfahren: Von der Idee zum Produkt / Microfluidics II: Miniaturize, automate and parallelize biochemical analysis: From idea to product launch | 11LE50MO-5263 PO 2021 |
| Veranstaltung | |
| Mikrofluidik II: Miniaturisieren, Automatisieren, und Parallelisieren biochemischer Analyseverfahren: Von der Idee zum Produkt / Microfluidics II: Miniaturize, automate and parallelize biochemical analysis: From idea to product launch | |
| Veranstaltungsart | Nummer |
| Vorlesung | 11LE50V-5263 |
| Veranstalter | |
| Institut für Mikrosystemtechnik Anwendungsentwicklung | |

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

| Inhalte |
|--|
| <p>Content:</p> <p>This lecture teaches the use of microfluidic technologies for automation of biochemical analyses. Fields of application are the detection of pathogens, the diagnosis and therapy accompanied monitoring of tumor diseases as well as water analysis. In a first section, the complete design process from initial requirements and project specifications to simulation-based design, manufacturing of functional models and testing will be addressed. The creation of flow drafts, the simulation of microfluidic networks and CAD design will be taught in an accompanying tutorial.</p> <p>In following lectures, product development will be examined. This includes the scalable manufacturing of disposable test cartridges, the determination of usability as well as questions of licensing. In summary, the lecture covers the development process from initial idea to product. In the second part of the tutorial, the students will work on an exemplary project.</p> |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| see module details |
| Zu erbringende Studienleistung |
| none |
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| none |

Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung

Basics of microfluidics, e.g. Microfluidics I lecture



| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|--|-----------------------|
| Mikrofluidik II: Miniaturisieren, Automatisieren, und Parallelisieren biochemischer Analyseverfahren: Von der Idee zum Produkt / Microfluidics II: Miniaturize, automate and parallelize biochemical analysis: From idea to product launch | 11LE50MO-5263 PO 2021 |
| Veranstaltung | |
| Mikrofluidik II: Miniaturisieren, Automatisieren, und Parallelisieren biochemischer Analyseverfahren: Von der Idee zum Produkt / Microfluidics II: Miniaturize, automate and parallelize biochemical analysis: From idea to product launch | |
| Veranstaltungsart | Nummer |
| Übung | 11LE50Ü-5263 |
| Veranstalter | |
| Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik Anwendungsentwicklung | |

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

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

↑

| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|---|-----------------------|
| Mikrosystemtechnik in der Medizin / Microsystems technology in Medicine | 11LE50MO-5307 PO 2021 |
| Verantwortliche/r | |
| Prof. Dr. Martin Boeker | |
| Fachbereich / Fakultät | |
| Institut für Mikrosystemtechnik | |

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

| |
|---|
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| keine |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| Grundlegende physikalische Kenntnisse |

| Zugehörige Veranstaltungen | | | | | |
|---|---------|-------------|------|-----|----------------|
| Name | Art | P/WP | ECTS | SWS | Arbeitsaufwand |
| Mikrosystemtechnik in der Medizin / Microsystems technology in Medicine - Seminar | Seminar | Wahlpflicht | 3,0 | 2,0 | 90 Stunden |

| |
|--|
| Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung |
| <p>Wichtige Anwendungen der Mikrosystemtechnik in der Medizin beschreiben können:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Computergestützte Bildanalyse ■ Patch-Clamp Verfahren ■ Klinische Anwendung beim Mammakarzinom ■ Cochlea-Implantat ■ Sehprothesen ■ Diagnostik und Therapie von Herzrhythmusstörungen ■ Volumetrische Bildgebung in der Radiologie |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| Schriftliche Abschlussprüfung (Klausur, 90 Minuten) |
| Zu erbringende Studienleistung |
| keine |

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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



| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|---|-----------------------|
| Mikrosystemtechnik in der Medizin / Microsystems technology in Medicine | 11LE50MO-5307 PO 2021 |
| Veranstaltung | |
| Mikrosystemtechnik in der Medizin / Microsystems technology in Medicine - Seminar | |
| Veranstaltungsart | Nummer |
| Seminar | 11LE50V-5307 |

| | |
|-----------------------------|-----------------------|
| ECTS-Punkte | 3,0 |
| Arbeitsaufwand | 90 Stunden |
| Präsenzstudium | 26 |
| Selbststudium | 64 |
| Semesterwochenstunden (SWS) | 2,0 |
| Mögliche Fachsemester | 4 |
| Angebotsfrequenz | nur im Sommersemester |
| Pflicht/Wahlpflicht (P/WP) | Wahlpflicht |
| Lehrsprache | deutsch |

| |
|--|
| Inhalte |
| Dozenten aus verschiedenen Fachbereichen der Medizin stellen wichtige und aktuelle Themen der Mikrosystemtechnik in der Medizin vor: Sehprothesen, Cochlea-Implantate, minimal invasive Gefäßtherapien, computergestützte Tumordiagnostik, klinische Anwendungen beim Brustkrebs, Diagnostik und Therapie von Herzrhythmusstörungen und Verfahren der Bildanalyse in der bildgebenden Diagnostik. Dabei stellen die Dozenten insbesondere eine Verbindung zwischen den medizinisch-biologischen Gegebenheiten im menschlichen Organismus und der technischen Herangehensweise an ein spezifisches medizinisches Problem her, ohne dass besondere medizinische Kenntnisse vorausgesetzt werden. |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| see module details |
| Zu erbringende Studienleistung |
| keine |
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| keine |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| Grundlegende physikalische Kenntnisse |

↑

| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|---|-----------------------|
| 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 | 90 Stunden |
| Semesterwochenstunden (SWS) | 2,0 |
| Mögliche Fachsemester | 3 |
| Moduldauer | 1 Semester |
| Pflicht/Wahlpflicht (P/WP) | Wahlpflicht |
| Angebotsfrequenz | nur im Wintersemester |

| |
|---|
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| None |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| Knowledge in digital signal processing Programming skills in languages like Python |

| Zugehörige Veranstaltungen | | | | | |
|---|-----------|-------------|------|-----|----------------|
| Name | Art | P/WP | ECTS | SWS | Arbeitsaufwand |
| Messung und Auswertung elektrophysiologischer Signale | Praktikum | Wahlpflicht | 3,0 | 2,0 | |

| Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung |
|--|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Components of equipment for electrophysiological measurements 2. Experience in performing measurements of electrophysiological signals 3. Knowledge about potential noise sources and strategies for their mitigation 4. Experience in cognitive experiments in parallel to electrophysiological measurements 5. Knowledge in methods for signal analysis in time and frequency domain. |

Zu erbringende Prüfungsleistung

Benotete Protokolle: Neben der Durchführung von Versuchen werden aufgenommene Signale und Signale aus Datenbanken von den Studierenden analysiert (z.B. mit Hilfe von Python / Erstellung von Software). Die Note der PL ergibt sich aus dem gewichteten arithmetischen Mittel der einzelnen Protokollbewertungen.

Graded protocols: In addition to conducting experiments, recorded signals and signals from databases are analyzed by the students (e.g. using Python / creating software). The final grade is calculated according to the weighed arithmetic mean of the individual protocol grades.

Zu erbringende Studienleistung

Durchführung von Versuchen / Carrying out of experiments

↑

| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|---|-----------------------|
| Messung und Auswertung elektrophysiologischer Signale | 11LE50MO-5325 PO 2021 |
| Veranstaltung | |
| Messung und Auswertung elektrophysiologischer Signale | |
| Veranstaltungsart | Nummer |
| Praktikum | 11LE50P-5325 PO 2021 |
| Veranstalter | |
| Institut für Mikrosystemtechnik | |

| | |
|-----------------------------|-----------------------|
| ECTS-Punkte | 3,0 |
| Semesterwochenstunden (SWS) | 2,0 |
| Mögliche Fachsemester | |
| Angebotsfrequenz | nur im Wintersemester |
| Pflicht/Wahlpflicht (P/WP) | Wahlpflicht |
| Lehrsprachen | deutsch, englisch |

| Inhalte |
|--|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Components of equipment for electrophysiological measurements 2. Measurement of the electrocardiogram (ECG) 3. Measurement of the photoplethysmogram as a proxy of the ECG 4. Measurement of the electroencephalogram (EEG) 5. Signal analysis of the ECG and EEG in time and frequency domain 6. Components of systems for cognitive experiments 7. Realization of a cognitive experiments while measuring the electroencephalogram 8. EEG signal analysis of cognitive experiments |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| see module details |
| Zu erbringende Studienleistung |
| see module details |
| Literatur |
| 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 | |
| Institut für Mikrosystemtechnik Verbindungshalbleiter | |
| Fachbereich / Fakultät | |
| Institut für Mikrosystemtechnik | |

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

| |
|---|
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| keine |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| keine |

| Zugehörige Veranstaltungen | | | | | |
|--|-----------|-------------|------|-----|----------------|
| Name | Art | P/WP | ECTS | SWS | Arbeitsaufwand |
| Nanobiotechnologie / Nanobiotechnology | Vorlesung | Wahlpflicht | 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 <ul style="list-style-type: none">■ 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 |
| Veranstaltung | |
| Nanobiotechnologie / Nanobiotechnology | |
| Veranstaltungsart | Nummer |
| Vorlesung | 11LE50V-5308 |
| Veranstalter | |
| Institut für Mikrosystemtechnik Verbindungshalbleiter | |

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

| Inhalte |
|---|
| Zu den Themen der Nanobiotechnologie gehört die Diskussion von organischen Nanosystemen in der menschlichen Wahrnehmung, die Erklärung des Handlings und Charakterisierens von Proteinen und Viren, die Untersuchung elektronischer und optischer Eigenschaften von einzelnen Molekülen genauso wie die Technologie zur Herstellung von Sensoren für kleinste Flüssigkeitsmengen. An der Schnittstelle zwischen der Mikro- und Nanowelt, der Schnittstelle auch zwischen belebter und unbelebter Materie, werden moderne Charakterisierungsverfahren (z.B. Elektronenmikroskopie, Kraftmikroskopie) nötig, um von physikalischen oder chemischen Eigenschaften der organischen Moleküle eine Brücke zum Verständnis der Funktion von Aminosäuren, Proteinen und Zellen zu schlagen. Diese Methoden und ihre Anwendung auf biologisch relevante Systeme werden ebenso erklärt wie die Technologie zur Herstellung von künstlichen Mikro- und Nanostrukturen zur sensorischen Kopplung an biologische Organismen. |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| siehe Modulebene |
| Zu erbringende Studienleistung |
| keine |
| Literatur |
| <ul style="list-style-type: none"> ■ Biochemie, J.M. Berg, J.L. Tymoczko, L. Stryer, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg 2003 ■ Physiologie des Menschen, R.F. Schmidt, F. Lang, G. Thews, Springer Medizin Verlag Heidelberg 2005 |
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| keine |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| keine |

