INATECH
INSTITUT FÜR NACHHALTIGE
TECHNISCHE SYSTEME

B.Sc.
Sustainable Systems Engineering

Modulhandbuch

Prüfungsordnung 2018
Stand 19.04.2024

Institut für Nachhaltige Technische Systeme (INATECH)
Technische Fakultät

universität freiburg

IMPRESSUM

Stand: 19.04.2024

Institut für Nachhaltige Technische Systeme (INATECH)
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Emmy-Noether-Straße 2
79110 Freiburg
www.inatech.uni-freiburg.de

Modulhandbuch zur Prüfungsordnung der Universität Freiburg
für den Studiengang Bachelor of Science (B. Sc.) Sustainable Systems Engineering
vom 17.12.2018 (Amtliche Bekanntmachungen Jg. 49, Nr. 63, S. 450–488).

Rückfragen und Korrekturmeldungen bitte an die Studiengangkoordination des SSE:
study@inatech.uni-freiburg.de

Inhaltsverzeichnis

Modulhandbuch ... 1
Der Studiengang ... 5
Kurzprofil ... 5
English Profile ... 6
Qualifikationsziele des Studiengangs ... 8
Curriculum / Studienverlauf ... 10
Studienorganisation ... 14
Lehr- und Lernformen ... 14
Prüfungsleistungen und Studienleistungen ... 16
Modulbeschreibungen (nach Fachsemestern) ... 18
1. Fachsemester ... 18
Mechanik ... 18
Mathematik I für Studierende der Informatik und der Ingenieurwissenschaften ... 20
System-Design-Projekt ... 22
Einführung in die Programmierung ... 25
Mikrosystemtechnik – Prozesse und Bauelemente ... 27
2. Fachsemester ... 29
Elektrodynamik und Optik ... 29
Mathematik II für Studierende der Ingenieurwissenschaften ... 31
Einführung in die Elektrotechnik ... 33
Studienseminar Sustainable Systems Engineering – SSE^2 ... 36
3. Fachsemester ... 39
Festkörperphysik ... 39
Differentialgleichungen ... 42
Kontinuumsmechanik ... 44
Elektronik – Bauelemente und analoge Schaltungen ... 47
Allgemeine und Anorganische Chemie ... 49
4. Fachsemester ... 51
Technische Thermodynamik ... 51
Werkstoffwissenschaft ... 54
Systemtheorie und Regelungstechnik ... 56
Schaltungstechnik / Circuit Technology ... 59
Messtechnik ... 61
Nachhaltigkeitskonzepte und -bewertung ... 64
5. Fachsemester ... 67
Werkstofftechnik und -prozesse ... 67
Nachhaltiges Wirtschaften ... 70
Signale und Systeme ... 72

Lebenszyklusanalyse 74
Simulationstechniken 76
Optoelektronische Quantenbauelemente 79
Quantencomputer / Quantum Computing 81
Grundlagen der mechanischen Werkstoffcharakterisierung.....84
Sustainable Systems Engineering – Studienprojekt.....86
6. Fachsemester 88
Nachhaltige Materialien 88
Angewandte Finite Elemente für die Strukturmechanik.....90
Grundlagen resilienter Systeme 93
Technologien Erneuerbarer Energien.....96
Nachhaltige Energiesysteme 99
Bachelormodul 101
Abkürzungsverzeichnis.....103

Der Studiengang

Kurzprofil

Fach	Sustainable Systems Engineering (SSE)
Abschluss	Bachelor of Science (B. Sc.)
Studiendauer	6 Semester (3 Jahre)
Studienform	Präsenzstudium, Vollzeit
Hochschule	Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Fakultät	Technische Fakultät
Institut	Institut für Nachhaltige Technische Systeme (INATECH)
Webseite	www.inatech.uni-freiburg.de
Profil des Studiengangs	Der Bachelorstudiengang Sustainable Systems Engineering umfasst 180 ECTS-Punkte. Das Hauptfach Sustainable Systems Engineering hat einen Leistungsumfang von 172 ECTS-Punkten. Auf den Bereich Berufsfeldorientierte Kompetenzen (BOK) entfallen 20 ECTS-Punkte; hiervon werden 12 ECTS-Punkte im Hauptfach Sustainable Systems Engineering erworben (interne Berufsfeldorientierte Kompetenzen). Der Bachelorstudiengang Sustainable Systems Engineering vermittelt in den ersten vier Semestern solide Grundlagen und Methoden der Ingenieurwissenschaften. Aufbauend auf diesen Grundlagen • Physik und Werkstofftechnik, • Mathematik und Systemtechnik, • Informatik und Messtechnik, • Elektronik und Energietechnik, • Chemie und Verfahrenstechnik sowie • Gesellschaft und Technik. bietet der Studiengang in den Folgesemestern eine methodische und fachliche Vertiefung in Themen der nachhaltigen Entwicklung aus ingenieurwissenschaftlicher Perspektive: • Energiesysteme einschließlich erneuerbare Energien, • Resilienz (beispielsweise von Systemen, Komponenten und Infrastrukturen) und • Nachhaltige Materialien. Neben dem Fachwissen werden den Studierenden ingenieurwissenschaftliche Schlüsselqualifikationen wie Simulationstechniken, Lebensdaueranalyse und Programmiersprachen, aber auch entsprechend ihren Interessen verschiedene „Soft Skills“ wie etwa Präsentationstechniken und Projektplanung vermittelt, die anschließend in der beruflichen Praxis eingesetzt werden können.
Ausbildungsziele des Studiengangs	Die Studierenden werden für • den Masterstudiengang „Sustainable Systems Engineering“,

	• Forschung & Entwicklung (z. B. an Fraunhofer- und Leibniz-Instituten) sowie • den Einstieg in das industrielle Berufsleben optimal qualifiziert. Dabei steht SSE-Absolventinnen und SSE-Absolventen eine hohe Anzahl an nationalen und internationalen dienstleistenden sowie produzierenden Unternehmen zur erfolgreichen Bewerbung zur Verfügung. Hierzu zählen Institutionen und Firmen, die in den folgenden Branchen tätig sind: • Umweltverträgliche Rohstoffgewinnung und Werkstoffbearbeitung, • Leistungseffiziente elektronische Komponenten und Systeme, • Effiziente Energieerzeugung und Energieverteilung, • Resiliente Infrastrukturen und urbane Räume, • Umweltfreundliche Transportmittel und Kraftfahrzeuge • Sichere Kommunikationstechnik und Datenspeicherung
Sprache	Deutsch (im Wahlpflichtbereich teilweise Englisch)
Zugangsvoraussetzungen	Der Bachelorstudiengang „Sustainable Systems Engineering ist nicht zulassungsbeschränkt. Hochschulreife und fließende Deutschkenntnisse (CEFR-Level C1) werden vorausgesetzt.

English Profile

Subject	*Sustainable Systems Engineering (SSE)*
Degree	*Bachelor of Science (B. Sc.)*
Duration	*6 semesters (3 years)*
Study format	*Full-time studies on campus*
University	*Albert-Ludwigs-Universität Freiburg*
Faculty	*Faculty of Engineering*
Department	*Department of Sustainable Systems Engineering (INATECH)*
Website	*www.inatech.uni-freiburg.de*
Profile of the Bachelor program	*The Bachelor of Science program Sustainable Systems Engineering comprises 180 ECTS points. The major Sustainable Systems Engineering amounts to 172 ECTS points. 20 ECTS points are gained in the study area "professional skills" ("Berufsfeldorientierte Kompetenzen"; BOK), of which 12 ECTS points are used by the major Sustainable Systems Engineering ("internal professional skills").* *During the first four semesters, the Bachelor of Science Sustainable Systems Engineering teaches solid basics and methods of engineering science in the areas* • *physics and materials,* • *mathematics and system engineering* • *informatics and instrumentation* • *electronics and energy engineering,* • *chemistry and process engineering, as well as* • *society and technology.*

	In the following semesters, the program builds on this basic knowledge and offers scientific (methodological and technical) specialization in the area of sustainable development from an engineering perspective: • *energy systems including renewable energy technologies,* • *resilience (for example of systems, components and infrastructures) and* • *sustainable materials.* *In addition to technical know-how, students will gather key engineering skills such as simulation techniques, methods of life cycle analysis and programming languages. Last but not least, students will acquire soft skills such as team work, stakeholder management, and/or presentation and moderation skills according to their interests and their selected elective courses.*
Educational goals and professional prospects	*Students will be optimally trained and qualified* • *to take up the consecutive, research-oriented Master program in Sustainable Systems Engineering (SSE),* • *to work in the area of Research and Development (R&D) for example at Fraunhofer or Leibniz institutes, and* • *to start a professional career in the industry.* *A wide range of national and international service and manufacturing companies are available to SSE graduates for successful application. Among them are institutions and companies active in the following fields:* • *environmentally compatible raw material extraction and materials processing* • *high-efficiency electronic components and systems* • *efficient power generation and distribution* • *resilient infrastructures and urban areas* • *environmentally friendly vehicles and transportation* • *secure communication technology and data storage*
Language	*German (a few elective modules are held in English)*
Admission requirements	*German higher education entrance qualification (or equivalent) and German language proficiency at the level of CEFR C1.*

Qualifikationsziele des Studiengangs

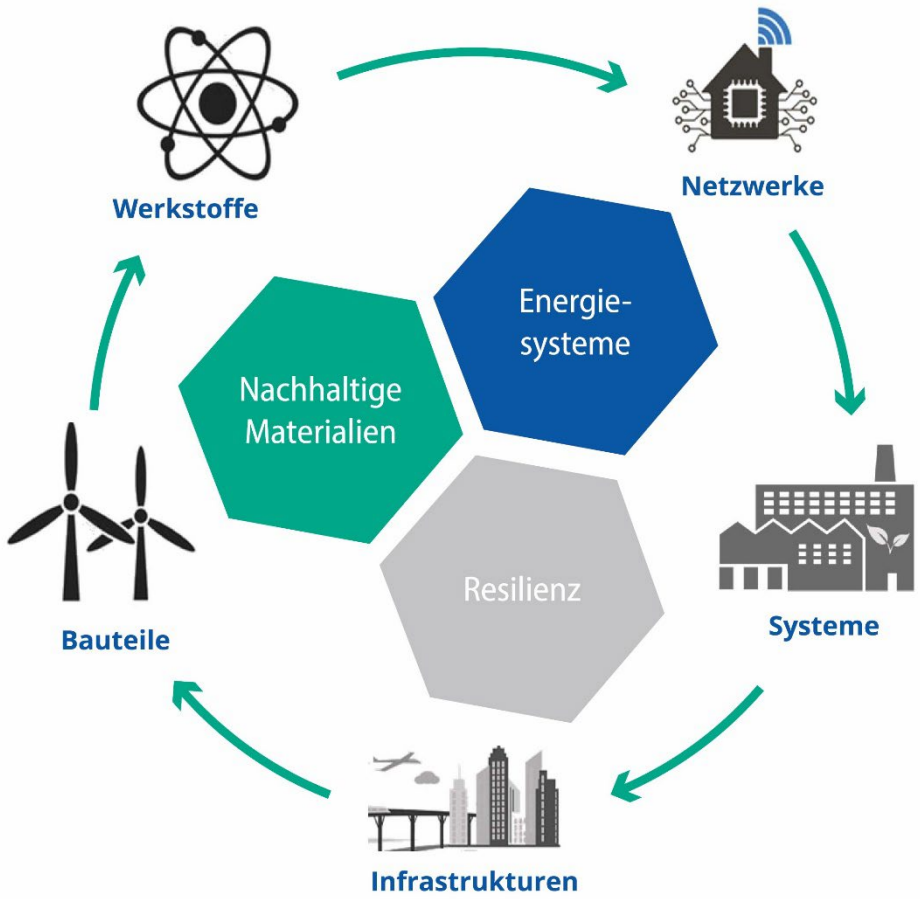
Die Qualifikationsziele des Bachelorstudiengangs Sustainable Systems Engineering (SSE) orientieren sich am Qualifikationsprofil der Albert-Ludwigs-Universität, das derzeit in allen Fakultäten etabliert und optimiert wird. An der Volluniversität werden den Studierenden in einer Kombination aus Lehre und Forschung die folgenden wissenschaftlichen, fachlichen und personellen Kompetenzen vermittelt, die sie für den nationalen und internationalen Arbeitsmarkt befähigen. Studierende…

- erwerben wissenschaftliche Fach- und Methodenkompetenz,
- erlernen die Regeln guter wissenschaftlicher Praxis,
- erwerben interdisziplinäre Kompetenzen,
- erlangen anschlussfähige Kompetenzen, die ihre berufliche Orientierung fördern,
- erwerben Problemlösungskompetenz sowie die Fähigkeit zu lebenslangem Lernen,
- werden zu eigenständigem und kritischem Handeln und Denken befähigt,
- werden in ihrer persönlichen, interkulturellen Kompetenz sowie in einer optimalen Persönlichkeitsentwicklung gestärkt,
- werden zum erfolgreichen Agieren in einer globalisierten Welt befähigt.

An der Technischen Fakultät werden diese Qualifikationsziele im Rahmen einer universitären Gesamtstrategie für alle Studiengänge umgesetzt, die auch die Grundlage für die Planung und Gestaltung des vorliegenden Studiengangs bildet. Aufgrund der fachlichen Ausprägung verfügen die Absolventinnen und Absolventen des Bachelorstudiengangs Sustainable Systems Engineering (Nachhaltige Technische Systeme) über fundierte, experiment- und theoriegeleitete Grundkenntnisse in den drei Teilbereichen der Ingenieurswissenschaften: „Sustainable Materials (Nachhaltige Materialien)“, „Resilience (Resilienz)“ und „Energy Systems (Energiesysteme)“.

Eine intensive Ausbildung in Techniken des wissenschaftlichen Arbeitens und Regeln guter wissenschaftlicher Praxis sowie anwendungsorientierte Grundkenntnisse quantitativer und qualitativer Methoden der Natur- und Ingenieurswissenschaften befähigen die Absolventinnen und Absolventen dazu, fachwissenschaftliche Veröffentlichungen kritisch zu beurteilen und kompetent auszuwerten. Die Absolventinnen und Absolventen lernen, wie man strukturiert und lösungsorientiert ingenieurswissenschaftliche Probleme bearbeitet. Sie erwerben fundierte Kenntnisse in allen Naturwissenschaften, der Informatik, der Elektronik sowie weiterführende Kenntnisse in der Analyse von technischen Systemen in Bezug auf ihre Effizienz, Robustheit und Nachhaltigkeit. Sie lernen, Informationen zeitnah und problemorientiert aufzuarbeiten. Ihre wissenschaftlichen Ergebnisse können die Studierenden verständlich und ansprechend präsentieren und in einen gesellschaftlichen Kontext setzen. Zudem können die Studierenden wissenschaftlich fundierte Positionen entwickeln, diese an gesellschaftlichen Entwicklungen und Problemstellungen spiegeln und die gewonnen Erkenntnisse in Schrift und Wort vertreten. Die Studierenden absolvieren ein Praktikum zur Elektrotechnik, zur Elektronik und zur Messtechnik und sammeln erste Erfahrung in der Simulation und Entwicklung von nachhaltigen, technischen Systemen. Durch die Teilnahme an ausgewählten Veranstaltungen zu interdisziplinären und berufsfeldorientierten Aspekten der nachhaltigen Entwicklung und des nachhaltigen Wirtschaftens üben sie ein fächerübergreifendes, holistisches Denken und werden für die Betrachtung von gesellschaftlich relevanten Problemstellungen sensibilisiert.

Ziel des Studiengangs ist eine fachspezifisch umfassende, experiment-, und theorie- sowie methodenorientierte Grundausbildung, die einerseits die Voraussetzung zur Aufnahme eines Master of Science (M. Sc.) Studiums “Sustainable Systems Engineering“ oder eines anderen, eng verwandten ingenieurwissenschaftlichen Fachs schafft, und andererseits zur Aufnahme einer Berufstätigkeit qualifiziert, die eine ingenieurswissenschaftliche Grundausbildung erfordert. Das Bachelorstudium qualifiziert für ein breites Spektrum von Berufen in den Bereichen der Elektro-, Energie-, Werkstoff-, Kommunikations- und Sicherheitstechnik, abgestimmt auf einen Bedarf in nationalen und internationalen politischen Organisationen, in der öffentlichen Verwaltung, in Unternehmen der freien Wirtschaft (z. B. der Halbleiterindustrie, der Automobilindustrie, des Baugewerbes, des Energiemanagements) sowie an Hochschulen und Forschungsinstituten.



Die Studierenden erlernen aufbauend auf ihren schulischen Kenntnissen sowie den einführenden Modulen in Mathematik und den naturwissenschaftlichen Fächern der ersten Semester ein ingenieurswissenschaftliches Arbeiten, z. B. in den Disziplinen der Werkstofftechnik, Messtechnik und Energietechnik. In den Modulen der höheren Semster wird das wissenschaftliche Arbeiten auf die Disziplinen Prozesstechnik und Regelungstechnik erweitert und insbesondere in den Wahlpflichtmodulen auf die Themenschwerpunkte der „Nachhaltigen Materialien“, der „Resilienz“ und der „Energiesysteme“ fokussiert.

Curriculum / Studienverlauf

Der Bachelorstudiengang „Sustainable Systems Engineering“ der Universität Freiburg ist ein grundständiger, sechs-semestriger Studiengang, dessen Lehrveranstaltungskonzeption nach den Richtlinien und Empfehlungen der Abteilung Hochschuldidaktik der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg erstellt wurde.

Der Studiengang gliedert sich in einen Pflichtbereich, einen Wahlpflichtbereich und den Bereich der berufsfeldorientierten Kompetenzen (BOK). Im Pflichtbereich sind 139 ECTS-Punkte zu erwerben. 33 ECTS-Punkte werden im Wahlpflichtbereich (einschließlich interner BOK-Kurse) erbracht. Darüber hinaus besuchen die Studierenden BOK-Veranstaltungen im Umfang von acht ECTS am Zentrum für Schlüsselqualifikation (ZfS). Insgesamt hat der Studiengang einen Umfang von 180 ECTS. Das Studium wird mit dem akademischen Grad Bachelor of Science (B. Sc.) abgeschlossen.

Der Pflichtbereich baut auf dem schulischen Wissen der allgemeinen Hochschulreife, insbesondere in den mathematischen und naturwissenschaftlichen Fächern auf, und erweitert die Fähigkeiten der Studierenden in den ersten drei Semestern in allen relevanten Techniken der Ingenieurwissenschaften. Außerdem werden die Studierenden für gesellschaftliche Fragestellungen und die Betrachtung gesellschaftlicher Konsequenzen technischer Entwicklungen sensibilisiert. Der Pflichtbereich umfasst daher Module aus den Bereichen:

- Physik und Werkstofftechnik
- Mathematik und Systemtechnik
- Informatik und Messtechnik
- Elektronik und Energietechnik
- Chemie und Verfahrenstechnik
- Gesellschaft und Technik

Der Wahlpflichtbereich vertieft und erweitert die ingenieurwissenschaftlichen Kenntnisse und Fähigkeiten der Studierenden und führt auf die Analyse, Erforschung und Entwicklung nachhaltiger technischer Systeme. Beginnend ab dem vierten Semester können die Studierenden beispielweise folgende Wahlpflichtmodule in ihr Studium integrieren:

- Angewandte Finite Elemente für die Strukturmechanik
- Fachfremdes Wahlpflichtmodul (Antrag ist fristgemäß zu stellen)
- Grundlagen der mechanischen Werkstoffcharakterisierung
- Grundlagen resilienter Systeme
- Nachhaltige Energiesysteme
- Nachhaltige Materialien
- Schaltungstechnik
- Sustainable Systems Engineering – Studienprojekt
- Technische Thermodynamik
- Technologien erneuerbarer Energien
- Werkstofftechnik und –prozesse
- Werkstoffwissenschaft

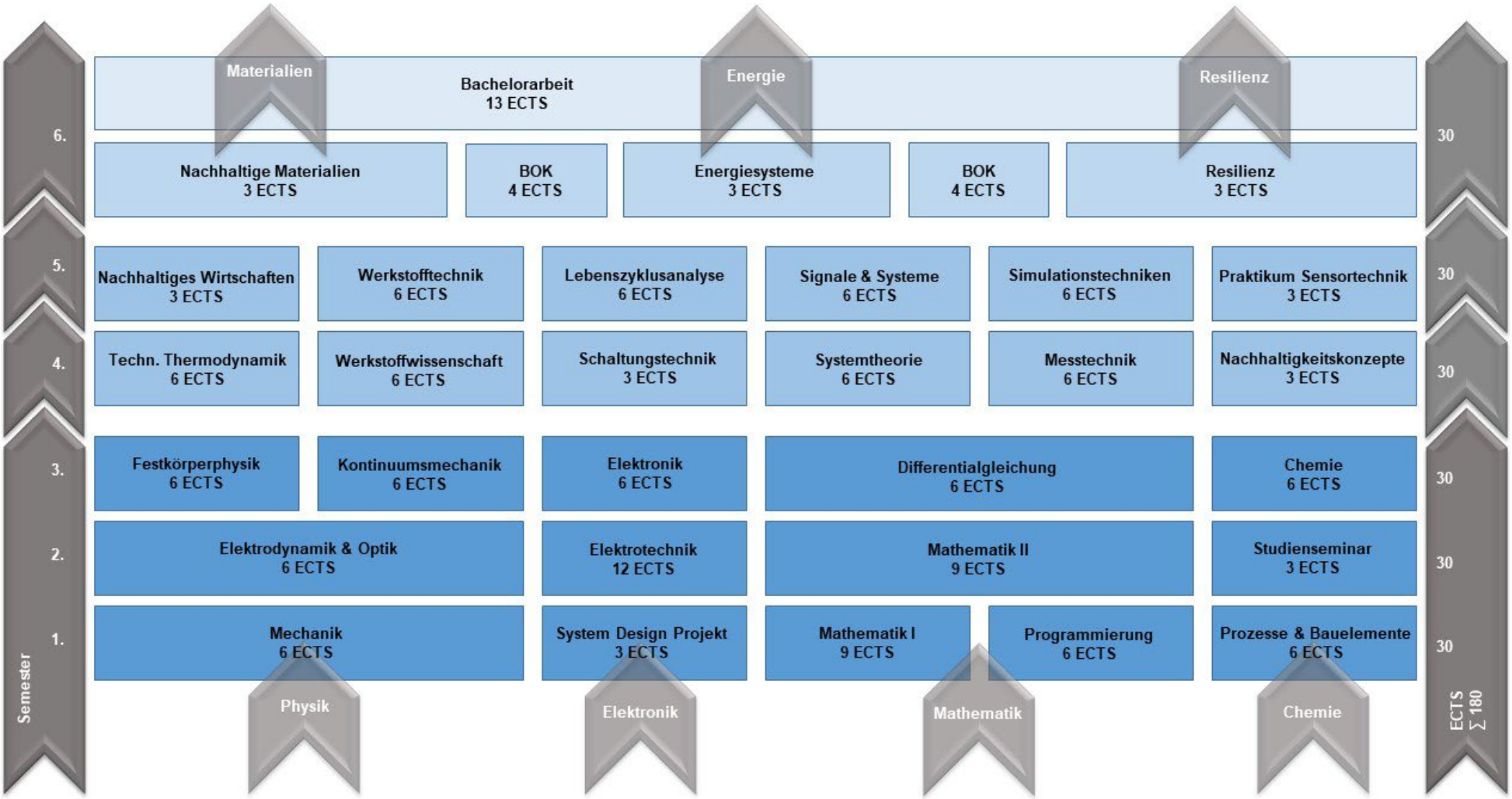
Die vollständige Liste der belegbaren Wahlpflichtmodule einschließlich der belegbaren fachfremden Wahlpflichtmodule ist im Online-Modulhandbuch im Campus Management System (HisInOne) für die Studierenden einsehbar.