↑

| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|---|-----------------------|
| Neurophysiologie - Praktikum / Neurophysiology - Laboratory | 11LE50MO-5316 PO 2021 |
| Verantwortliche/r | |
| Prof. Dr. Ulrich Hofmann | |
| Fachbereich / Fakultät | |
| Technische Fakultät | |

| | |
|-----------------------------|-----------------------|
| ECTS-Punkte | 3,0 |
| Arbeitsaufwand | 90 hours |
| Semesterwochenstunden (SWS) | 4,0 |
| Mögliche Fachsemester | 2 |
| Moduldauer | 1 Semester |
| Pflicht/Wahlpflicht (P/WP) | Wahlpflicht |
| Angebotsfrequenz | nur im Sommersemester |

| |
|---|
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| None |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| Prerequisite to become eligible for this course is the participation in the exercises in "Implant manufacturing technologies" or participation in the seminar „Neuroprosthetics“ in the previous winter semester. |

| Zugehörige Veranstaltungen | | | | | |
|---|-----------|-------------|------|-----|----------------|
| Name | Art | P/WP | ECTS | SWS | Arbeitsaufwand |
| Neurophysiologie - Praktikum / Neurophysiology - Laboratory | Praktikum | Wahlpflicht | 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.</p> <p>Students will gain first hand experience with multisite electrophysiological recordings from anesthetized and freely moving animals. Signals acquired during these day long experiments will be analyzed according to state of the art and results will be presented as reports and talks.</p> |
| 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 <ul style="list-style-type: none">■ 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 |
| Veranstaltung | |
| Neurophysiologie - Praktikum / Neurophysiology - Laboratory | |
| Veranstaltungsart | Nummer |
| Praktikum | 11LE50P-5316 |

| | |
|-----------------------------|-----------------------|
| ECTS-Punkte | 3,0 |
| Arbeitsaufwand | 90 hours |
| Semesterwochenstunden (SWS) | 4,0 |
| Mögliche Fachsemester | |
| Angebotsfrequenz | nur im Sommersemester |
| Pflicht/Wahlpflicht (P/WP) | Wahlpflicht |

| |
|---|
| Inhalte |
| <p>Students will in three neurophysiological paradigms (two acute, one freely behaving) under experienced supervision participate.</p> <p>Students will get in depth and first hand insight into the current knowledge of the somatosensory system, the visual system and the motor system. In addition, the rat's learning and orientation system will be introduced as well.</p> <p>Signal processing methods will be presented and for later use in exercises substantiated.</p> <p>They will gain hands on experience with in vivo animal electrophysiology with micro devices and collect data for subsequent home based analysis.</p> <p>Their analysis results will be presented as final teaching experience.</p> |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| see module details |
| Zu erbringende Studienleistung |
| None |
| Literatur |
| <ul style="list-style-type: none"> ■ Windhorst, U. and H. Johansson (1999). <i>Modern Techniques in Neuroscience Research</i>. Berlin, Springer. ■ Kandel, E. R., J. H. Schwartz and T. M. Jessel (1991). <i>Principles of neural science</i>. London, Prentice-Hall. ■ D Nicolelis, M. A. L., Ed. (1999). <i>Methods for Neural Ensemble Recordings</i>. CRC Methods in Neuroscience. Boca Raton, FL, CRC Press. ■ diverse journal papers like: <ul style="list-style-type: none"> ■ Wilson, M. A. and B. L. McNaughton (1994). "Reactivation of Hippocampal ensemble memories during sleep." <i>Science</i> 265: 676-682. ■ Wilson, M. A. and B. L. McNaughton (1993). "Dynamics of the hippocampal ensemble code for space." <i>Science</i> 261: 1055-1058. |
| Teilnahmevoraussetzung 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 last winter semester. |

Bemerkung / Empfehlung

The experiments fall under the Animal Welfare Act - so all participants must be known by name before the first day of the experiment.



| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|--|-----------------------|
| Neuroprothetik / Neuroprosthetics | 11LE50MO-5318 PO 2021 |
| Verantwortliche/r | |
| Prof. Dr. Ulrich Hofmann | |
| Fachbereich / Fakultät | |
| Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik | |

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

| |
|---|
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| None |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| High school level knowledge in mathematics and natural sciences |

| Zugehörige Veranstaltungen | | | | | |
|---|---------|-------------|------|-----|----------------|
| Name | Art | P/WP | ECTS | SWS | Arbeitsaufwand |
| Neuroprothetik / Neuroprosthetics - Seminar | Seminar | Wahlpflicht | 3,0 | 3,0 | 90 hours |

| |
|--|
| Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung |
| <p>Neuroprosthetics is an emergent field of biomedical engineering aiming at developing devices to replace or augment non functional sensory or motor pathes of humans resulting from disease or trauma.</p> <p>The participating student will be instructed on the basic neuromedical concepts, and the targeted medical deficits, both needed to evaluate current clinical neuroprostheses and critically assess devices under development.</p> <p>The student will gain well funded knowledge on clinical applications and technologies and will have to face the more biological and ethical aspects of these devices and treatment options as well.</p> <p>The module aims at active involvement by independent webbased information acquisition, oral presentation of findings and internet based reporting.</p> |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| Written documentation in the form of a short scientific paper (5-10 pages) and oral presentation. The module grade is based on the written documentation (50%) and the oral presentation (50%). |
| Zu erbringende Studienleistung |
| none |

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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



| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|---|-----------------------|
| Neuroprothetik / Neuroprosthetics | 11LE50MO-5318 PO 2021 |
| Veranstaltung | |
| Neuroprothetik / Neuroprosthetics - Seminar | |
| Veranstaltungsart | Nummer |
| Seminar | 04LE50V-5318 |

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

| Inhalte |
|--|
| Introductory lessons contain: <ul style="list-style-type: none"> ■ Basic concepts of neuroscience ■ Interfacing the nervous system ■ Modelling approaches for CNS applications ■ Neuroethical aspects Student covered topics will contain: <ul style="list-style-type: none"> ■ Cochlea Implant - Deafness ■ Retina Implant - Blindness ■ Deep Brain Stimulation - Parkinson's Disease ■ Spinal Cord Stimulation - Chronic Pain Syndrome ■ Vagal Nerve Stimulation - Epilepsy ■ Functional Electrical Stimulation - Drop Foot Syndrome ■ Human Machine Interfacing - BCI and BMI ■ Foreign Body Reaction |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| see module details |
| Zu erbringende Studienleistung |
| None |
| Literatur |
| <ul style="list-style-type: none"> ■ Farina, D., Jensen, W., Akay, M., Eds. (2013). INTRODUCTION TO NEURAL ENGINEERING FOR MOTOR REHABILITATION, IEEE ■ Dagnelie, G., Ed. (2011). Visual Prosthetics: Physiology, Bioengineering, Rehabilitation: Physiology, Bioengineering and Rehabilitation, Springer ■ DiLorenzo, D. J. and J. D. Bronzino, Eds. (2008). Neuroengineering Boca Raton, CRC Press ■ Akay, M. (2007). Handbook of Neural Engineering, IEEE Press, Wiley |

- Dornhege, G., et al., Eds. (2007). Toward Brain-Computer Interfacing. Neural Information Processing Series. Cambridge, MA, MIT Press
- Horch, K. W. and G. S. Dhillon (2004). Neuroprosthetics - Theory and Practice. Singapore-London, World Scientific Publishing

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung

None

Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung

High level knowledge in mathematics and natural sciences

↑

| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|---|-----------------------|
| Neurowissenschaften für Ingenieure / Neuroscience for Engineers | 11LE50MO-5319 PO 2021 |
| Verantwortliche/r | |
| Prof. Dr. Ulrich Egert | |
| Veranstalter | |
| Institut für Mikrosystemtechnik Biomikrotechnik | |
| Fachbereich / Fakultät | |
| Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik | |

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

| |
|---|
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| None |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| None |

| Zugehörige Veranstaltungen | | | | | |
|---|-----------|-------------|------|-----|----------------|
| Name | Art | P/WP | ECTS | SWS | Arbeitsaufwand |
| Neurowissenschaften für Ingenieure / Neuroscience for Engineers - Vorlesung | Vorlesung | Wahlpflicht | 3,0 | 2,0 | 90 hours |
| Neurowissenschaften für Ingenieure / Neuroscience for Engineers - Übung | Übung | Wahlpflicht | | 1,0 | |

| |
|--|
| Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung |
| After completing this module, students will understand the fundamental neuroscientific concepts, methods, processes and structures that define or influence the function of technical components in biomedical applications. |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| Written exam (90 min.) |
| Zu erbringende Studienleistung |
| none |

| |
|--|
| 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">■ Bachelor of Science in Mikrosystemtechnik (PO 2018), Wahlpflichtbereich, Bereich Mikrosystemtechnik Compulsory elective module for students of the study program <ul style="list-style-type: none">■ Master of Science in Microsystems Engineering (PO 2021), concentration area Biomedical Engineering■ Master of Science in Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Biomedizinische Technik■ Master of Science in Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area: Biomedical Engineering |

↑

| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|---|-----------------------|
| Neurowissenschaften für Ingenieure / Neuroscience for Engineers | 11LE50MO-5319 PO 2021 |
| Veranstaltung | |
| Neurowissenschaften für Ingenieure / Neuroscience for Engineers - Vorlesung | |
| Veranstaltungsart | Nummer |
| Vorlesung | 11LE50V-5319 |
| Veranstalter | |
| Institut für Mikrosystemtechnik Biomikrotechnik | |

| | |
|-----------------------------|-----------------------|
| 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) | Wahlpflicht |
| Lehrsprache | englisch |

| 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"> ■ influence the generation and properties of signals measurable with neuronal systems, ■ influence the usability of MST components, such as sensors and implants, ■ are relevant for typical fields of application of MST components, e.g. implantable sensors, prostheses, neurotechnology, etc.. <p>In the course of the lectures we will present and overview of central neuroscientific concepts, tools and applications</p> <p>Main topics are:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Structure of the nervous systems ■ Biophysics of electrical potentials ■ Neuronal networks and their signals ■ Sensory systems ■ Foundations of learning and memory ■ Interaction with neuronal networks |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| see module details |
| Zu erbringende Studienleistung |
| none |

| |
|---|
| Literatur |
| Literature will be presented during the lecture |
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| None |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| None |