Die Studierenden erwerben berufsfeldorientierte Kompetenzen (BOK) sowohl im ersten wie im zweiten Teil des Bachelorstudiums durch das Belegen der Module:

- System-Design-Projekt (1. Semester),
- Studienseminar Sustainable Systems Engineering (2. Semester),
- Simulationstechniken (5. Semester) sowie
- Module des Zentrums für Schlüsselqualifikationen (ZfS) nach freier Wahl (6. Semester).

Der Bachelorstudiengang wird durch eine schriftliche Bachelorarbeit (12 ECTS) und eine mündliche Präsentation (Kolloquium; 1 ECTS) abgeschlossen.

Die Abbildung auf der Folgeseite zeigt den Studienverlauf des Bachelorstudiengangs Sustainable Systems Engineering mit aufsteigendem Semester. Die Module des Grundstudiums (1.-3. Semester) sind in die vier inhaltlichen Säulen: Physik, Elektronik, Mathematik und Chemie gegliedert, die die Studierenden bei Ihrem mitgebrachten Wissen abholen und in die ingenieurwissenschaftlichen Disziplinen Werkstofftechnik, Energietechnik, Systemtechnik und Verfahrenstechnik einführen. Im zweiten und fortgeschrittenen Teil des Bachelorstudiums (4.-6. Semester) werden diese ingenieurwissenschaftlichen Disziplinen im Hinblick auf das Verständnis, die Erforschung und Entwicklung von nachhaltigen technischen Systemen vertieft und auf die drei thematischen Säulen Nachhaltige Materialien, Energiesysteme und Resilienz konzentriert.



Studienverlauf des Bachelorstudiengangs Sustainable Systems Engineering. Die Module des Grundstudiums (dunkelblau) sind in die vier inhaltlichen Säulen Physik, Elektronik, Mathematik und Chemie gegliedert, die die Studierenden bei Ihrem mitgebrachten Wissen abholen und in die ingenieurwissenschaftlichen Disziplinen Werkstofftechnik, Energietechnik, Systemtechnik und Verfahrenstechnik einführen. Im zweiten und fortgeschrittenen Teil des Bachelorstudiums (hellblau) werden diese ingenieurwissenschaftlichen Disziplinen im Hinblick auf das Verständnis, die Erforschung und Entwicklung von nachhaltigen technischen Systemen vertieft und auf die drei thematischen Säulen „Nachhaltige Materialien“, „Energiesysteme“ und „Resilienz“ konzentriert.

Tabellarischer Studienverlaufsplan

Sem.	Modul	ECTS
Semester 1		**30**
	Mathematik I für Studierende der Informatik und der Ingenieurwissenschaften	9
	Mechanik	6
	Einführung in die Programmierung	6
	Mikrosystemtechnik – Prozesse und Bauelemente	6
	System-Design-Projekt	3
Semester 2		**30**
	Einführung in die Elektrotechnik	12
	Mathematik II für Studierende der Ingenieurwissenschaften	9
	Elektrodynamik und Optik	6
	Studienseminar Sustainable Systems Engineering	3
Semester 3		**30**
	Festkörperphysik	6
	Kontinuumsmechanik	6
	Differentialgleichungen	6
	Elektronik – Bauelemente und analoge Schaltungen	6
	Allgemeine und Anorganische Chemie	6
Semester 4		**30**
	Systemtheorie und Regelungstechnik	6
	Messtechnik	6
	Nachhaltigkeitskonzepte und -bewertung	3
	Wahlpflichtmodul(e) und ggf. einmalig Studienprojekt und/oder ggf. einmalig fachfremdes Wahlmodul	Insg. 15
Semester 5		**30**
	Simulationstechniken	6
	Signale und Systeme	6
	Lebenszyklusanalyse	6
	Nachhaltiges Wirtschaften	3
	Wahlpflichtmodul(e) und ggf. einmalig Studienprojekt und/oder ggf. einmalig fachfremdes Wahlmodul	Insg. 9
Semester 6		**30**
	Wahlpflichtmodul(e) und ggf. einmalig Studienprojekt und/oder ggf. einmalig fachfremdes Wahlmodul	Insg. 9
	BOK am ZfS/SLI	Insg. 8
	Bachelormodul	13

Studienorganisation

Lehr- und Lernformen

Vorlesungen und die dazugehörigen Übungen stellen den größten Teil der Lehrveranstaltungen des Bachelorstudiengangs dar. Die Vorlesungen dienen der zusammenhängenden Darstellung und Vermittlung von ingenieurswissenschaftlichem Grund- und Spezialwissen sowie von methodischen Kenntnissen. Die Vorlesung erfüllt eine zentrale Funktion; sie stellt Ereignisse, Strukturen und Wirkungszusammenhänge eines Sachgebiets zusammenfassend dar und vermittelt allgemeines Wissen.

In **Übungen** werden die erworbenen Sach- und Methodenkenntnisse sowie Arbeitstechniken in selbständiger wissenschaftlicher Arbeit angewendet und trainiert. Dafür bearbeiten die Studierenden im ersten Teil fachspezifische Fragestellungen methodisch und eigenständig. Im zweiten Teil der Übungen werden die Arbeitsergebnisse unter Anleitung eines Tutors/einer Tutorin besprochen. Durch qualifiziertes Feedback zu ihrer Eigenleistung und dem Aufdecken von Fehlerquellen verbessern die Studierenden ihre Lösungskompetenzen. Übungen können die regelmäßige Teilnahme erfordern, wenn das Erreichen der Lernziele nur durch Anwesenheit sicherzustellen ist.

Das **Seminar** als Lehrveranstaltungsart dient der Einführung in das selbstständige wissenschaftliche Arbeiten und der intensiven Auseinandersetzung – alleine und in Gruppen – mit einem gegebenen Thema. In Seminaren werden vertiefende Inhalte zu einem bestimmten Themengebiet nicht allein von den Lehrenden aufbereitet und dargeboten, sondern die Studierenden erarbeiten sich die Inhalte zum größten Teil selbstständig und präsentieren diese in Form von Referaten. Im Anschluss an die Vorträge findet im Allgemeinen eine Diskussion statt, die Raum für Reflexion und konstruktive Kritik bietet. Darüber hinaus ist meist die Abgabe einer schriftlichen Fassung der Ergebnisse in Form einer schriftlichen Ausarbeitung, wie z. B. eines wissenschaftlichen Posters oder einer Hausarbeit vorgesehen. Die fächerübergreifenden Kernkompetenzen, die üblicherweise in Seminaren vermittelt werden – z. B. analysieren, reflektieren, diskutieren und präsentieren – können nur in der Gruppe und unter Anleitung erfolgreich erreicht werden, sodass in Seminaren Anwesenheitspflicht (85 %) besteht.

In **Projekten** lernen Bachelorstudierende, komplexe Probleme bzw. Herausforderungen in Gruppen oder alleine kritisch zu analysieren und (gemeinsam) Lösungen bzw. Lösungswege zu erarbeiten. Bei dieser Arbeit werden Kenntnisse und Fähigkeiten praktisch angewandt. Als offene und lösungsorientierte Lehrveranstaltungsform baut die Projektarbeit auf einen starken Praxisbezug und die Förderung der Kommunikations- und ggf. Kooperationsfähigkeit durch Teamarbeit auf. Es wird eine authentische, selbstgewählte oder vorgegebene Aufgabenstellung alleine oder im Team vollständig bearbeitet. Projekte werden meist auf Basis einer schriftlichen Ausarbeitung, eines erstellten Demonstrators und/oder einer Präsentation bewertet.

Praktika und praktische Übungen dienen dem Erwerb fachbezogener praktischer und methodischer Fertigkeiten. Sie verlangen in erhöhtem Maße eine Eigentätigkeit der Studierenden. Praktika und praktische Übungen werden in den meisten Fällen durch eine schriftliche Ausarbeitung, Protokolle, Übungsblätter, Versuche und/oder durch eine Präsentation absolviert und erfordern die regelmäßige Teilnahme zum Erreichen der Lernziele.

Für das Selbststudium, das die Vorlesungen und Seminare ergänzt, hält die Universitätsbibliothek die notwendige Literatur bereit.

Auf die unterschiedlichen Lehr- und Lernformen des Bachelorstudiengangs Sustainable Systems Engineering entfallen die folgenden prozentualen Anteile an ECTS bezogen auf die Gesamtzahl von 180 ECTS:

- Vorlesungen: 47 %
- Übungen: 23 %
- Praktika/praktische Übungen: 10 %
- Projekte: 3 %
- Seminare: 5 %
- Bachelorarbeit & Bachelorpräsentation: 7 %

(Die Anteile können variieren, je nachdem, welche Wahlpflichtmodule der/die Studierende belegt.)

Prüfungsleistungen und Studienleistungen

Prüfungsleistungen

Das Erreichen der Qualifikationsziele wird studienbegleitend geprüft, d.h. ein Modul wird in der Regel mit einer Prüfung abgeschlossen. Art und Umfang der studienbegleitenden Prüfungsleistungen sind in der fachspezifischen Prüfungsordnung sowie im jeweils geltenden Modulhandbuch festgelegt und werden den Studierenden zusätzlich zu Beginn der jeweiligen Lehrveranstaltung bekanntgegeben.

Schriftliche Prüfungsleistungen sind Klausuren (schriftliche Aufsichtsarbeiten) und schriftliche Ausarbeitungen. Mündliche Prüfungsleistungen sind mündliche Prüfungen (Prüfungsgespräche) und mündliche Präsentationen. Praktische Prüfungsleistungen bestehen in der Durchführung von Versuchen oder der Erstellung von Demonstratoren oder Software.

Klausuren haben eine Dauer von 60 bis maximal 240 Minuten. Mündliche Prüfungen haben eine Dauer von zehn bis maximal 30 Minuten pro Prüfling. Bei Modulabschlussprüfungen beträgt die maximale Dauer 45 Minuten pro Prüfling.Vorträge haben üblicherweise eine Dauer von zehn bis 20 Minuten (je nach Thema und Zweck; Details werden von den Lehrenden in der jeweiligen Lehreranstaltung bekannt gegeben. Der Umfang (Seitenzahl) von schriftlichen Ausarbeitungen variiert je nach Themenfeld und Format und wird daher durch die Lehrenden in der Veranstaltung spezifiziert.