↑

| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|---|-----------------------|
| Neurowissenschaften für Ingenieure / Neuroscience for Engineers | 11LE50MO-5319 PO 2021 |
| Veranstaltung | |
| 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) | Wahlpflicht |
| Lehrsprache | englisch |

| |
|---|
| Inhalte |
| |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| see lecture |
| Zu erbringende Studienleistung |
| None |
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| None |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| None |

↑

| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|---|-----------------------|
| Signalverarbeitung und Analyse von Gehirnsignalen / Signal processing and analysis in brain signals | 11LE50MO-5312 PO 2021 |
| Verantwortliche/r | |
| Prof. Dr.-Ing. Thomas Stieglitz | |
| Veranstalter | |
| Institut für Mikrosystemtechnik Biomedizinische Mikrotechnik | |
| Fachbereich / Fakultät | |
| Institut für Mikrosystemtechnik | |

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

| |
|---|
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| None |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| None |

| Zugehörige Veranstaltungen | | | | | |
|---|-----------|---------|------|-----|----------------|
| Name | Art | P/WP | ECTS | SWS | Arbeitsaufwand |
| Signalverarbeitung und Analyse von Gehirnsignalen / Signal processing and analysis in brain signals - Vorlesung | Vorlesung | Pflicht | 3,0 | 2,0 | 90 hours |

| Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung |
|--|
| <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">■ 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 |
|---|-----------------------|
| Signalverarbeitung und Analyse von Gehirnsignalen / Signal processing and analysis in brain signals | 11LE50MO-5312 PO 2021 |
| Veranstaltung | |
| Signalverarbeitung und Analyse von Gehirnsignalen / Signal processing and analysis in brain signals - Vorlesung | |
| Veranstaltungsart | Nummer |
| Vorlesung | 11LE50V-5312 |
| Veranstalter | |
| Institut für Mikrosystemtechnik Biomedizinische Mikrotechnik | |

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

| Inhalte |
|--|
| <p>The course starts with an introduction to the basic principles of the measurement of neurophysiological signals mainly EEG and MEG. Despite a basic technical introduction of the measurement systems an overview about physiological and pathological patterns and rhythms in brain signal is given. Pattern recognition in the diagnostics of patients suffering from epilepsy is one core topic of the module. Long term recordings of EEG in epilepsy diagnostic create a high demand for automatic EEG analysis procedures. Three different types of events are at the moment in the focus for automatic detection strategies.</p> <p>a) Epileptic seizures, which are the core syndrome of the disease. Automatic detection may facilitate the review of long term recordings tremendously.</p> <p>b) Short high amplitude peaks in EEG and MEG called spikes contribute to the diagnoses of epilepsy and give information related to the localization of the seizure onset region in focal epilepsy.</p> <p>c) Oscillatory activity in the frequency range between 80 Hz and 600 Hz gives according to recent result probably more specific information about the seizure origin area than spikes.</p> <p>Signal processing and pattern recognition strategies are presented and how they can be applied to the patterns of interest in epilepsy diagnostic.</p> <p>In detail following strategies will be presented:</p> <p>a) Heuristics</p> <p>b) Template matching</p> <p>c) Wavelet transformation</p> <p>d) Hilbert transformation</p> <p>e) Background and target modelling</p> <p>f) Artificial neural networks</p> <p>A second focus of the module is related to the localization of generators of neuronal activity based on EEG and MEG measurements.</p> |

The introduction starts with the presentation of the Maxwell equations and the common simplifications as they are applied in EEG and MEG source localization. Localization includes two basic components, the forward simulation and an inverse parameter estimation procedure. Concepts of the following forward models representing the physical properties of the head are presented:

- a) Spherical model
- b) Boundary element model
- c) Finite element model

Main types of focal and distributed inverse models will form the contents of the inverse part of the source localization procedure.

Exemplary application examples will show the complete processing chain from measurements and image acquisition to localization results.

Zu erbringende Prüfungsleistung

see module details

Zu erbringende Studienleistung

None

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung

None

Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung

None

↑

| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|--|-----------------------|
| Siliziumbasierte Neurosonden / Silicon-based Neural Technology | 11LE50MO-5116 PO 2021 |
| Verantwortliche/r | |
| Prof. Dr. Oliver Paul | |
| Veranstalter | |
| Institut für Mikrosystemtechnik Materialien der Mikrosystemtechnik | |
| Fachbereich / Fakultät | |
| Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik | |

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

| |
|---|
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| none |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| Advanced Silicon Technologies for MEMS and IC |

| Zugehörige Veranstaltungen | | | | | |
|--|-----------|-------------|------|-----|----------------|
| Name | Art | P/WP | ECTS | SWS | Arbeitsaufwand |
| Siliziumbasierte Neurosonden / Silicon-based Neural Technology | Vorlesung | Wahlpflicht | 3,0 | 2,0 | 90 hours |

| |
|---|
| Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung |
| Students will gain a detailed overview of silicon-based probes used in basic neuroscience research and their combination with alternative materials to provide the desired functionalities. Students will learn the basic requirements regarding system design and function, as well as the system-specific manufacturing technologies. |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| Oral examination if there are 20 or fewer than 20 registered participants; written examination if there are more than 20 registered participants (minimum 60 and maximum 240 minutes). Details will be announced by the examiner in due time. |
| Zu erbringende Studienleistung |
| Regular attendance (2/3 of the sessions) |

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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



| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|--|-----------------------|
| Siliziumbasierte Neurosonden / Silicon-based Neural Technology | 11LE50MO-5116 PO 2021 |
| Veranstaltung | |
| 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) | Wahlpflicht |
| Lehrsprache | englisch |

| |
|--|
| Inhalte |
| <ul style="list-style-type: none"> ■ Introduction - Basic requirements in neuroscience ■ Electrical probes ■ Fluidic probes ■ Optical probes ■ Chemotrodes ■ IC Technologies for Signal Amplification and Processing ■ Packaging and interconnection technologies |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| see module details |
| Zu erbringende Studienleistung |
| see module details |
| Literatur |
| current conference and journal articles |
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| none |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| Advanced Silicon Technologies for MEMS and IC |

↑

| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|--|-----------------------|
| Technologien der Implantatfertigung / Implant Manufacturing Technologies | 11LE50MO-5313 PO 2021 |
| Verantwortliche/r | |
| Prof. Dr.-Ing. Thomas Stieglitz | |
| Veranstalter | |
| Institut für Mikrosystemtechnik Biomedizinische Mikrotechnik | |
| Fachbereich / Fakultät | |
| Institut für Mikrosystemtechnik | |

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

| |
|---|
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| None |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| None |

| Zugehörige Veranstaltungen | | | | | |
|--|-----------|-------------|------|-----|----------------|
| Name | Art | P/WP | ECTS | SWS | Arbeitsaufwand |
| Technologien der Implantatfertigung / Implant Manufacturing Technologies - Vorlesung | Vorlesung | Wahlpflicht | 3,0 | 2,0 | 90 hours |
| Technologien der Implantatfertigung / Implant Manufacturing Technologies - Übung | Übung | Wahlpflicht | | 1,0 | |

| |
|---|
| Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung |
| <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 <ul style="list-style-type: none">■ 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 |
| Veranstaltung | |
| 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) | Wahlpflicht |
| Lehrsprache | englisch |

| Inhalte |
|--|
| <p>In the lecture Implant Manufacturing Technologies, knowledge and methods for the development of electrically active implants such as pacemakers or hearing prostheses (cochlear implants) are taught. Materials, components, systems and legal frameworks are presented. Clinically established (neuro-) implants as well as novel developments, which are still in the research phase, will be presented and critically discussed. The following topics will be covered during the lecture:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Overview of active implants & neuroprostheses in clinical and research settings. ■ Definitions and classification of electrically active implants ■ Biocompatibility testing and biostability (corrosion and degradation) ■ Electrodes ■ Design of electrically active implants (components, interfaces) ■ Silicone as material for encapsulation ■ Materials for hermetically sealed housings ■ Connections and joining techniques ■ Requirements for implant development and production (risk management, FMEA, production rooms, documentation) ■ Thin-film technology in implant development ■ Manufacturing of microimplants using the example of a BION <p>Finally, the learning content will be repeated together with the students in order to facilitate the preparation for the examination.</p> |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| see module details |
| Zu erbringende Studienleistung |
| None |

| |
|---|
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| None |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| None |

↑

| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|--|-----------------------|
| Technologien der Implantatfertigung / Implant Manufacturing Technologies | 11LE50MO-5313 PO 2021 |
| Veranstaltung | |
| Technologien der Implantatfertigung / Implant Manufacturing Technologies - Übung | |
| Veranstaltungsart | Nummer |
| Übung | 11LE50Ü-5313 |
| Veranstalter | |
| Institut für Mikrosystemtechnik Biomedizinische Mikrotechnik | |

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

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

↑

| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|---|-----------------------|
| Technologien der Implantatfertigung - Praktikum / Implant Manufacturing Technologies - Laboratory | 11LE50MO-5314 PO 2021 |
| Verantwortliche/r | |
| Prof. Dr.-Ing. Thomas Stieglitz | |
| Veranstalter | |
| Institut für Mikrosystemtechnik Biomedizinische Mikrotechnik | |
| Fachbereich / Fakultät | |
| Institut für Mikrosystemtechnik | |

| | |
|-----------------------------|-----------------------|
| ECTS-Punkte | 3,0 |
| Arbeitsaufwand | 90 hours |
| Semesterwochenstunden (SWS) | 4,0 |
| Mögliche Fachsemester | 2 |
| Moduldauer | 1 Semester |
| Pflicht/Wahlpflicht (P/WP) | Wahlpflicht |
| Angebotsfrequenz | nur im Sommersemester |

| |
|---|
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| Successful completion of the module "Technologien der 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 | Wahlpflicht | 3,0 | 4,0 | 90 hours |

| |
|--|
| Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung |
| The aim of the module is to train the skills for manufacturing electrically active implants, to become familiar with basic structures and elements as well as methods and processes for their manufacture. The theoretical engineering basis for understanding the function and failure modes of this type of implants is complemented by practical skills and experience during own manufacturing of a demonstrator of an active implant. |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| Written test prior to each of the seven experiments. The module grade is the average of the marks obtained in the seven tests. |
| Zu erbringende Studienleistung |
| Mandatory attendance in the 12 sessions is required. In case of illness, an additional session is offered. |

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

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



| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|---|-----------------------|
| Technologien der Implantatfertigung - Praktikum / Implant Manufacturing Technologies - Laboratory | 11LE50MO-5314 PO 2021 |
| Veranstaltung | |
| Technologien der Implantatfertigung - Praktikum / Implant Manufacturing Laboratory | |
| Veranstaltungsart | Nummer |
| Praktikum | 11LE50P-5314 |
| Veranstalter | |
| Institut für Mikrosystemtechnik Biomedizinische Mikrotechnik | |

| | |
|-----------------------------|-----------------------|
| ECTS-Punkte | 3,0 |
| Arbeitsaufwand | 90 hours |
| Präsenzstudium | 52 hours |
| Selbststudium | 38 hours |
| Semesterwochenstunden (SWS) | 4,0 |
| Mögliche Fachsemester | |
| Angebotsfrequenz | nur im Sommersemester |
| Pflicht/Wahlpflicht (P/WP) | Wahlpflicht |
| Lehrsprache | englisch |

| 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"> ■ Laser marking and cutting ■ Screen printing ■ Hybrid implant assembly ■ Design of printed circuit boards ■ Development and etching of printed circuit boards ■ Cleansing and cleaning of substrates ■ Silicone encapsulation or electronic circuits ■ Packaging and sterilization ■ Technical implant function test |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| see module details |
| Zu erbringende Studienleistung |
| see module details |
| 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. |



| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|--|-----------------------|
| Biotechnologie für Ingenieurinnen und Ingenieure I: Einführung, Molekular- und Mikrobiologie | 11LE50MO-5372 PO 2021 |
| Verantwortliche/r | |
| Prof. Dr. Felix von Stetten | |
| Veranstalter | |
| Institut für Mikrosystemtechnik Anwendungsentwicklung | |
| Fachbereich / Fakultät | |
| Institut für Mikrosystemtechnik | |

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

| |
|---|
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| No previous knowledge in Biotechnology required |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| No previous knowledge in Biotechnology required |

| Zugehörige Veranstaltungen | | | | | |
|--|-----------|-------------|------|-----|----------------|
| Name | Art | P/WP | ECTS | SWS | Arbeitsaufwand |
| Biotechnologie für Ingenieurinnen und Ingenieure I: Einführung, Molekular- und Mikrobiologie | Vorlesung | Wahlpflicht | 3,0 | 2,0 | |

| |
|--|
| Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung |
| Successful candidates know the spectrum of biotechnology and have an understanding of microbiological and molecular biological principles and methods. They are able to evaluate in which areas of micro- and molecular biology the use of (Micro)systems Engineering enables future improvements. |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| oral examination (duration 30 minutes) |
| Zu erbringende Studienleistung |
| none |

Verwendbarkeit des Moduls

As compulsory elective in

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



| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|--|-----------------------|
| Biotechnologie für Ingenieurinnen und Ingenieure I: Einführung, Molekular- und Mikrobiologie | 11LE50MO-5372 PO 2021 |
| Veranstaltung | |
| Biotechnologie für Ingenieurinnen und Ingenieure I: Einführung, Molekular- und Mikrobiologie | |
| Veranstaltungsart | Nummer |
| Vorlesung | 11LE50V-5372 PO 2021 |
| Veranstalter | |
| Institut für Mikrosystemtechnik Anwendungsentwicklung | |

| | |
|-----------------------------|-----------------------|
| ECTS-Punkte | 3,0 |
| Präsenzstudium | 45 |
| Selbststudium | 45 |
| Semesterwochenstunden (SWS) | 2,0 |
| Mögliche Fachsemester | |
| Angebotsfrequenz | nur im Sommersemester |
| Pflicht/Wahlpflicht (P/WP) | Wahlpflicht |
| Lehrsprachen | deutsch, englisch |

| |
|--|
| Inhalte |
| <ul style="list-style-type: none"> - Spectrum of biotechnology - Basics of micro- and molecular biology - Laboratory instrumentation and automation - Microbiological methods - Molecular biological methods - Methods for genome sequencing <p>Lab course "Biotechnology for Engineers I" - please enrol separately</p> |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| see module details |
| Zu erbringende Studienleistung |
| none |
| Literatur |
| Supplementary Literature: <ul style="list-style-type: none"> - Biotechnology for Beginners, Renneberg et al., Spektrum Akademischer Verlag - Pocket Guide to Biotechnology and Genetic Engineering, R.D.Schmid, Wiley-VCH - Color Atlas of Biochemistry, Jan Koolmann et al., Thieme |
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| none |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| none |



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

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

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

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

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

| |
|---|
| 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 |
| schriftliche Ausarbeitung, Protokoll / written composition Durchführung von Versuchen / Reports on exercises |
| 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 OR 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 and 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 |
| Veranstaltung | |
| 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) | Wahlpflicht |
| Lehrsprache | englisch |

| |
|--|
| Inhalte |
| 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. |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| see module details |
| Zu erbringende Studienleistung |
| see module details |
| Literatur |
| Up-to-date literature recommendations are provided during the lectures. |
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| None |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| 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 |
| Veranstaltung | |
| Wearable and Implantable Computing (WIC) | |
| Veranstaltungsart | Nummer |
| Übung | 11E13Ü-1402_PO 2020 |
| Veranstalter | |
| Institut für Informatik Intelligente Eingebettete Systeme | |

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

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

↑

| 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_PO 2009_2 | 11LE50MO-5704 PO 2021 |
| Verantwortliche/r | |
| Prof. Dr. Jürgen Wöllenstein | |
| Veranstalter | |
| Institut für Mikrosystemtechnik Dünnschicht-Gassensorik | |
| Fachbereich / Fakultät | |
| Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik | |

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

| |
|---|
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| Keine |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| keine |

| Zugehörige Veranstaltungen | | | | | |
|----------------------------|-----------|-------------|------|-----|----------------|
| Name | Art | P/WP | ECTS | SWS | Arbeitsaufwand |
| Gassensorik / Gas sensors | Vorlesung | Wahlpflicht | 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">■ 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 |
|---|-----------------------|
| Gassensorik / Gas sensors_PO 2009_2 | 11LE50MO-5704 PO 2021 |
| Veranstaltung | |
| Gassensorik / Gas sensors | |
| Veranstaltungsart | Nummer |
| Vorlesung | 11LE50V-5704 |
| Veranstalter | |
| Institut für Mikrosystemtechnik Dünnschicht-Gassensorik | |

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

| Inhalte |
|---|
| <p>In der Vorlesung werden Gassensoren, die auf unterschiedlichsten, chemischen und physikalischen Prinzipien basieren, vorgestellt und deren Funktionsweise, Herstellung und Anwendung vermittelt. Gassensoren decken Massenmärkte mit sehr großen Stückzahlen ebenso ab, wie applikationsspezifische Sonderlösungen. Folgende wichtige Grundlagen für die Gassensorik werden diskutiert:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Wechselwirkung Gas-Halbleiter, Adsorption, Elektrische Auswirkungen von adsorbierten Gasen ■ Wärmeleitung u. -kapazität, Paramagnetismus von Gasen ■ Schwingungs- und Rotationsspektren im IR, Druck- und Dopplerverbreiterung, Linienformen ■ Interferometer, Schwarzkörperstrahlung, Elektrochemie <p>Folgende Bauelemente und Messsysteme werden vorgestellt:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Metalloxidgassensoren, Lambdasonde, Gassensitive Feldeffekttransistoren ■ Wärmeleitfähigkeitssensoren, Pelistoren ■ Paramagnetischer Sauerstoffsensoren ■ Optische Systeme (Laserspektrometer, Filterphotometer, Photoakustik, Wellenleiter), Fourier Transformations Infrarot Spektrometer ■ Elektrochemische Sensoren, Elektronische Nasen |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| siehe Modulebene |
| Zu erbringende Studienleistung |
| keine |
| Literatur |
| Begleitend zur Vorlesung wird ein Folien-Skriptum zur Verfügung gestellt. |

| |
|---|
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| Keine |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| Keine |

↑

| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|--|-----------------------|
| Laser | 11LE50MO-5283 PO 2021 |
| Verantwortliche/r | |
| PD Dr. Ingo Breunig | |
| Veranstalter | |
| Institut für Mikrosystemtechnik Optische Systeme | |
| Fachbereich / Fakultät | |
| Technische Fakultät | |

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

| |
|---|
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| keine |

| Zugehörige Veranstaltungen | | | | | |
|----------------------------|-----------|-------------|------|-----|-------------------------|
| Name | Art | P/WP | ECTS | SWS | Arbeitsaufwand |
| Laser | Vorlesung | Wahlpflicht | 6,0 | 2,0 | 180 Stunden / 180 hours |
| Laser | Übung | Pflicht | | 2,0 | |

| |
|---|
| Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung |
| Lasers are versatile tools with a high relevance for microsystems engineering. In this course, the students gain knowledge about different types of lasers and their respective applications. They achieve a deeper understanding on the fundamentals of laser operation. Consequently, the participants will be able to - Select an appropriate laser for a given task - Better design microsystems including lasers - Easier understand already existing systems |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| Klausur / written exam (Dauer/duration 120 Mins.) |
| Zu erbringende Studienleistung |
| keine none |

Verwendbarkeit des Moduls

Compulsory elective module for students of the study program

- M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Photonics
- M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Photonik
- M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area Photonics



| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|--|-----------------------|
| Laser | 11LE50MO-5283 PO 2021 |
| Veranstaltung | |
| Laser | |
| Veranstaltungsart | Nummer |
| Vorlesung | 11LE50V-5283 PO 2021 |
| Veranstalter | |
| Institut für Mikrosystemtechnik Optische Systeme | |

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

| |
|---|
| Inhalte |
| Fundamentals of laser operation and basic setup - Resonator concepts and miniaturization concepts - Properties of different laser types (gas lasers, solid state lasers, semiconductor lasers) - Important operation modes (single frequency, short laser pulses) - Changing the color of laser light - Applications (analytics, 3d shape determination,...) |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| siehe Modulebene |
| Zu erbringende Studienleistung |
| siehe Modulebene |
| Literatur |
| A. E. Siegman, "Lasers" D. Meschede, "Optics, Light and Lasers" A. Yariv, "Photonics: Optical Electronics in Modern Communications" |
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| None |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| It is recommended to have attended the "Micro-optics" lecture before attending this course. |