Für studienbegleitende Prüfungsleistungen ist eine fristgerechte Prüfungsanmeldung über das Prüfungsverwaltungssystem HISinOne notwendig. Die genauen Termine und Modalitäten finden sich auf der Webseite des Prüfungsamts der Technischen Fakultät. Wichtig: Für fachfremde Wahlmodule gelten jedoch die Regelungen der jeweiligen Fakultät!

Wenn nicht anders in der Prüfungsordnung oder im Modulhandbuch definiert, errechnet sich die Note des Moduls zu 100 % aus der genannten Prüfungsleistung des Moduls. Diese Note geht in die Abschlussnote des Studiums ein. Die Gesamtnote des Bachelorsudiums errechnet sich als das nach ECTS-Punkten gewichtete arithmetische Mittel der Modulnoten, wobei die Note des Bachelormoduls doppelt und die übrigen Modulnoten jeweils einfach gewichtet werden.

Studienleistungen

Studienleistungen sind individuelle schriftliche, mündliche oder praktische Leistungen, die von Studierenden im Zusammenhang mit Lehrveranstaltungen erbracht werden, die aber nur bestanden werden müssen. Studienleistungen können beliebig oft wiederholt werden, bis sie bestanden sind. Sie können benotet werden, müssen aber nicht, und gehen nicht in die jeweilige Abschlussnote (also Abschlussnote des Moduls oder Abschlussnote des Studiums) ein. Umfang und Art der Studienleistungen sind im jeweils geltenden Modulhandbuch festgelegt und werden den Studierenden zu Beginn der jeweiligen Lehrveranstaltung bekanntgegeben.

Studienleistungen können bestehen aus:

- der regelmäßigen Teilnahme (85-100 % Anwesenheitspflicht),
- der Bearbeitung von Übungs- und/oder Projektaufgaben,
- schriftlichen Ausarbeitungen wie z. B. Projektberichten, Protokollen, Fallstudien, Wikis, Webseiten oder Postern,
- Klausuren oder Testat(en) (also schriftliche Aufsichtsarbeiten),
- mündlichen Prüfungen (Prüfungsgesprächen),
- mündlichen Präsentationen wie z. B. Referaten oder das Vorrechnen von Aufgaben,
- der Erstellung von Demonstratoren oder Software oder
- der Durchführung von bzw. Teilnahme an Versuchen.

Prüfungs- und Studienleistungen im Bachelor SSE

Der überwiegende Teil der Pflichtmodule wird durch die Absolvierung von Studienleistungen (SL) **und** einer Prüfungsleistung (PL) abgeschlossen. Wahlpflichtmodule schließen ebenfalls meistens mit einer Prüfungsleistung ab, verlangen zusätzliche Studienleistungen aber nur je nach Qualifikationsziel. Die Details sind in den fachspezifischen Bestimmungen und den einzelnen Modulbeschreibungen im vorliegenden Modulhandbuch nachzulesen. Eine weitere Präzisierung erfolgt durch den/die Lehrende(n) zu Beginn der jeweiligen Lehrveranstaltung.

Im Wahlpflichtbereich können bis zu 6 ECTS-Punkte auch im Rahmen eines fachfremden Wahlpflichtmoduls durch die erfolgreiche Absolvierung geeigneter Lehrveranstaltungen aus dem Lehrangebot grundständiger Studiengänge anderer Fakultäten der Albert-Ludwigs-Universität erworben werden. In dem fachfremden Wahlpflichtmodul sind nur Studienleistungen zu erbringen. Wichtig: Für die Anmeldung gelten die Regelungen und Fristen der jeweiligen Fakultät! Die vollständige Liste der belegbaren fachfremden Wahlpflichtmodule ist im Online-Modulhandbuch im Campus Management System (HisInOne) für die Studierenden einsehbar. Das Absolvieren von bislang nicht belegbaren fachfremden Wahlpflichtmodulen muss fristgemäß beantragt werden. Die genauen Modalitäten finden sich auf der Webseite der Technischen Fakultät.

Der Studiengang wird durch eine schriftliche Arbeit zu den experimentellen und theoretischen, wissenschaftlichen Erkenntnissen der Bachelorarbeit (12 ECTS) und eine mündliche Prüfung (Kolloquium inkl. Vortrag; 1 ECTS) abgeschlossen.

Modulbeschreibungen (nach Fachsemestern)

1. Fachsemester

Modul
Mechanik

Nummer	11LE68MO-BScSSE-3001		
Modulverantwortlicher	Prof. Dr. Oliver Ambacher	**Einrichtung**	INATECH; Professur für Leistungselektronik
Modultyp	Pflichtmodul	**Moduldauer**	1 Semester
Zugehörige Lehrveranstaltungen	Vorlesung und Übung	**Sprache**	Deutsch
Zwingende Voraussetzungen	Keine		
Empfohlene Voraussetzungen	Grundlagenkenntnisse in Physik, Mathematik, Mechanik und Wärmelehre		

Empfohlenes Fachsemester	1	**ECTS-Punkte**	6
SWS	2 Vorlesung + 2 Übung	**Angebotsfrequenz**	Jedes Wintersemester
Arbeitsaufwand	180 Stunden (60 Stunden Präsenzstudium + 120 Stunden Selbststudium)		

Qualifikationsziele
Ziel des Modules ist es, dass nach erfolgreichem Abschluss die Studierenden die experimentellen und theoretischen, physikalischen Grundlagen der Mechanik beherrschen. Sie besitzen die Fähigkeit, experimentelle Befunde auszuwerten und zu interpretieren und beherrschen ihre mathematische Beschreibung. Sie sind in der Lage einfache physikalische Probleme selbständig zu lösen. Sie beherrschen die Grundlagen zur physikalischen Behandlung ingenieurwissenschaftlicher Fragestellungen im Bereich der Mechanik. Durch die Vorführung von Experimenten in der Vorlesung und deren Auswertung und Diskussion in den Übungen vertiefen die Studierenden die Grundlagen des wissenschaftlichen Arbeitens. Durch die Vermittlung des Zusammenhangs zwischen den mechanischen Prozessen und der damit verbundenen Energiekonversion, erlernen die Studierenden die Energieeffizienz und Nachhaltigkeit mechanischer Vorgänge und Systeme einzuschätzen.

Inhalte Vorlesung
Die Vorlesung gibt eine Einführung in die Grundlagen der Physik.

Themenschwerpunkte:

- Kinematik des Massenpunktes und Newtonsche Mechanik
- Mechanik starrer und deformierbarer Körper
- Mechanische Schwingungen und Wellen
- Gase und Flüssigkeiten

Inhalte Übung

In den Übungen werden die Inhalte der Vorlesung reflektiert und vertieft. Insbesondere wird die Auswertung experimenteller Messreihen trainiert und das wissenschaftliche Arbeiten geübt.

Zu erbringende Prüfungsleistung

Klausur mit einer Dauer von ca. 120 min. Als Hilfsmittel wird ein nicht programmierbarer Taschenrechner zugelassen.

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 der Teilnehmer bzw. die Teilnehmerin

- mindestens 50 % der Punkte pro Übungsblatt erreicht hat und
- eine selbst erarbeitete Lösung vor den anderen TeilnehmerInnen vorgerechnet hat.

Literatur

- Gerthsen, Physik, Springer-Verlag
- Tipler, Physik, Spektrum Verlag
- W. Demtröder, Experimentalphysik 1, Mechanik und Wärme, Springer-Verlag

Verwendbarkeit

Pflichtmodul für Studierende des Studiengangs

- B. Sc. in Sustainable Systems Engineering (PO 2018)

Modul
Mathematik I für Studierende der Informatik und der Ingenieurwissenschaften

Nummer	11LE68MO-BScSSE-3005		
Modulverantwortlicher	StudiendekanIn Mathematik	**Einrichtung**	Fakultät für Mathematik und Physik
Modultyp	Pflichtmodul	**Moduldauer**	1 Semester
Zugehörige Lehrveranstaltungen	Vorlesung und Übung	**Sprache**	Deutsch
Zwingende Voraussetzungen	Keine		
Empfohlene Voraussetzungen	Schulkenntnisse in Mathematik		

Empfohlenes Fachsemester	1	**ECTS-Punkte**	9
SWS	4 Vorlesung + 2 Übung	**Angebotsfrequenz**	Jedes Wintersemester
Arbeitsaufwand	270 Stunden (90 Stunden Präsenzstudium + 180 Stunden Selbststudium)		

Qualifikationsziele
Die Studierenden lernen grundlegende mathematische Begriffe und Methoden zur Lösung praktischer Probleme anhand der Analysis. Sie lernen mathematische Argumentationsmuster und Beweistechniken und sind in der Lage, kleinere mathematische Beweise selbständig zu führen.

Inhalte Vorlesung
Die Vorlesung gibt eine Einführung in grundlegende mathematische Begriffe, Aussagen und Methoden. Dabei werden Themen der Analysis behandelt. • Grundlagen: Aussagen, Mengen und Abbildungen, Zahlbereiche, natürliche Zahlen, Erweiterungen des Zahlbereichs, komplexe Zahlen • Konvergenz: Folgen, Reihen, Grenzwerte von Funktionen, Stetigkeit, Funktionenfolgen und -reihen, Potenzreihen, spezielle Funktionen • Differentiation: Grundlagen, Mittelwertsätze und Anwendungen, Taylorentwicklung und Extrema, Anwendungen, Differentialgleichungen, Extremalprobleme • Integration: Grundlagen, Integrationsmethoden, Integration von Reihen, uneigentliche Integrale, Anwendungen, Parameterintegrale, Gaußsches Integral, Mittelwerte, Kurvenlänge, Wegintegral

Inhalte Übung
Die Übung reflektiert die Inhalte der Vorlesung und kann sie ggf. um weitere Aspekte ergänzen. Die Qualifikationsziele des Moduls werden in der Vorlesung **und** der Übung vermittelt, daher ist die Teilnahme an der Übung erforderlich.

Zu erbringende Prüfungsleistung
Klausur (i. d. R. 90 bis 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 Bewertungspunkte in den zur Bewertung gestellten Übungsaufgaben erreicht wurden und • regelmäßig an den Übungen teilgenommen wurde gemäß §13 (2) der Rahmenprüfungsordnung Bachelor of Science.

Literatur
• K. Meyberg, P. Vachenauer: Höhere Mathematik 1, Springer • G. Merzinger, T. Wirth: Repetitorium der höheren Mathematik, Binomi Verlag 2010 • L. Papula: Mathematik für Ingenieure und Naturwissenschaftler, Vieweg 2009 • E. Kuwert, Skript zur Vorlesung, 2012/13

Verwendbarkeit
Pflichtmodul für Studierende des Studiengangs • B. Sc. in Sustainable Systems Engineering (PO 2018)

Modul
System-Design-Projekt

Nummer	11LE68MO-BScSSE-3003		
Modulverantwortlicher	Prof. Dr. Leonard Reindl, Prof. Dr. Wolfram Burgard, Prof. Dr. Oliver Ambacher	**Einrichtung**	IMTEK, IIF & INA-TECH
Modultyp	Pflichtmodul	**Moduldauer**	1 Semester
Zugehörige Lehrveranstaltungen	Praktikum	**Sprache**	Deutsch
Zwingende Voraussetzungen	Keine		
Empfohlene Voraussetzungen	Keine		

Empfohlenes Fach-semester	1	**ECTS-Punkte**	3
SWS	2 Praktikum	**Angebotsfrequenz**	Jedes Wintersemes-ter
Arbeitsaufwand	90 Stunden (30 Stunden Präsenzstudium + 60 Stunden Selbststudium)		

Qualifikationsziele
In diesem Praktikum lernen die Studierenden an einem makroskopischen System die wesentlichen Grundzüge eines Systementwurfs, die darauf aufbauende Realisierung und anschließende Optimierung eines autonomen Systems kennen. Hierzu können alle wesentlichen Komponenten, die sich in einem ingenieurwissenschaftlichen System finden, eingesetzt werden: Sensoren, Aktoren, Mechanik, Informationsverarbeitung, und Regelung. Die angestrebte Funktionalität wird durch interdisziplinäres Ineinandergreifen der individuellen Komponenten erreicht. Auch fachübergreifende Kompetenzen werden erworben: Teamarbeit, Selbstorganisation und Zeitmanagement im Team, Kommunikationsfähigkeiten, Problemlösekompetenzen.