↑

| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|--|-----------------------|
| Laser | 11LE50MO-5283 PO 2021 |
| Veranstaltung | |
| Laser | |
| Veranstaltungsart | Nummer |
| Übung | 11LE50Ü-5283 PO 2021 |
| Veranstalter | |
| Institut für Mikrosystemtechnik Optische Systeme | |

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

| |
|---|
| Inhalte |
| In the tutorials, the content of the lectures will be applied using practical examples. Here, we emphasize the importance of knowing which approximations/assumptions are made when describing the underlying effects. Furthermore, we cover relevant engineering-based questions like: Why do semiconductor-laser materials have a refractive index of 3 and beyond? or Why do we need tens of amplifiers for transatlantic laser-based telecommunication? |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| siehe Modulebene |
| Zu erbringende Studienleistung |
| siehe Modulebene |
| 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 |
| Semesterwochenstunden (SWS) | 5,0 |
| Mögliche Fachsemester | 3 |
| Moduldauer | 1 Semester |
| Pflicht/Wahlpflicht (P/WP) | Wahlpflicht |
| Angebotsfrequenz | nur im Wintersemester |

| |
|---|
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| none |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| none |

| Zugehörige Veranstaltungen | | | | | |
|---|-----------|-------------|------|-----|----------------|
| Name | Art | P/WP | ECTS | SWS | Arbeitsaufwand |
| Physics of Microscopy and Optical Image Formation | Vorlesung | Wahlpflicht | 6,0 | 3,0 | 180 hours |
| Physics of Microscopy and Optical Image Formation | Übung | Wahlpflicht | | 2,0 | |

| Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung |
|---|
| <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 <ul style="list-style-type: none">■ 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 |
| Veranstaltung | |
| 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) | Wahlpflicht |

| Inhalte |
|--|
| <p>1. Microscopy: History, Presence and Future</p> <p>1.1 History</p> <p>1.2 Present and Future Tasks</p> <p>1.3 Literature</p> <p>2. Wave- and Fourier-Optics</p> <p>2.1 What is Light?</p> <p>2.2 The change of Light in Matter</p> <p>2.3 Helmholtz equation and plane waves</p> <p>2.4 Wave functions in space and frequency domain</p> <p>2.5 Superposition of waves: Interference and Coherence</p> <p>2.6 Fourier-Optics</p> <p>2.7 Wave propagation and diffraction</p> <p>3. Three-dimensional optical imaging and information transfer</p> <p>3.1 Imaging through lenses</p> <p>3.2 Optical image formation – a spatial low-pass filtering</p> <p>3.3 Optical resolution and optical transfer function</p> <p>3.4 Coherent and incoherent imaging</p> <p>3.5 Vectorial light focusing</p> <p>3.6 Aberrations of the Point-Spread Function</p> <p>4. Contrast enhancement by Fourier-filtering</p> <p>4.1 Image formation with phase objects</p> <p>4.2 Phase contrast according to Zernike</p> <p>4.3 Dark field microscopy and amplitude spatial filters</p> <p>4.4 Generating contrast by polarization</p> <p>4.5 Holographic microscopy</p> |

- 5. Fluorescence – Basics and Techniques
 - 5.1 Definitions and principles of light scattering
 - 5.2 Fluorescence excitation und emission
 - 5.3 Decay rates and fluorescence lifetime
 - 5.4 Fluorescence Polarisation and Anisotropy
- 6. Point scanning and confocal microscopy
 - 6.1 Image formation with point- and area-detectors
 - 6.2 Confocal microscopy
 - 6.3 4pi Microscopy
- 7. Microscopy in thick media
 - 7.1 Photon diffusion in strongly scattering media
 - 7.2 Light Sheet Microscopy
 - 7.3 Microscopy with holographic scan beams
 - 7.4 Lattice light-sheet microscopy
- 8. Nearfield and Evanescent Field Microscopy
 - 8.1 The spectrum of near fields and far fields
 - 8.2 Nearfield Scanning Optical Microscopy (NSOM)
 - 8.3 Evanescent illumination and TIR- Microscopy
- 9. Super-resolution by structured illumination
 - 9.1 Modulated illumination to increase resolution
 - 9.2 Structured illumination for axial sectioning
- 10. Multi-Photon-Microscopy
 - 10.1 Basics of nonlinear optics
 - 10.2 Two-photon fluorescence microscopy
 - 10.3 Second Harmonic Generation-Microscopy
 - 10.4 CARS microscopy
- 11. Super-resolution imaging by switching single molecules
 - 11.1 Position tracking
 - 11.2 STED-Microscopy
 - 11.3 PALM and STORM
 - 11.4 Super-resolution optical fluctuation imaging (SOFI)
- 12. Appendix
 - 12.1 Signal and Noise
 - 12.2 Survey about super resolution microscopy

Zu erbringende Prüfungsleistung

see module details

Zu erbringende Studienleistung

see module details

Literatur

An additional scriptum with defined blank areas (white boxes), accompanying the lecture contents, will be provided.

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung

none

Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung

none

↑

| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|--|-----------------------|
| Physics of Microscopy and Optical Image Formation | 11LE50MO-5902 PO 2021 |
| Veranstaltung | |
| Physics of Microscopy and Optical Image Formation | |
| Veranstaltungsart | Nummer |
| Übung | 11LE50Ü-5902 |
| Veranstalter | |
| Institut für Mikrosystemtechnik Bio- und Nano-Photonik | |

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

| |
|---|
| Inhalte |
| The tutorials help the student to get a more in depth and thorough understanding of the lecture. Here, a special focus is put on the transfer of knowledge obtained in the lecture. To achieve this the students should prepare weekly exercises and present them during the tutorial. Only difficult exercises may be presented by the tutors. |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| 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 |
|---|-----------------------|
| Nano-Photonics - Optical manipulation and particle dynamics | 11LE50MO-5281 PO 2021 |
| Verantwortliche/r | |
| Prof. Dr. Alexander Rohrbach | |
| Veranstalter | |
| Institut für Mikrosystemtechnik Bio- und Nano-Photonik | |
| Fachbereich / Fakultät | |
| Technische Fakultät | |

| | |
|-----------------------------|-----------------------|
| ECTS-Punkte | 6,0 |
| Arbeitsaufwand | 180 h |
| Semesterwochenstunden (SWS) | 5,0 |
| Mögliche Fachsemester | 4 |
| Moduldauer | 1 Semester |
| Pflicht/Wahlpflicht (P/WP) | Wahlpflicht |
| Angebotsfrequenz | nur im Sommersemester |

| |
|---|
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| None |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| Basic courses in mathematics and physics, foundations of optics |

| Zugehörige Veranstaltungen | | | | | |
|---|-----------|-------------|------|-----|----------------|
| Name | Art | P/WP | ECTS | SWS | Arbeitsaufwand |
| Nano-Photonics - Optical manipulation and particle dynamics | Vorlesung | Wahlpflicht | 6,0 | 3,0 | 180 h |
| Nano-Photonics - Optical manipulation and particle dynamics | Übung | Wahlpflicht | | 2,0 | |

| |
|---|
| Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung |
| You think basic physics research and applied research leading to a social benefit cannot be well combined? When particles or macro-molecules undergo thermal collisions with smaller molecules in (complex) fluids or in air, thermal (Brownian) motion with stochastic changes in positions and velocities take place - beyond our imagination. Such particles can be viruses or particulates from combustion engines in the air that get into contact with e.g. lung cells. How can a limited number of photons be generated in such a way that they scatter efficiently at the small, fast particles and carry the maximum information with them. How can the particle information encoded by the scattered photons be amplified by intelligent detection mechanisms? How can rare but important interaction events be manipulated by photon momentum transfer and optical forces? |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| Written exam (120 minutes) |

Zu erbringende Studienleistung

There are exercises at regular intervals that have to be worked on and handed in. These are corrected and assessed with points. The course work is considered successfully passed when the student has submitted 60% of the exercises and demonstrated the solution of two assignments during the exercise sessions.

Verwendbarkeit des Moduls

Wahlpflichtmodul für Studierende des Studiengangs

- Bachelor of Science in Mikrosystemtechnik (PO 2018) im Wahlpflichtbereich, Bereich Mikrosystemtechnik

Compulsory elective module for students of the study program

- Master of Science in Microsystems Engineering (PO 2021), concentration area Photonics
- Master of Science in Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Photonik
- Master of Science in Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area Photonics



| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|---|-----------------------|
| Nano-Photonics - Optical manipulation and particle dynamics | 11LE50MO-5281 PO 2021 |
| Veranstaltung | |
| 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) | Wahlpflicht |
| Lehrsprache | englisch |

| 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"> - the transfer from the Maxwell equations and the electromagnetic force density to optical forces and optical tweezers, which allow to control molecular processes relevant to cellular biology and medicine - the basics of light scattering, how photons transfer momentum to microscopic objects and how scattered photons transfer information about the state of the objects. In contrast to incoherent photons, coherent light encodes significantly more information about small objects, which, driven by thermal forces, continuously change their position and orientation relative to their environment. All this can be directly measured through $\mu\text{s-nm}$ particle tracking. - how smallest probes can interact on a molecular scale with their environment, which can be analyzed by correlations of changes in the probe's states. In this way, the 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. <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"> ■ Introduction |

| |
|--|
| <ul style="list-style-type: none">■ Light – Carrier of Information and Actor■ Microscopy und Light Focussing■ Light Scattering■ Manipulation by Optical Forces■ Particle Tracking beyond the Uncertainty Regime■ Thermal Motion and Calibration■ Photonic Force Microscopy■ Applications in Biophysics and Medicine■ Time-Multiplexing and holographic optical traps■ Applications in Micro- and Nano-Technology■ Appendix |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| see module details |
| Zu erbringende Studienleistung |
| see module details |
| Literatur |
| Accompanying to the lecture printed lecture notes with defined gaps (white boxes) are distributed. |
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| None |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| Basic courses in mathematics and physics, foundations of optics |

↑

| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|---|-----------------------|
| Nano-Photonics - Optical manipulation and particle dynamics | 11LE50MO-5281 PO 2021 |
| Veranstaltung | |
| Nano-Photonics - Optical manipulation and particle dynamics | |
| Veranstaltungsart | Nummer |
| Übung | 11LE50Ü-5281 |
| Veranstalter | |
| Institut für Mikrosystemtechnik Bio- und Nano-Photonik | |

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

| |
|--|
| Inhalte |
| The tutorials help the students to get a more in depth and thorough understanding of the lecture. Here, a special focus is put on the transfer of knowledge obtained in the lecture. To achieve this the students should prepare weekly exercise and present them during the tutorial. Only difficult exercises are presented by the tutors. |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| see module details |
| Zu erbringende Studienleistung |
| see module details |
| 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 |
|--|-----------------------|
| Optik-Praktikum Grundlagen / Basic Optics Laboratory | 11LE50MO-5213 PO 2021 |
| Verantwortliche/r | |
| Prof. Dr. Hans Zappe | |
| Veranstalter | |
| Institut für Mikrosystemtechnik Mikrooptik | |
| Fachbereich / Fakultät | |
| Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik | |

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

| |
|--|
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| None |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| BSc. level in physics and mathematics; MSc. course Micro-optics. |

| Zugehörige Veranstaltungen | | | | | |
|--|-----------|-------------|------|-----|----------------|
| Name | Art | P/WP | ECTS | SWS | Arbeitsaufwand |
| Optik-Praktikum Grundlagen / Basic Optics Laboratory | Praktikum | Wahlpflicht | 3,0 | 2,0 | 90 hours |

| |
|---|
| Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung |
| <p>The Basic Optics Laboratory provides an opportunity for hands-on experimentation on the topics introduced in the Micro-optics course. As a result, the students will develop expertise in the design, assembly and characterization of optical systems and become experienced in making optical measurements.</p> <p>At the completion of the course, the successful student should possess:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ the ability to analyze measurement data and estimate errors; ■ the ability to apply error propagation methods; ■ the ability to assemble and align optical systems; ■ a basic understanding of optical design methods; ■ the ability to apply optical measurement techniques; ■ the ability to apply analytical and graphical techniques for analyzing optical images. |

| |
|--|
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| A laboratory report is required for each of the 8 experiments. The overall grade will be the average of the grades of the individual laboratory reports. All experiments must be performed and a lab report written. In case of illness an amended date for the missed experiment will be offered. |
| Zu erbringende Studienleistung |
| none |
| Verwendbarkeit des Moduls |
| Compulsory elective module for students of the study program <ul style="list-style-type: none">■ 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 |
| Veranstaltung | |
| 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) | Wahlpflicht |
| Lehrsprache | englisch |

| 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"> 1. Statistics and data analysis 2. Error propagation 3. Focal length of lenses 4. Focal length of lens systems 5. Construction of a microscope 6. Diffraction from gratings 7. Newton's rings 8. Fiber optics 9. Construction of an interferometer 10. Polarization |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| see module details |
| Zu erbringende Studienleistung |
| None |
| Literatur |
| <p>In German:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ E. Hecht: Optik ■ Walcher: Praktikum der Physik |

| |
|--|
| <ul style="list-style-type: none">■ Westphal: Physikalisches Praktikum■ Geschke: Physikalisches Praktikum <p>In English:</p> <ul style="list-style-type: none">■ H. Zappe: Fundamentals of Micro-optics■ E. Hecht: Optics■ B. Saleh & M. Teich: Fundamentals of Photonics■ S. Sinziger & J. Jahns: Microoptics■ W. Smith: Modern Optical Engineering■ P. Hariharan: Basics of interferometry■ R.R. Shannon: The art and science of optical design■ D. Malacara: Optical shop testing■ W.J. Smith: Practical optical system layout |
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| None |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| BSc. level in physics and mathematics; MSc. course Micro-optics. |
| Bemerkung / Empfehlung |
| Participants in this laboratory course will work in groups on the ten experimental modules. Individual guidance will be in English and German according to preference. Instruction manuals in English and German will be made available. |

↑

| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|--|-----------------------|
| Optik-Praktikum Fortgeschritten / Advanced Optics Laboratory | 11LE50MO-5280 PO 2021 |
| Verantwortliche/r | |
| Prof. Dr. Hans Zappe | |
| Veranstalter | |
| Institut für Mikrosystemtechnik Mikrooptik | |
| Fachbereich / Fakultät | |
| Technische Fakultät | |

| | |
|-----------------------------|-----------------------|
| ECTS-Punkte | 3,0 |
| Arbeitsaufwand | 30 hours |
| Semesterwochenstunden (SWS) | 2,0 |
| Mögliche Fachsemester | 3 |
| Moduldauer | 1 Semester |
| Pflicht/Wahlpflicht (P/WP) | Wahlpflicht |
| Angebotsfrequenz | nur im Wintersemester |

| |
|--|
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| none |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| Successful participation in the 'Basic Optics Laboratory' is a prerequisite. |

| Zugehörige Veranstaltungen | | | | | |
|--|-----------|-------------|------|-----|----------------|
| Name | Art | P/WP | ECTS | SWS | Arbeitsaufwand |
| Optik-Praktikum Fortgeschritten / Advanced Optics Laboratory | Praktikum | Wahlpflicht | 3,0 | 2,0 | 90 hours |

| Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung |
|--|
| <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"> ■ the ability to design optical systems ■ the ability to assemble and align complex optical systems ■ the ability to analyze the properties of optical systems ■ an insight into modern optical experiments ■ advanced knowledge in analyzing experimental results ■ an understanding of physics in optical setups |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| <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 <ul style="list-style-type: none">■ 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 |
| Veranstaltung | |
| 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) | Wahlpflicht |
| Lehrsprache | englisch |

| 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"> ■ Anamorphic imaging ■ Dynamically addressable gratings ■ Whispering gallery resonators ■ Michelson interferometer and coherence ■ Three dimensional light distribution in a 6f system ■ Diode pumped solid state laser |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| see module details |
| Zu erbringende Studienleistung |
| None |
| Literatur |
| <p>In German:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Naumann/Schröder: Bauelemente der Optik ■ E. Hecht: Optik ■ Walcher: Praktikum der Physik ■ Westphal: Physikalisches Praktikum ■ Geschke: Physikalisches Praktikum <p>In English:</p> |

- H. Zappe: Fundamentals of Micro-optics
- Goodman: Introduction to Fourier Optics
- E. Hecht: Optics
- B. Saleh & M. Teich: Fundamentals of Photonics
- W. Smith: Modern Optical Engineering
- P. Hariharan: Basics of interferometry
- R.R. Shannon: The art and science of optical design
- W.J. Smith: Practical optical system layout

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung

Successful participation in the 'Basic Optics Laboratory' is a prerequisite

Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung

None

Bemerkung / Empfehlung

Participants in this laboratory course will work in groups on the ten experimental modules. Individual guidance will be in English and German according to preference. Instruction manuals in English and German will be made available.

↑

| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|--|-------------------------|
| Optische Materialien / Optical Materials | 11LE50MO-5113-2 PO 2021 |
| Verantwortliche/r | |
| Prof. Dr. Karsten Buse | |
| Veranstalter | |
| Institut für Mikrosystemtechnik Optische Systeme | |
| Fachbereich / Fakultät | |
| Technische Fakultät Albert-Ludwigs-Universität Freiburg | |

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

| |
|---|
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| None |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| It is strongly recommended to attend the Micro-optics lecture before attending this course. |

| Zugehörige Veranstaltungen | | | | | |
|--|-----------|-------------|------|-----|----------------|
| Name | Art | P/WP | ECTS | SWS | Arbeitsaufwand |
| Optische Materialien / Optical Materials - Vorlesung | Vorlesung | Wahlpflicht | | 2,0 | 180 hours |
| Optische Materialien / Optical Materials - Übung | Übung | Wahlpflicht | | 2,0 | |

| |
|---|
| Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung |
| Optical devices rely on optical materials that control the propagation (lenses, fibers), the polarization (half-wave plates, Faraday rotators), or the frequency (nonlinear-optical materials) of light. In this course, we will classify optical materials and cover the fundamentals of light-matter interaction as well as effects that are widely used in many applications. Our goal is to enable the participants to understand important optical devices from the material point-of-view and to qualify the attendees to select the right material for a particular application. |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| Written exam (150 minutes) |

| |
|--|
| Zu erbringende Studienleistung |
| none |
| Verwendbarkeit des Moduls |
| Compulsory elective module for students of the study program <ul style="list-style-type: none">■ 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 |
| Veranstaltung | |
| 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) | Wahlpflicht |
| Lehrsprache | englisch |

| |
|---|
| 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 |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| see module details |
| Zu erbringende Studienleistung |
| None |
| Literatur |
| <ul style="list-style-type: none"> ■ B. E. A. Saleh, M. C. Teich, „Grundlagen der Photonik“ ■ A. Yariv, "Photonics: Optical Electronics in Modern Communications" |
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| 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 |
| Veranstaltung | |
| 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) | Wahlpflicht |
| Lehrsprache | englisch |

| |
|--|
| Inhalte |
| |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| See lecture |
| 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 |
| Semesterwochenstunden (SWS) | 2,0 |
| Mögliche Fachsemester | 4 |
| Moduldauer | 1 Semester |
| Pflicht/Wahlpflicht (P/WP) | Wahlpflicht |
| Angebotsfrequenz | nur im Sommersemester |

| |
|--|
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| None |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| It is strongly recommended to successfully complete the Micro-optics module before taking this course. |

| Zugehörige Veranstaltungen | | | | | |
|--|-----------|-------------|------|-----|----------------|
| Name | Art | P/WP | ECTS | SWS | Arbeitsaufwand |
| Optische MEMS / Optical MEMS - Vorlesung | Vorlesung | Wahlpflicht | 3,0 | 2,0 | 90 hours |

| |
|--|
| Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung |
| <ul style="list-style-type: none"> ■ Theoretical understanding of fundamental optical phenomena exploited by the MOEMS technology ■ Acquisition of the essential skills necessary for the design, microfabrication, modeling, and characterization of MEMS/MOEMS components ■ A comprehensive knowledge of MOEMS based commercial systems and a basic understanding of the particular applications enabled by MOEMS |
| 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 |
| Veranstaltung | |
| Optische MEMS / Optical MEMS - Vorlesung | |
| Veranstaltungsart | Nummer |
| Vorlesung | 11LE50V-5240 |

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

| Inhalte |
|---|
| Module1: MOEMS Fundamentals <ul style="list-style-type: none"> • Optics Review • MEMS Manufacturing Techniques • Actuators and Position Sensing • Design and Modeling • Test and Characterization |
| Module 2: MOEMS Devices <ul style="list-style-type: none"> • Micromirrors • Tunable Gratings • Active Microlenses • Tunable Optical Resonators |
| Module 3: MOEMS Systems <ul style="list-style-type: none"> • Display and Imaging Systems • MOEMS in Telecommunication Networks • Scientific Instrumentation |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| see module details |
| Zu erbringende Studienleistung |
| none |
| Literatur |
| MEMS and MOEMS Related Books <ul style="list-style-type: none"> ■ An Introduction to Microelectromechanical Systems Engineering by N. Maluf ■ Microsystem Design by Stephen Senturia ■ Micromachined Transducers Sourcebook by G. Kovacs ■ Fundamentals of Microfabrication by Marc Madou |

- Micro Electro Mechanical System Design by J. Allen
- Analysis and Design Principles of MEMS Devices by Minhang Bao
- The MEMS Handbook by Mohamed Gad-el-Hak
- MOEMS: Micro-Opto-Electro-Mechanical Systems by Manouchehr E. Motamedi
- Foundations of MEMS by Chang Liu
- MEMS & Microsystems by Tai-Ran Hsu

Scientific Journals

- Journal of Microelectromechanical Systems / IEEE
- Journal of Micromechanics and Microengineering / IOP
- Journal of Micro/Nanolithography, MEMS, and MOEMS / SPIE
- Microsystem Technologies / SPRINGER
- Sensors and Actuators A-Physical / ELSEVIER
- Applied Optics / OSA
- Optics Letters / OSA
- Optics Express / OSA
- Applied Physics Letters / AIP
- Journal of Biomedical Optics / SPIE

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung

None

Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung

It is strongly recommended to successfully complete the Micro-optics module before taking this course.