Inhalte Projekt
Die Studierenden sollen in Gruppen von je 4 Personen im Laufe des Semesters: • im Team zusammenarbeiten • ein Projekt planen und durchführen • ein Fahrzeug entwerfen und aufbauen • eine autonome Regelung planen und implementieren

- die Regelung und eventuell das Fahrzeug optimieren

Als Basis steht jeder Gruppe die grundlegende Hardware zur Verfügung. Den Abschluss bildet ein Wettbewerb, bei dem alle Gruppen in entsprechenden Kategorien gegeneinander antreten. Die verbindlichen Wettbewerbsregeln sind im Vorlesungsskript aufgeführt und werden von dem Professor in der Einführungsveranstaltung erläutert.

Zu erbringende Prüfungsleistung
Keine

Zu erbringende Studienleistung
• Bestehen der Meilensteinprüfung: Hier muss, in Vorbereitung auf den Wettbewerb, ein eigenständig gebauter und programmierter Roboter einen von den Lehrenden definierten Parkour erfolgreich absolvieren. Zu den Grundaufgaben gehören: augenscheinlich erkennbare Linienverfolgung, das Bewältigen von Steigungen sowie Gefälle sowie der Umgang mit verschiedenen Lichtbedingungen. • Anfertigen eines Zwischenberichtes (min. 3 Seiten, min. 1 Foto/Grafik): Der initiale Prozess der Entwicklung und Konstruktion des Roboters sowie die gruppeninterne Aufgabenverteilung müssen in einem Zwischenbericht dokumentiert werden. Der Zwischenbericht muss außerdem einen Ausblick auf die Schritte geben, die noch notwendig sind, um erfolgreich am Wettbewerb teilzunehmen. Um den Zwischenbericht erfolgreich zu bestehen, muss der Zwischenbericht entsprechend der Anforderungen, die in der zur Verfügung gestellten Vorlage spezifiziert sind, angefertigt werden. • Erfolgreiche Teilnahme am Abschlusswettbewerb: Hier muss der eigenständig gebaute und programmierte Roboter ebenfalls einen von den Lehrenden definierten Parkour erfolgreich absolvieren. Die Studierenden werden über das Semester hinweg auf die am Wettbewerb geforderten Aufgaben vorbereitet. Hierzu steht zu Betreuungszeiten über das Semester hinweg eine Testbahn mit vergleichbaren Aufgaben zur Verfügung. Zu den Grundaufgaben gehören: augenscheinlich erkennbare Linienverfolgung, das Bewältigen von Steigungen sowie Gefälle sowie der Umgang mit verschiedenen Lichtbedingungen. • Rückgabe aller zur Verfügung gestellter Mittel (Kastenrückgabe & Code Abgabe): Zum erfolgreichen Bestehen der Veranstaltung müssen alle ausgeliehenen Gegenstände vollständig und in vollem Funktionsumfang zurückgegeben werden. Darüber hinaus ist die Abgabe des eigenständig erstellten Programmiercodes Pflicht. Das Praktikum gilt als bestanden, wenn der beschriebene Meilenstein, der Zwischenbericht und der Wettbewerb bestanden wurden; und der Legokasten sowie der eigenständig erstellte Programmiercode vollständig abgegeben wurden.

Literatur
Webseiten: • http://bricxcc.sourceforge.net/nbc • http://www.mindstormsforum.de/ • http://bricxcc.sourceforge.net/nqc/ • http://bricxcc.sourceforge.net/ • http://www.debacher.de/wiki/NXC

Verwendbarkeit
Pflichtmodul für Studierende des Studiengangs • B. Sc. in Sustainable Systems Engineering (PO 2018)

Modul
Einführung in die Programmierung

Nummer	11LE68MO-BScSSE-3002		
Modulverantwortlicher	Prof. Dr. Peter Thiemann	**Einrichtung**	IIF; Programmiersprachen
Modultyp	Pflichtmodul	**Moduldauer**	1 Semester
Zugehörige Lehrveranstaltungen	Vorlesung und Übung	**Sprache**	Deutsch
Zwingende Voraussetzungen	Keine		
Empfohlene Voraussetzungen	Keine		

Empfohlenes Fachsemester	1	**ECTS-Punkte**	6
SWS	3 Vorlesung + 1 Übung	**Angebotsfrequenz**	Jedes Wintersemester
Arbeitsaufwand	180 Stunden (45 Stunden Präsenzstudium + 135 Stunden Selbststudium)		

Qualifikationsziele
Die Studierenden beherrschen die Grundlagen des systematischen Programmierens und Testens, sowohl in konzeptioneller Sicht als auch in einfachen praktischen Einsatzszenarien. Sie können datengesteuerte Algorithmen entwerfen, sie in einer Programmiersprache formulieren und auf Rechnern testen und ausführen lassen. Sie beherrschen die Grundkonzepte moderner höherer Programmiersprachen und können sie zur Programmentwicklung auf Rechnern einsetzen. Die Studierenden kennen grundlegende funktionale, prozedurale und objektorientierte Strukturen zur Ausführung von Programmen.

Inhalte Vorlesung
• Datenmodellierung, Erstellen von Testfällen, systematischer Entwurf von Funktionen • Datengetriebener Entwurf und Testen • Kontrollstrukturen, Prozeduren, Spezifikation, Verfeinerung • Objekte, Vererbung, dynamischer Dispatch, APIs und DSLs • Reguläre Ausdrücke, Automaten, Parser, Interpreter, Berechnungsmodelle Informatikgeschichte, Berufsethik

Inhalte Übung
Die Inhalte der Vorlesung werden anhand von theoretischen und praktischen Aufgaben wiederholt, angewendet und vertieft.

Zu erbringende Prüfungsleistung
Klausur (120 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.

Literatur
Wird zu Beginn der Veranstaltung bekanntgegeben.

Verwendbarkeit
Pflichtmodul für Studierende des Studiengangs • B. Sc. in Sustainable Systems Engineering (PO 2018)

Modul
Mikrosystemtechnik – Prozesse und Bauelemente

Nummer	11LE68MO-BScSSE-3004		
Modulverantwortlicher	Prof. Dr. Roland Zengerle	**Einrichtung**	IMTEK; Professur für Anwendungsentwicklung
Modultyp	Pflichtmodul; Orientierungsprüfung	**Moduldauer**	1 Semester
Zugehörige Lehrveranstaltungen	Vorlesung	**Sprache**	Deutsch
Zwingende Voraussetzungen	Keine		
Empfohlene Voraussetzungen	Keine		

Empfohlenes Fachsemester	1	**ECTS-Punkte**	6
SWS	4 Vorlesung	**Angebotsfrequenz**	Jedes Wintersemester
Arbeitsaufwand	180 Stunden (60 Stunden Präsenzstudium + 120 Stunden Selbststudium)		

Qualifikationsziele
Die Studierenden sind in der Lage mit dem erworbenen Wissen, auf der Basis gegebener, technischer und wirtschaftlicher Rahmenbedingungen mikrotechnische Produkte zu konzipieren.

Inhalte Vorlesung
Die Veranstaltung startet mit einer kurzen Einführung in die historische Entwicklung der Mikrosystemtechnik, in Silizium als das Standard-Material der MST sowie einer Einführung in die Reinraum- und Vakuumtechnik. Darauf aufbauend werden elementare Dünnschichtprozesse wie Oxidation, Dotierung, Physical Vapor Deposition (PVD) und Chemical Vapor Deposition (CVD) behandelt. Diese Standardprozesse der Mikrosystemtechnik werden ergänzt um die ausführliche Diskussion der Lithographie sowie der Ätzverfahren zur Strukturierung von Silizium. Im Anschluss daran wird den Studierenden aufgezeigt, wie sich durch Verkettung dieser elementaren Prozesse komplexe, mikrosystemtechnische Bauelemente herstellen lassen. Als erste Technologiegruppe wird hierzu die Oberflächenmikromechanik (OMM) betrachtet. Anhand der konkreten Herstellung von Beschleunigungs- und Drehratensensoren werden Rahmenbedingungen und Designregeln für die Oberflächenmikromechanik erarbeitet. Dabei werden insbesondere der von der Firma Bosch angebotene OMM Foundry Service

sowie der MUMPs Foundry Service im Detail behandelt. Ergänzend zu der Oberflächenmikromechanik werden nun die Technologiegruppen BULK-Mikromechanik mit typischen Sensoren besprochen und die Kostenstrukturen für die Herstellung von Mikrosystemtechnik Bauelementen betrachtet.

Ergänzend zu den klassischen Mikrobearbeitungsverfahren von Silizium werden die Themen "Soft Lithographie & PDMS", additive Verfahren (3D-Druck, Zwei-Photonen Laserlithographie) sowie das Umformen (Heißprägen, Mikrothermoformen & Mikrospritzgießen von Polymeren) behandelt.

Zu erbringende Prüfungsleistung
Klausur (180 Minuten)

Zu erbringende Studienleistung
Keine

Literatur

- Marc Madou; “Fundamentals of Microfabrication”; crcpress;
- W. Menz, J. Mohr, O. Paul; “Mikrosystemtechnik für Ingenieure”; Wiley-VCH;
- S. Globisch; „Lehrbuch Mikrotechnologie“, Hanser ISBN 978-3-446-42560-6

Begleitend zur Vorlesung wird den Studierenden ein Skriptum zur Verfügung gestellt und regelmäßig aktualisiert.

Verwendbarkeit

Pflichtmodul für Studierende des Studiengangs

- B. Sc. in Sustainable Systems Engineering (PO 2018)

2. Fachsemester

Modul
Elektrodynamik und Optik

Nummer	11LE68MO-BScSSE-3006		
Modulverantwortlicher	Prof. Dr. Oliver Ambacher	**Einrichtung**	INATECH; Professur für Leistungselektronik
Modultyp	Pflichtmodul	**Moduldauer**	1 Semester
Zugehörige Lehrveranstaltungen	Vorlesung und Übung	**Sprache**	Deutsch
Zwingende Voraussetzungen	Keine		
Empfohlene Voraussetzungen	Wissen und Kenntnisse des vermittelten Lernstoffs des Moduls Mechanik; Grundlagenkenntnisse in der Elektrodynamik		

Empfohlenes Fachsemester	2	**ECTS-Punkte**	6
SWS	2 Vorlesung + 2 Übung	**Angebotsfrequenz**	Jedes Sommersemester
Arbeitsaufwand	180 Stunden (60 Stunden Präsenzstudium + 120 Stunden Selbststudium)		

Qualifikationsziele
Ziel des Modules ist es, dass nach erfolgreichem Abschluss die Studierenden die experimentellen und theoretischen, physikalischen Grundlagen der Optik und Elektrodynamik beherrschen. Sie haben ein Verständnis der wissenschaftlichen Arbeitsweisen erlangt. Sie besitzen die Fähigkeit, experimentelle Befunde auszuwerten und zu interpretieren und beherrschen ihre mathematische Beschreibung. Sie sind in der Lage einfache physikalische Probleme selbständig zu lösen. Sie beherrschen die Grundlagen zur physikalischen Behandlung ingenieurwissenschaftlicher Fragestellungen im Bereich der Optoelektronik. Durch die Vorführung von Experimenten in der Vorlesung und deren Auswertung und Diskussion in den Übungen erlernen die Studierenden die Grundlagen des wissenschaftlichen Arbeitens. Durch die Vermittlung des Zusammenhangs zwischen den elektromagnetischen und optoelektronischen Prozessen und der damit verbundenen Energiekonversion, erlernen die Studierenden die Energieeffizienz und Nachhaltigkeit optischer und elektrodynamischer Systeme einzuschätzen.

Inhalte Vorlesung
Die Vorlesung vermittelt die experimentellen Grundlagen der Optik und der Elektrodynamik. Folgende Themen werden behandelt: • Elektrische Ladung

- Elektrische Felder
- Gaußscher Satz und elektrisches Potential
- Kapaziät
- Elektrischer Strom, Widerstand und Stromkreise
- Magnetfelder
- Induktion und Induktivität
- Maxwellgleichungen
- Schwingkreise und Wechselstrom
- Elektromagnetische Wellen
- Geometrische Optik
- Reflexion und Brechung elektromagnetischer Wellen
- Interferenz und Beugung elektromagnetischer Wellen

Inhalte Übung

In den Übungen werden die Inhalte der Vorlesung reflektiert und vertieft. Insbesondere wird die Auswertung experimenteller Messreihen trainiert und das wissenschaftliche Arbeiten geübt.

Zu erbringende Prüfungsleistung

Klausur mit einer Dauer von ca. 120 min.

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 der Teilnehmer bzw. die Teilnehmerin

- mindestens 50 % der Punkte pro Übungsblatt erreicht hat und
- eine selbst erarbeitete Lösung vor den anderen TeilnehmerInnen vorgerechnet hat.

Literatur

- Tipler/Mosca, Physik (Elsevier)
- Demtröder, Experimentalphysik 2 (Springer)
- Bergmann/Schaefer, Lehrbuch der Experimentalphysik, Band 2, Elektromagnetismus (de Gruyter)
- Gerthsen, Physik (Springer)
- Giancoli, Physik (Pearson)

Verwendbarkeit

Pflichtmodul für Studierende des Studiengangs

- B. Sc. in Sustainable Systems Engineering (PO 2018)

Modul
Mathematik II für Studierende der Ingenieurwissenschaften

Nummer	11LE68MO-BScSSE-3008		
Modulverantwortlicher	StudiendekanIn Mathematik	**Einrichtung**	Fakultät für Mathematik und Physik
Modultyp	Pflichtmodul	**Moduldauer**	1 Semester
Zugehörige Lehrveranstaltungen	Vorlesung und Übung	**Sprache**	Deutsch
Zwingende Voraussetzungen	Keine		
Empfohlene Voraussetzungen	Wissen und Kenntnisse des vermittelten Lernstoffs des Moduls Mathematik I für Studierende der Informatik und der Ingenieurwissenschaften		

Empfohlenes Fachsemester	2	**ECTS-Punkte**	9
SWS	4 Vorlesung + 2 Übung	**Angebotsfrequenz**	Jedes Sommersemester
Arbeitsaufwand	270 Stunden (78 Stunden Präsenzstudium + 192 Stunden Selbststudium)		

Qualifikationsziele
Die Studierenden kennen grundlegende und weiterführende mathematische Begriffe und sie beherrschen weiterführende mathematische Methoden. Sie können mathematische Argumentationsmuster und Beweistechniken anwenden und sind in der Lage kleinere mathematische Beweise selbständig zu führen. Sie sind fähig, mathematische Methoden im Kontext technischer Systeme anzuwenden.

Inhalte Vorlesung
Die Vorlesung gibt eine Einführung in die Lineare Algebra und die Theorie von Funktionen mehrerer Variablen. Lineare Algebra: Lineare Gleichungssysteme, Matrizen, Vektorräume, Determinanten, lineare Abbildungen und Eigenwerte, symmetrische Matrizen Differentiation und Integration von Funktionen mehrerer Variablen: Kurven, reellwertige Funktionen mehrerer Veränderlicher, Anwendungen, vektorwertige Funktionen, Parameterintegrale, Integrale auf elementaren Bereichen, Kurven- und Oberflächenintegrale

Inhalte Übung
Die Übung reflektiert die Inhalte der Vorlesung und kann sie ggf. um weitere Aspekte ergänzen. Die Qualifikationsziele des Moduls werden in der Vorlesung **und** der Übung vermittelt, daher ist die Teilnahme an der Übung erforderlich.

Zu erbringende Prüfungsleistung
Klausur (i. d. R. 90 bis 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 und • regelmäßig an den Übungen teilgenommen wurde gemäß §13 (2) der Rahmenprüfungsordnung Bachelor of Science.

Literatur
• E. Kuwert, Skript zur Vorlesung, 2012/13.K. • Meyberg, P. Vachenauer, Höhere Mathematik 1, Springer, 1999

Verwendbarkeit
Pflichtmodul für Studierende des Studiengangs • B. Sc. in Sustainable Systems Engineering (PO 2018)

Modul
Einführung in die Elektrotechnik

Nummer	11LE68MO-BScSSE-3007		
Modulverantwortlicher	Prof. Dr. Thomas Stieglitz	**Einrichtung**	IMTEK; Professur für Biomedizinische Mikrotechnik
Modultyp	Pflichtmodul	**Moduldauer**	1 Semester
Zugehörige Lehrveranstaltungen	Vorlesung, Übung und Praktische Übung	**Sprache**	Deutsch
Zwingende Voraussetzungen	Keine		
Empfohlene Voraussetzungen	Grundlagenkenntnisse in Physik und Mathematik		

Empfohlenes Fachsemester	2	**ECTS-Punkte**	12
SWS	4 Vorlesung + 2 Übung + 3 Praktikum[1]	**Angebotsfrequenz**	Jedes Sommersemester
Arbeitsaufwand	360 Stunden (99 Stunden Präsenzstudium + 261 Stunden Selbststudium)		

Qualifikationsziele
Das Modul "Einführung in die Elektrotechnik" bildet die elektrotechnische Grundlage des Ingenieurstudiums. Nach Absolvieren dieses Moduls: • kennen die Studierenden die wichtigsten Bauelemente der Elektrotechnik • kennen die Studierenden die wichtigsten Analysemethoden der Elektrotechnik • können die Studierenden Bauelemente und einfache Schaltungen analysieren und entwerfen • beherrschen die Studierenden den Aufbau und die Vermessung einfacher Schaltungen • sind die Studierenden in der Lage, in strukturierter Weise auch komplexere Probleme zu bewältigen und ggf. durch Approximationen zu vereinfachen.

Inhalte Vorlesung
Die Vorlesung "Einführung in die Elektrotechnik" beinhaltet folgende Themen: • Grundlagen

[1] 4+2+3=9 SWS stimmen, obwohl in der PO 8 SWS angegeben sind. Grund: die Übung und die praktische Übung werden nicht jede Woche angeboten (13 Wochen V + 10 Wochen Ü + 9 Wochen prÜ = 99 UE. 8 SWS x 13 Semesterwochen = 104 UE).

- Elektrische Zweipole
- Magnetische Zweipole
- Einfache Netzwerke
- Quellen
- Netzwerkanalyse
- Wechselstromrechnung
- Frequenzgang
- Schaltvorgänge
- Digitale Systeme
- Halbleiter und Dioden
- Bipolare Transistoren
- MOSFETs
- Elektromechanik

Inhalte Übung

Die Übungen vermitteln den Studierenden praktische Fertigkeiten in der Berechnung von Aufgaben zu den Grundlagen der Elektrotechnik. Die Studierenden werden in die Lage gesetzt, elektrotechnische Aufgaben zu lösen und den Lösungsweg mit Hilfe ihrer schriftlichen Ausarbeitung mündlich (an der Tafel) zu präsentieren, d.h. vorzurechnen.
Die Übungen vermitteln Fertigkeiten für in der Vorlesung vermittelte Kenntnisse in:

- physikalische und mathematische Grundlagen
- Widerstand, Kapazität
- Kirchoffsche Gesetze
- Superposition
- Ersatzspannungs- und Stromquellen nach Thevenin und Norton
- einfache Netzwerke
- Wechselstromrechnung
- Resonanz und Filter
- Sprungantworten
- Analyse komplexer Netzwerke
- Digitale Systeme
- Halbleiter, Dioden
- Bipolare Transistoren

Es werden zehn Übungstermine im Semester angeboten.

Inhalte praktische Übung

Die praktischen Übungen zu der Einführung in die Elektrotechnik dienen der Vermittlung praktischer messtechnischer Fertigkeiten auf Grundlage der in der Vorlesung vermittelten Kenntnisse und dem Einblick in ingenieurwissenschaftliche Arbeitsweise. Zur Umsetzung der Kenntnisse müssen die Studierenden sich durch Beantwortung von Fragen und Bearbeitung von Online-Aufgaben auf die jeweiligen Versuche vorbereiten. Die Anwesenheit bei den Versuchen ist zwingend notwendig, um sich die praktischen Fertigkeiten aneignen zu können.

Die einzelnen Versuche vermitteln Fertigkeiten in den Themenfeldern:

- Einführung in die elektrische Messtechnik
- Messung von Gleichstrom und Gleichspannung
- Messung von Wechselstrom und Wechselspannung
- Simulation elektrischer Schaltungen
- Netzwerke mit Widerständen, Kondensatoren und Spulen
- Dioden

Zu erbringende Prüfungsleistung

Klausur (120 Min.)

Zu erbringende Studienleistung

Studienleistung Übung: es gibt Übungsaufgaben im regelmäßigen Rhythmus, die bearbeitet und abgegeben werden müssen. Diese werden korrigiert und mit Punkten bewertet. Die Studienleistung ist bestanden, wenn 50 % der maximal möglichen Punktzahl aller Übungsblätter erreicht worden sind.
Studienleistung praktische Übung: die Studierenden müssen an allen vier Versuchen in Präsenz teilnehmen. Zum Bestehen der Studienleistung müssen die Studierenden durch Erstellung und Abgabe der Protokolle mindestens 2/3 der zu erreichenden Punkte erzielen. Darüber hinaus muss an der Einführungsveranstaltung teilgenommen werden.

Literatur

Die Vorlesungsfolien werden als Skript verteilt. Zudem wird folgende Literatur empfohlen:

Deutsche Literatur:

- Albach et. al.: Grundlagen der Elektrotechnik (3 Bände)
- Paul: Elektrotechnik (2 Bände)
- Weissgerber: Elektrotechnik für Ingenieure
- Hering et.al.: Elektronik für Ingenieure.