↑

| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|--|-----------------------|
| Optische Messverfahren: Grundlagen und Anwendungen in der Praxis / Optical measurement techniques | 11LE50MO-5710 PO 2021 |
| Verantwortliche/r | |
| Prof. Dr. Karsten Buse | |
| Veranstalter | |
| Institut für Mikrosystemtechnik Optische Systeme | |
| Fachbereich / Fakultät | |
| Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik | |

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

| |
|---|
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| None |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| None |

| Zugehörige Veranstaltungen | | | | | |
|---|---------|-------------|------|-----|----------------|
| Name | Art | P/WP | ECTS | SWS | Arbeitsaufwand |
| Optische Messverfahren: Grundlagen und Anwendungen in der Praxis / Optical measurement techniques - Seminar | Seminar | Wahlpflicht | 3,0 | 2,0 | 90 hours |

| |
|---|
| Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung |
| The students gain knowledge about different optical measurement techniques for shape determination of objects or for material characterization. They achieve a deeper understanding of the physical background. Consequently, the participants are able to estimate the fundamental and technological limitations of the methods presented. This enables the students to select an appropriate optical measurement technique for a given task. Furthermore, the participants get trained in preparing and presenting excellent talks. |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| Written composition in the form of a short scientific paper (5-10 pages) and oral presentation (duration 30 minutes) |

| |
|--|
| Zu erbringende Studienleistung |
| none |
| Verwendbarkeit des Moduls |
| Compulsory elective module for students of the study program <ul style="list-style-type: none">■ 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 |
| Veranstaltung | |
| Optische Messverfahren: Grundlagen und Anwendungen in der Praxis / Optical measurement techniques - Seminar | |
| Veranstaltungsart | Nummer |
| Seminar | 11LE50V-5710 |
| Veranstalter | |
| Institut für Mikrosystemtechnik Optische Systeme | |

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

| Inhalte |
|---|
| <p>During the first meeting the organizers will present a list of topics from which each active participant of the seminar can select one. For each topic literature will be provided. Starting with this material the active participants of the seminar will familiarize themselves with the content. This will be done by discussions as well as by further literature search. Based on the accumulated knowledge, an outline for talks will be made and finally the viewgraphs will be prepared. Then the talk will be presented in the seminar. Typical duration of the talk is 30 minutes. After the talk there will be a discussion about the content. And as a second part of the discussion technical issues of the talk will be analyzed. Finally, a short written summary of the talk will be prepared. Talks can be given in German or English.</p> <p>This semester, the following topics are available:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 3d-shape determination ■ Optical microresonators for sensing ■ Terahertz waves for material characterization ■ Photoacoustic spectroscopy ■ Laser spectroscopy ■ Fluorescence spectroscopy ■ and more |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| see module details |
| Zu erbringende Studienleistung |
| None |

| |
|--|
| Literatur |
| The advisor will provide literature as a starting package. |
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| None |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| None |

↑

| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|---|-----------------------|
| Optical metrology for quality assurance in sustainable production | 11LE50MO-4305 PO 2021 |
| Verantwortliche/r | |
| Dr. Daniel Carl | |
| Veranstalter | |
| Institut für Nachhaltige Technische Systeme | |
| Fachbereich / Fakultät | |
| Technische Fakultät | |

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

| |
|---|
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| Keine |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| Fundamental knowledge about photonics |

| Zugehörige Veranstaltungen | | | | | |
|---|-----------|-------------|------|-----|----------------|
| Name | Art | P/WP | ECTS | SWS | Arbeitsaufwand |
| Optical metrology for quality assurance in sustainable production | Vorlesung | Wahlpflicht | 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"> ■ Basic principles of geometrical optical measurements, ■ Fundamentals of wave optics, ■ Operation of optical sensors, ■ Principles of digital data/image processing, |

| |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ■ Different optical measurement methods and their applications. ■ Schematics to identify opportunities to improve the efficiency of production processes by optical metrology |
| 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"> ■ Master of Science im Fach Sustainable Systems Engineering, Prüfungsordnungsversion 2016: Die Modulnote wird nach ECTS-Punkten einfach gewichtet in die Gesamtnote eingerechnet. |
| Literatur |
| <ul style="list-style-type: none"> - LEACH, Richard (Hg.). Optical measurement of surface topography. Berlin: Springer, 2011. - Saleh, Bahaa EA, and Malvin Carl Teich. Fundamentals of photonics. John Wiley & Sons, 2019. |
| Verwendbarkeit des Moduls |
| <p>Wahlmodul für Studierende des Studiengangs / Elective module for students in the programme</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Master of Science in Sustainable Systems Engineering -Resilienz / Resilience Engineering ■ 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 |
|---|-----------------------|
| Optical metrology for quality assurance in sustainable production | 11LE50MO-4305 PO 2021 |
| Veranstaltung | |
| Optical metrology for quality assurance in sustainable production | |
| Veranstaltungsart | Nummer |
| Vorlesung | 11LE68V-4305 |

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

| |
|---|
| Inhalte |
| <ul style="list-style-type: none"> ■ Basic principles of geometrical optical measurements ■ Fundamentals of wave optics ■ Optical Sensors ■ Overview of optical measurement principles and their applications ■ Incoherent methods (Triangulation, Fringe projection, ...) ■ Coherent methods (Interferometry, Speckle, Holography, ...) ■ Confocal methods ■ Examples for successful implementation of optical metrology in industry, with economical and sustainability win-win situations <p>The lecture includes an excursion to production control laboratories at Fraunhofer IPM.</p> |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| See module |
| Zu erbringende Studienleistung |
| See module |
| Literatur |
| <ul style="list-style-type: none"> ■ LEACH, Richard (Hg.). Optical measurement of surface topography. Berlin: Springer, 2011. ■ Saleh, Bahaa EA, and Malvin Carl Teich. Fundamentals of photonics. John Wiley & Sons, 2019. |
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| None |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| Fundamental knowledge about photonics |
| Lehrmethoden |
| Lecture |

↑

| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|--|-----------------------|
| Optische Mikrosensoren / Optical Micro-Sensors | 11LE50MO-5711 PO 2021 |
| Verantwortliche/r | |
| PD Dr.-Ing. Albrecht Brandenburg | |
| Fachbereich / Fakultät | |
| Technische Fakultät Institut für Mikrosystemtechnik | |

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

| |
|---|
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| keine |

| Zugehörige Veranstaltungen | | | | | |
|--|-----------|-------------|------|-----|----------------|
| Name | Art | P/WP | ECTS | SWS | Arbeitsaufwand |
| Optische Mikrosensoren / Optical Micro-Sensors - Vorlesung | Vorlesung | Wahlpflicht | 3,0 | 2,0 | 90 Stunden |

| |
|--|
| Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung |
| Kenntnis der Prinzipien miniaturisierter optischer Sensoren, Vertiefung bei den Gebieten Wegsensorik, Drehratensensoren sowie chemische und biochemische Sensoren. |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| Je nach Teilnehmeranzahl schriftliche (Klausur, Dauer 90 Minuten) oder mündliche (Dauer 30 Minuten) Abschlussprüfung |
| Zu erbringende Studienleistung |
| keine |

↑

| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|--|-----------------------|
| Optische Mikrosensoren / Optical Micro-Sensors | 11LE50MO-5711 PO 2021 |
| Veranstaltung | |
| Optische Mikrosensoren / Optical Micro-Sensors - Vorlesung | |
| Veranstaltungsart | Nummer |
| Vorlesung | 11LE50V-5711 |

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

| |
|--|
| Inhalte |
| <ul style="list-style-type: none"> ■ Vorbereitende Inhalte: Grundlagen der Optik (kurze Wiederholung), Lichtwellenleiter. ■ Optische Grundlagen für die Sensorik: Interferometrie, Sagnac-Effekt, Spektroskopie, Fluoreszenz. ■ Detaillierte Darstellung der Funktion und der technologischen Realisierung von Wegsensoren, Drehra-tensensoren, Miniaturspektrometern und fluoreszenzoptischen Sensoren sowie Microarray-Technolo-gien. |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| siehe Modulebene |
| Zu erbringende Studienleistung |
| keine |
| Literatur |
| <ul style="list-style-type: none"> ■ G. Schröder: Technische Optik, Vogel-Verlag, Würzburg 1980 ■ T. Tamir (Hrsg.): Guided wave optoelectronics, Springer-Verlag 1988 ■ W. Bludau: Lichtwellenleiter in Sensorik und optischer Nachrichtentechnik, Springer-Verlag Berlin Heidel-berg 1998 ■ W. Schmidt: Optische Spektroskopie, VCH Verlagsgesellschaft Weinheim 1994 |
| 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 |
| Semesterwochenstunden (SWS) | 2,0 |
| Mögliche Fachsemester | 4 |
| Moduldauer | 1 Semester |
| Pflicht/Wahlpflicht (P/WP) | Wahlpflicht |
| Angebotsfrequenz | nur im Sommersemester |

| |
|--|
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| Students need to have passed the final exam in Micro-optics. |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| BSc. level physics and mathematics; MSc course Micro-optics |

| Zugehörige Veranstaltungen | | | | | |
|----------------------------------|-----------|-------------|------|-----|----------------|
| Name | Art | P/WP | ECTS | SWS | Arbeitsaufwand |
| Optoelektronik / Optoelectronics | Vorlesung | Wahlpflicht | 3,0 | 2,0 | 90 hours |

| Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung |
|---|
| <p>Optoelectronics is situated at the overlap between optics and electronics and forms the core of the field of photonics. Lasers and LEDs are essential optical semiconductor devices which form the basis for technologies ranging from world-wide high-speed optical data networks to advanced medical instrumentation to high-efficiency indoor lighting.</p> <p>This course covers the optoelectronics field and introduces the student to the physical principles underlying lasers and quantum light emission; the III-V materials on which almost all optoelectronic components are based; the structure and functionality of laser diodes, LEDs, photodetectors and modulators; and a wide variety of applications for optoelectronic components.</p> <p>At the completion of the course, the successful student should possess:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ the ability to understand and analyze the essential properties of lasers; ■ the ability to understand and analyze the essential properties of photodetectors and modulators; ■ an understanding of the basics of III-V materials and their fabrication; |

- an awareness of the important physical phenomena on which optoelectronics relies;
- a basic understanding of the physical processes underlying quantum electronics;
- the ability to understand and apply optoelectronic components to microsystems applications;
- the ability to research, plan, and write a technical paper of a standard required for a scientific publication.