Englische Literatur:

- Sarma: Introduction to Electrical Engineering
- Schwarz & Oldham: Electrical Engineering
- Smith & Dorf: Circuits, Devices & Systems

Verwendbarkeit

Pflichtmodul für Studierende des Studiengangs

- B. Sc. in Sustainable Systems Engineering (PO 2018)

Modul
Studienseminar Sustainable Systems Engineering – SSE²

Nummer	11LE68MO-BScSSE-3009		
Modulverantwortlicher	Prof. Dr.-Ing. Frank Balle, Dr.-Ing. Michael Becker	**Einrichtung**	INATECH; Professur für Leistungsultra-schall und Technische Funktionswerkstoffe
Modultyp	Pflichtmodul	**Moduldauer**	1 Semester
Zugehörige Lehrveranstaltungen	Seminar	**Sprache**	Deutsch
Zwingende Voraussetzungen	Keine		
Empfohlene Voraussetzungen	Keine		

Empfohlenes Fachsemester	2	**ECTS-Punkte**	3
SWS	2 Seminar	**Angebotsfrequenz**	Jedes Sommerse-mester
Arbeitsaufwand	90 Stunden (26 Stunden Präsenzstudium + 64 Stunden Selbststudium)		

Qualifikationsziele

Die Studierenden

- kennen verschiedene Forschungs- und Anwendungsgebiete der Nachhaltigen Technischen Systeme (Sustainable Systems Engineering),
- verstehen Zusammenhänge zwischen Technik und Nachhaltigkeit,
- setzen sich mit dem späteren Berufsbild des Nachhaltigkeitsingenieurs/der Nachhaltigkeitsingenieurin und ihren eigenen Zielen in Studium und Beruf auseinander,
- sind in der Lage, eigene und fremde Entscheidungen und Berufsbilder zu reflektieren, zu analysieren und zu kommunizieren, und
- können eine persönliche/individuelle Roadmap für das Projekt „Studium“ erstellen und überzeugend darstellen.

Inhalte Seminar

Inhalte Seminar „Auf dem Weg zum Nachhaltigkeitsingenieur bzw. zur Nachhaltigkeitsingenieurin“

1) Einführungsvorlesungen mit Diskussionsrunde
Forschungsgebiete und Lehre des INATECH werden vorgestellt. Ziel ist

- erstens, den Studierenden den Zusammenhang zw. Technik und Nachhaltigkeit beispielhaft sowie anwendungsorientiert zu veranschaulichen;
- zweitens, frühzeitig eine Brücke vom Studium in die reale Welt zu schlagen und den Studierenden die späteren Forschungs- und Anwendungsgebiete eines SSE-Studiums näher zu bringen;
- drittens, potentielle MentorInnen für das weitere Studium kennen zu lernen;
- viertens, die Studieninhalte der kommenden Semester im Zusammenhang mit Kompetenzen und Berufsbildern zu verstehen; und
- fünftens, dass die Studierenden klarere Ideen und Wege für ihre eigene studienbezogene und berufliche Zukunft entwickeln.

2) Gruppenarbeit
Die Studierenden bearbeiten in Gruppen kleinere Projekte bzw. Aufgaben und setzen sich somit aktiv mit dem Thema Nachhaltigkeit und Technik in Forschung, Lehre und im Alltag auseinander. Sie wenden dabei auch Techniken des wissenschaftlichen Arbeitens (richtige Recherche und Auswahl von Quellen; Verfassen von Texten; Zitieren etc.) an und setzen kreative Präsentationsformate ein. Die Gruppenarbeit wird bei Bedarf von einem/einer Hochschullehrer/in moderierend begleitet.

3) Lerntagebuch
In einem Lerntagebuch setzen sich die Studierenden kritisch mit den Inhalten und Fragestellungen der Themenimpulsen auseinander, sie reflektieren den Prozess und Ergebnis der Gruppenarbeit und halten für sich die wichtigsten Aspekte mit Blick auf ihr Studium und mögliche Berufsbilder fest.

4) Roadmap
Die Studierenden reflektieren auf Basis der Einführungsvorlesungen und der Erfahrungen aus den Miniprojekten ihre Studienwahl und ihre beruflichen Ziele, erstellen mit Hilfe von Feedbackgesprächen, Diskussionsforen und moderierter Gruppenarbeit eine Roadmap ihres Studiums und stellen diese im Plenum vor.

Zu erbringende Prüfungsleistung
Keine

Zu erbringende Studienleistung
Regelmäßige Teilnahme am Seminar gemäß §13 (2) der Rahmenprüfungsordnung Bachelor of Science; Bearbeitung der Projektaufgaben; Mündliche Präsentation der eigenen Roadmap; Abschlussgespräch mit Mentorin bzw. Mentor.

Literatur
• D. T. Allen: Sustainable Engineering: Concepts, Design and Case Studies, Prentice Hall; 1 edition (2011) • J. D. Sachs: The Age of Sustainable Development, Columbia University Press (2015)

- M.F. Ashby: Materials and Sustainable Development. Butterworth-Heinemann; 1 edition (2015)
- N. B. Chang: Systems Analysis for Sustainable Engineering: Theory and Applications. McGraw-Hill Education; 1 edition (2010)

Verwendbarkeit
Pflichtmodul für Studierende des Studiengangs • B. Sc. in Sustainable Systems Engineering (PO 2018)

3. Fachsemester

Modul
Festkörperphysik

Nummer	11LE68MO-BScSSE-3010		
Modulverantwortlicher	Prof. Dr. Oliver Paul	**Einrichtung**	IMTEK; Materialen der Mikrosystemtechnik
Modultyp	Pflichtmodul	**Moduldauer**	1 Semester
Zugehörige Lehrveranstaltungen	Vorlesung und Übung	**Sprache**	Deutsch
Zwingende Voraussetzungen	Keine		
Empfohlene Voraussetzungen	Wissen und Kenntnisse des vermittelten Lernstoffs der Module Mathe I für Studierende der Informatik und der Ingenieurwissenschaften; Mathe II für Studierende der Ingenieurwissenschaften; Mechanik sowie Elektrodynamik und Optik.		

Empfohlenes Fachsemester	3	**ECTS-Punkte**	6
SWS	3 Vorlesung + 1 Übung	**Angebotsfrequenz**	Jedes Wintersemester
Arbeitsaufwand	180 Stunden (60 Stunden Präsenzstudium + 120 Stunden Selbststudium)		

Qualifikationsziele
Die Teilnehmer erarbeiten sich ein grundlegendes Verständnis wichtiger Phänomene der festen Materie. Sie lernen die Struktur und Stabilität der Materie genauso wie ihre thermischen, elektrischen und magnetischen Eigenschaften verstehen. Die Studierenden lernen mit den theoretischen Konzepten quantitativ, d.h. rechnerisch, umzugehen. Sie entwickeln ein Gefühl für die Anwendung der Eigenschaften der Materie im ingenieurwissenschaftlichen Kontext. Sie werden durch die Lehrveranstaltung auf nachfolgende materialwissenschaftliche Lehrveranstaltungen (z. B. Halbleiter, Werkstoffwissenschaft sowie Keramiken, Metalle, Polymere) vorbereitet.

Inhalte Vorlesung
• Kristallgitter: Atomaufbau der Materie, Bravais-Gitter, Basis, Wigner-Seitz-Zelle, primitive Zelle, Kristallsysteme Symmetrien, kubische Gitter, Gitterebenen, Miller-Indizes

- Strukturaufklärung: Wellen für die Strukturaufklärung, reziprokes Gitter, Beugungsbedingungen, Brillouin-Zonen, experimentelle Methoden: Laue-, Drehkristall- und Pulvermethode
- Bindungsverhältnisse in Kristallen: Bindungsenergie, Edelgasatomkristalle, Ionenkristalle, kovalente, metallische und Wasserstoffbindung, Kompressibilität, Elastizitätsmodul
- Gitterschwingungen und thermische Eigenschaften der Kristalle: Kristall als Federmodell, longitudinale und transversale Schwingungsmoden in Kristallen, Schallwellen, Phononen, Phononendispersionen, Planckverteilung, Zustandsdichte, phononische spezifische Wärme, Einstein- und Debye-Modelle, Wärmeleitfähigkeit.
- Elektronen im Kristall: Schrödingergleichung und Blochzustände phänomenologisch, quasifreie Elektronen, Fermi-Verteilung und -Fläche, Zustandsdichte, Wärmekapazität und elektrische Leitfähigkeit quasifreier Elektronen, spezifischer Widerstand, Matthiessen-Regel, stark gebundene Elektronen, Bänder, Bandlücken, Halbleiter, Donatoren und Akzeptoren, n- und p-Halbleiter, Leitfähigkeit der Halbleiter, optische Eigenschaften von Halbleitern.
- Magnetismus: Magnetisches Moment, Dia-, Para- und Ferromagnetismus, Larmor-Diamagnetismus, Langevinsche Theorie des Paramagnetismus, Ferromagnetismus wechselwirkender Dipole, Bandferromagnetismus phänomenologisch.

Inhalte Übung

In den Übungen werden die vorgelesenen Inhalte wöchentlich und synchron mit den Vorlesungen vertieft. Die Studierenden gewinnen dabei auch einen quantitativen Blick auf die in der Vorlesung dargebotenen, oft theoretischen Betrachtungen.

Zu erbringende Prüfungsleistung

Bei 20 oder weniger als 20 angemeldeten Teilnehmern mündliche Prüfung, bei mehr als 20 angemeldeten Teilnehmern Klausur (180 Minuten). Details werden rechtzeitig vom Prüfenden bekannt gegeben

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 gilt als erbracht, wenn der Teilnehmer bzw. die Teilnehmerin:

- die Hälfte (50 %) der Aufgaben im Laufe des Semesters bearbeitet hat. Die Bearbeitung wird durch Ankreuzlisten und Einsammeln der Übungen festgehalten bzw. überprüft;
- eine repräsentative Anzahl der von ihm bzw. ihr erarbeiteten Lösungen vor den anderen TeilnehmerInnen vorgerechnet hat. Die repräsentative Anzahl ergibt sich aus dem Quotienten aus der Gesamtanzahl der während des Semesters gestellten Aufgaben und der Anzahl der ÜbungsteilnehmerInnen in der jeweiligen Übungsgruppe

Wird festgestellt, dass eine angekreuzte Aufgabe nicht vorgerechnet werden kann oder in den eingesammelten Übungsblättern nicht bearbeitet wurde, gilt dies als Täuschung. Bei Täuschung gilt die Studienleistung der Lehrveranstaltung als nicht erbracht.

Literatur

- C. Kittel, Einführung in die Festkörperphysik, 2005, Oldenbourg
- H. Ibach / H. Lüth, Einführung in die Festkörperphysik, 2002, Springer
- K. Kopinsky / P. Herzog, Festkörperphysik – Einführung in die Grundlagen, 2004, Teubner
- Weiterführend: N. W. Ashcroft / N. D. Mermin: Festkörperphysik, 2005, Oldenbourg

Die Studierenden erhalten ein Skript mit dem Präsentationsmaterial zur Verfügung gestellt.

Verwendbarkeit

Pflichtmodul für Studierende des Studiengangs

- B. Sc. in Sustainable Systems Engineering (PO 2018)

Modul / *Module*
Differentialgleichungen

Nummer	11LE68MO-BScSSE-3011		
Modulverantwortlicher	Prof. Dr. Lars Pastewka	**Einrichtung**	IMTEK; Simulation
Modultyp	Pflichtmodul	**Moduldauer**	1 Semester
Zugehörige Lehrveranstaltungen	Vorlesung und Übung	**Sprache**	Deutsch
Zwingende Voraussetzungen	Keine		
Empfohlene Voraussetzungen	Wissen und Kenntnisse des vermittelten Lernstoffs der Module Mathe I für Studierende der Informatik und der Ingenieurwissenschaften und Mathe II für Studierende der Ingenieurwissenschaften		

Empfohlenes Fachsemester	3	**ECTS-Punkte**	6
SWS	2 Vorlesung + 2 Übung	**Angebotsfrequenz**	Jedes Wintersemester
Arbeitsaufwand	180 Stunden (60 Stunden Präsenzstudium + 120 Stunden Selbststudium)		

Qualifikationsziele

Die Studierenden

- können Differentialgleichungen für Modelle technisch-naturwissenschaftlicher Prozesse formulieren.
- können die wichtigsten analytischen Lösungsmethoden für gewöhnliche und partielle Differentialgleichungen anwenden.
- können numerische Methoden zur Lösung gewöhnlicher Differentialgleichungen anwenden.
- können die numerische Qualität der Lösung und die Grenzen der zu Grunde liegenden Modelle beurteilen.