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 |
| Veranstaltung | |
| 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) | Wahlpflicht |
| Lehrsprache | englisch |

| 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"> 1. Quantum light 2. Materials 3. Light-emitting diodes 4. Lasers 5. Macroscopic lasers 6. Laser diodes 7. Characterization 8. Photodetectors 9. Modulators 10. Applications: communications & medicine |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| see module details |
| Zu erbringende Studienleistung |
| see module details |
| Literatur |
| <ul style="list-style-type: none"> ■ A. Yariv: Optical Electronics ■ A. Siegmann: Lasers ■ H. Zappe: Laser Diode Microsystems ■ M. Fukuda: Optical Semiconductor Devices W.T. Silfvast: Laser Fundamentals |

| |
|--|
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| 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 |
| Semesterwochenstunden (SWS) | 5,0 |
| Mögliche Fachsemester | 2 |
| Moduldauer | 1 Semester |
| Pflicht/Wahlpflicht (P/WP) | Wahlpflicht |
| Angebotsfrequenz | nur im Sommersemester |

| |
|---|
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| None |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| None |

| Zugehörige Veranstaltungen | | | | | |
|----------------------------|-----------|-------------|------|-----|----------------|
| Name | Art | P/WP | ECTS | SWS | Arbeitsaufwand |
| Wave Optics | Vorlesung | Wahlpflicht | 6,0 | 3,0 | 180 hours |
| Wave Optics | Übung | Wahlpflicht | | 2,0 | |

| |
|--|
| Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung |
| The students understand how light interacts with small structures and how optical systems guide light. They know Maxwell's equations and the description of light as photon or wave, depending on the given problem. Furthermore, they understand the close connection between spatial and temporal coherence, interference and holography. The students also know the concepts of linear and non-linear light scattering, as well as the most important plasmonic effects. In total, the students know how to shape light in three dimensions and how optical problems that arise in research and development are solved. |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| For 6 or less students oral exam (40 min.), for 7 or more students written exam (120 min.) |
| Zu erbringende Studienleistung |
| The course work is considered succesfully 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 |
| Veranstaltung | |
| 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 | |
| Angebotsfrequenz | nur im Sommersemester |
| Pflicht/Wahlpflicht (P/WP) | Wahlpflicht |
| Lehrsprache | englisch |

| 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 & 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</p> |

Different methods are introduced of how to describe the propagation of waves in position space and frequency space. We do the direct transfer from propagation to diffraction of light and momentum space. We treat evanescent waves, thin diffracted objects, the propagation of light in inhomogeneous media and the diffraction at gratings. This allows to discuss important active elements such as acousto-optic and spatial light modulators. We end with adaptive optics and phase conjugation.

5. Interference, Coherence and Holography

We learn how a composition of k-vectors define the phases of interfering waves and the resulting stripe patterns. The relative phases of each partial wave in space and time change the interference significantly and define the coherence of light - these concepts will be discussed in detail. We learn how to write and read phase information in holography.

6. Light Scattering and Plasmonics

The interaction of light with matter is based on particle scattering: we discuss the theoretical concepts of light scattering on the background of Fourier theory. We 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 |
| Veranstaltung | |
| Wave Optics | |
| Veranstaltungsart | Nummer |
| Übung | 11LE50Ü-5221 |
| Veranstalter | |
| Institut für Mikrosystemtechnik Bio- und Nano-Photonik | |

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

| | |
|--|--|
| Inhalte | |
| During the exercise sessions the content of the lecture will be discussed in-depth and consolidated. In particular, students will be taught to transfer the acquired knowledge. The weekly exercise sheets have to be solved within a week and during the exercise sessions students will take turns in demonstrating their solutions on the blackboard, or - in the case of difficult assignments - the solution will be demonstrated by the tutor. | |
| Zu erbringende Prüfungsleistung | |
| see 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 |
|---|-----------------------|
| 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 |
| Semesterwochenstunden (SWS) | 2,0 |
| Mögliche Fachsemester | 2 |
| Moduldauer | 1 Semester |
| Pflicht/Wahlpflicht (P/WP) | Wahlpflicht |
| Angebotsfrequenz | nur im Sommersemester |

| |
|---|
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| keine |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| keine |

| Zugehörige Veranstaltungen | | | | | |
|----------------------------|-----------|-------------|------|-----|----------------|
| Name | Art | P/WP | ECTS | SWS | Arbeitsaufwand |
| Spektroskopische Methoden | Vorlesung | Wahlpflicht | 3,0 | 2,0 | 90 Stunden |

| |
|--|
| Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung |
| <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> |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| <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">■ M.Sc. Microsystems Engineering (PO 2021), Concentration Photonics■ M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Photonik■ M.Sc. Embedded Systems Engineering (PO 2021), in Microsystems Engineering Concentrations Area Photonics |

↑

| Name des Moduls | Nummer des Moduls |
|---|-----------------------|
| Spektroskopische Methoden | 11LE50MO-5717 PO 2021 |
| Veranstaltung | |
| Spektroskopische Methoden | |
| Veranstaltungsart | Nummer |
| Vorlesung | 11LE50V-5717 |
| Veranstalter | |
| Institut für Mikrosystemtechnik Dünnschicht-Gassensorik | |

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

| |
|--|
| Inhalte |
| Spektroskopische Anwendungen finden sich einer Vielzahl von Industrien, der Anwendungsorientierten- und Grundlagenforschung. In der Vorlesung wird ein Verständnis der physikalischen Grundlagen der verschiedenen Spektroskopietechniken und häufig verwendeten Komponenten vermittelt. Der Stand der Technik der verschiedenen Systeme wird vorgestellt. |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| siehe Modulebene |
| Zu erbringende Studienleistung |
| keine |
| Literatur |
| Begleitend zur Vorlesung werden die verwendeten Folien zur Verfügung gestellt. |
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| keine |
| Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung |
| 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 |
| Semesterwochenstunden (SWS) | 2,0 |
| Mögliche Fachsemester | 3 |
| Moduldauer | 1 Semester |
| Pflicht/Wahlpflicht (P/WP) | Wahlpflicht |
| Angebotsfrequenz | nur im Wintersemester |

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

| Zugehörige Veranstaltungen | | | | | |
|------------------------------|---------|-------------|------|-----|----------------|
| Name | Art | P/WP | ECTS | SWS | Arbeitsaufwand |
| Seminar Integrated Photonics | Seminar | Wahlpflicht | 3,0 | 2,0 | |

| |
|--|
| Lern- und Qualifikationsziele der Lehrveranstaltung |
| <ul style="list-style-type: none"> - professional search of scientific and technical information - assembly of a story for a presentation, considering the targeted audience - selection of informationen - professional composition of viewgraphs - successfull presentation and then also discussion of a scientific or technical topic - writing of a one-page summary - understanding of selected timely topics of integrated photonics |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| mündlicher Vortrag / oral presentation |
| Zu erbringende Studienleistung |
| regelmäßige Teilnahme gemäß §13 (2) der Rahmenprüfungsordnung Master of Science/ regular attendance according to § 13 (2) of the framework examination regulations |

Verwendbarkeit des Moduls

As compulsory elective in

- M.Sc. Embedded Systems Engineering (ESE) in Microsystems Engineering Concentrations Area: Photonics
- M.Sc. Microsystems Engineering in Microsystems Engineering Concentrations Area: Photonics
- M.Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2021), Vertiefung Photonik



| Name des Moduls | | Nummer des Moduls | |
|--|--|-----------------------|--|
| Seminar Integrated Photonics | | 11LE50MO-5721 PO 2021 | |
| Veranstaltung | | | |
| 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) | Wahlpflicht |
| Lehrsprachen | deutsch, englisch |

| |
|---|
| Inhalte |
| Topics from the area of integrated photonics will be provided for seminar talks. In a tutorial, an introduction to professional literature search and to the presentation of excellent talks will be given. Then individual support will be available for each talk: A starting package of literature will be provided. Assistance will be given for shaping a clear and convincing story and for selection of information that should make it into the speech. Then the viewgraphs will be made and commented. Finally, there will be the presentation, followed by a 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. |
| Zu erbringende Prüfungsleistung |
| siehe Modulebene/see module details |
| Zu erbringende Studienleistung |
| siehe Modulebene/see module details |
| Literatur |
| Will be provided for each talk individually. |
| Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung |
| |

↑

| Name des Kontos | Nummer des Kontos |
|---|--|
| Mikrosystemtechnik Individuelle Ergänzung | 11LE50KO-9991- MSc-286-2021 Ind Erg |
| Fachbereich / Fakultät | |
| Technische Fakultät | |

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

↑

| 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) | Wahlpflicht |
|----------------------------|-------------|

| Kommentar |
|---|
| Hier finden Sie Module aus dem Lehrangebot des IMTEK, die in diesem Bereich belegt werden können. |

↑

| 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) | | Wahlpflicht |

↑

| 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) | Wahlpflicht |
|----------------------------|-------------|

| Kommentar |
|--|
| Es kann maximal ein Sprachkurs anerkannt werden. |

↑