Inhalte Vorlesung

- Gewöhnliche lineare Differentialgleichungen erster und höherer Ordnung
- Systeme gewöhnlicher Differentialgleichungen
- Integraltransformationen (Laplace-, Fouriertransformation)
- Nichtlineare Differentialgleichungen
- Numerische Integration und Analyse der Phasenraumtrajektorien
- Lineare partielle Differentialgleichungen

- Lineare Antwortfunktionen – Greensche Funktion
- Variationsrechnung

Inhalte Übung

Zu jedem der in der Vorlesung behandelten Themen werden Übungsaufgaben mit analytischem und/oder numerischem Zugang zur Lösung bearbeitet. Die graphische Darstellung der Lösung von Differentialgleichungen wird eingesetzt um das Lösungsverhalten zu untersuchen. Die Beispiele werden mit Bezug auf thematisch für die Studiengänge relevante Systeme gewählt.

Zu erbringende Prüfungsleistung

Klausur (120 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 Übungsaufgaben erfolgreich bearbeitet wurden.

Literatur

- R.L. Borrelli, C.S. Coleman, "Differential Equations, A Modeling Perspective" (John Wiley and Sons, 2004)
- V.I. Arnold, Gewöhnliche Differentialgleichungen (Springer, 2013)
- K. Mayberg, P. Vachenauer, Höhere Mathematik 2 – Differentialgleichungen (Springer, 2001)

Verwendbarkeit

Pflichtmodul für Studierende des Studiengangs
- B. Sc. in Sustainable Systems Engineering (PO 2018)

Modul
Kontinuumsmechanik

Nummer	11LE68MO-BScSSE-3012		
Modulverantwortlicher	Prof. Dr. Stefan Hiermaier, Dr. Pascal Matura	**Einrichtung**	INATECH; Professur für Nachhaltige Ingenieursysteme (Lehrbeauftragter)
Modultyp	Pflichtmodul	**Moduldauer**	1 Semester
Zugehörige Lehrveranstaltungen	Vorlesung und Übung	**Sprache**	Deutsch
Zwingende Voraussetzungen	Keine		
Empfohlene Voraussetzungen	Mathe I für Studierende der Informatik und der Ingenieurwissenschaften; Mathe II für Studierende der Ingenieurwissenschaften; Mechanik sowie Elektrodynamik und Optik.		

Empfohlenes Fachsemester	3	**ECTS-Punkte**	6
SWS	2 Vorlesung + 2 Übung	**Angebotsfrequenz**	Jedes Wintersemester
Arbeitsaufwand	180 Stunden (60 Stunden Präsenzstudium + 120 Stunden Selbststudium)		

Qualifikationsziele
Ziel dieser Vorlesung ist es, Grundlagen für das systematische Lösen von mechanischen Aufgabestellungen, sogenannten Ingenieursproblemen, zu vermitteln. Studierende kennen die Grundbegriffe der Technischen Mechanik: Kräfte, Momente und Freiheitsgrade. Sie verstehen das Prinzip des Kräftegleichgewichts und das Schnittprinzip von Euler. Sie wenden die Methode des Freischneidens an, um Schnittkräfte und Lagerkräfte zu berechnen. Studierende kennen die Grundbegriffe der Elastostatik: mechanische Spannungen und Verzerrungen. Sie unterscheiden Zug- und Druckspannungen von Schubspannungen. Sie verstehen Materialgesetze als Beziehungen zwischen Spannung und Verzerrung und können unterschiedliches Materialverhalten mit Hilfe wissenschaftlicher Arbeitsweisen klassifizieren. Studierende wenden die Grundprinzipien technischen Mechanik und der Elastostatik an um das Biegeverhalten von einfachen Balken für verschiedene Lastfälle zu analysieren.

Inhalte Vorlesung
Diese Vorlesung vermittelt Grundlagen der technischen Mechanik und der Kontinuumsmechanik: Statik starrer Körper • Kräfte und Momente • Das Schnittprinzip von Euler • Freistellen von Körpern; Schnittkräfte und -momente • Freiheitsgrade und Bindungen: Statische Bestimmtheit und Auflagerkräfte • Statisches Gleichgewicht • Mittel- und Schwerpunkte Elastostatik und Festigkeitslehre: • mechanische Spannungen: Normal- und Schubspannungen; allgemeiner 3d-Spannungszustand • Verzerrungen: 1d Dehnungsmaße; der allgemeine 3d-Verzerrungszustand • Materialgesetze: Linear-elastisches, isotropes Verhalten; Plastizität; Versagen • einfache Lastfälle: Zug, Druck, Schub • Flächenträgheitsmomente und Balkenbiegung • Wärmedehnung und -spannung • Das Prinzip der Virtuellen Verschiebung

Inhalte Übungen
Die Übungen erfolgen begleitend zu den Inhalten der Vorlesungen. Die Inhalte werden vertieft durch Rechenaufgaben, welche in Eigenarbeit zu lösen sind und abgegeben werden müssen. Eine Nachbesprechung der Aufgaben und ein Aufzeigen von wissenschaftlichen Lösungswegen erfolgt in den Übungsstunden. Die Übung reflektiert die Inhalte der Vorlesung und kann sie ggf. um weitere Aspekte ergänzen. Die Qualifikationsziele des Moduls werden in der Vorlesung und der Übung vermittelt, daher ist die regelmäßige Teilnahme an der Übung erforderlich.

Zu erbringende Prüfungsleistung
Klausur (ca. 90 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 der Teilnehmer bzw. die Teilnehmerin • mindestens 50 % der Punkte pro Übungsblatt erreicht hat und • regelmäßig an den Übungen teilgenommen hat gemäß §13 (2) der Rahmenprüfungsordnung Bachelor of Science.

Literatur
• Lutz Nasdala: FEM-Formelsammlung Statik und Dynamik, Vieweg+Teubner Verlag 2012, ISBN 978-3834809803 • Allen F. Bower: Applied Mechanics of Solids, CRC Press 2009, ISBN 978-1-4398-0247-2 (online verfügbar unter: http://solidmechanics.org/) • „Technische Mechanik 1“, Gross, Hauger, Schröder, Wall, Springer-Verlag, ISBN 978-3-642-13805-8, DOI 10.1007/978-3-642-13806-5 • „Technische Mechanik 2“, Gross, Hauger, Schröder, Wall, Springer-Verlag, ISBN 978-3-642-19983-7, DOI 10.1007/978-3-642-19984-4

Verwendbarkeit
Pflichtmodul für Studierende des Studiengangs • B. Sc. in Sustainable Systems Engineering (PO 2018)

Modul
Elektronik – Bauelemente und analoge Schaltungen

Nummer	11LE68MO-BScSSE-3013		
Modulverantwortlicher	Prof. Dr. Hans Zappe	**Einrichtung**	IMTEK; Gisela-und-Erwin-Sick-Professur für Mikrooptik
Modultyp	Pflichtmodul	**Moduldauer**	1 Semester
Zugehörige Lehrveranstaltungen	Vorlesung und Praktische Übung	**Sprache**	Deutsch
Zwingende Voraussetzungen	Keine		
Empfohlene Voraussetzungen	Es wird dringend empfohlen vor der Teilnahme an diesem Modul das Modul Einführung in die Elektrotechnik besucht zu haben.		

Empfohlenes Fachsemester	3	**ECTS-Punkte**	6
SWS	2 Vorlesung + 2 Praktische Übung	**Angebotsfrequenz**	Jedes Wintersemester
Arbeitsaufwand	180 Stunden (60 Stunden Präsenzstudium + 120 Stunden Selbststudium)		

Qualifikationsziele
Nach Absolvierung des Moduls sind die Studierenden in der Lage, die Funktion wichtiger elektronischer Baugruppen zu verstehen. Die Relevanz derartiger Grundkenntnisse ergibt sich unmittelbar aus der großen Bedeutung, welche die Elektronik in den Ingenieurwissenschaften besitzt. Das Ziel des Moduls „Elektronik“ ist es, diese Kenntnisse zu vermitteln. Die Studierenden erlernen die Funktion von Halbleiterbauelementen und den Entwurf sowie die Entwicklung einfacher analoger Schaltungen und verstehen deren Anwendung.

Inhalte Vorlesung
Nach Einführung und Diskussion diverser Halbleiterbauelemente (u. a. Dioden, Bipolar- und MOS-Transistoren, Operationsverstärker) folgt die Behandlung analoger Grundschaltungen. Folgende Themen werden im Detail behandelt: • ET Grundlagen • Schaltungsanalyse • Dioden • Dioden Schaltungen • Bipolare Transistoren • Bipolare Schaltungsmodelle

- Bipolare Verstärker
- Fortgeschrittene bipolare Schaltungen
- MOSFETs
- MOSFET Schaltungsmodelle
- MOSFET-Verstärker
- Operationsverstärker
- Op-Amp-Anwendungen

u. a.

Inhalte Praktische Übung

- Dioden
- Bipolare Transistoren
- MOSFETs
- Op-Amp-Anwendungen
- Digital

Zu erbringende Prüfungsleistung

Klausur (120 Minuten)

Zu erbringende Studienleistung

Es gibt Übungsaufgaben im regelmäßigen Rhythmus, die bearbeitet und abgegeben werden müssen. Diese werden korrigiert und mit Punkten bewertet. Die „Praktische Übung“ ist eine Studienleistung. Sie ist bestanden, wenn

- bei jedem Protokoll min. 50 % der Punkte erreicht wurden
- im Mittel über alle Protokolle min. 70 % der Punkte erreicht wurden

Literatur

- Sedra, K. Smith: Microelectronic Circuits, Oxford University Press, 1997
- E. Hering, K. Bressler, J. Gutekunst: Elektronik für Ingenieure, Springer-Verlag, 2001
- K. Beuth: Grundschaltungen, Vogel-Verlag, 2003
- R. Spencer, M. S. Ghausi: Introduction to Electronic Circuit Design, Prentice Hall, 2003
- U. Tietze, C. Schenk: Halbleiter-Schaltungstechnik, Springer-Verlag, 2002

Verwendbarkeit

Pflichtmodul für Studierende des Studiengangs

- B. Sc. in Sustainable Systems Engineering (PO 2018)

Modul
Allgemeine und Anorganische Chemie

Nummer	11LE68MO-BScSSE-3014		
Modulverantwortlicher	Prof. Dr. Philipp Kurz	**Einrichtung**	Fakultät für Chemie und Pharmazie
Modultyp	Pflichtmodul	**Moduldauer**	1 Semester
Zugehörige Lehrveranstaltungen	Vorlesung und Übung	**Sprache**	Deutsch
Zwingende Voraussetzungen	Keine		
Empfohlene Voraussetzungen	Keine		

Empfohlenes Fachsemester	3	**ECTS-Punkte**	6
SWS	4 Vorlesung + 2 Übung	**Angebotsfrequenz**	Jedes Wintersemester
Arbeitsaufwand	180 Stunden (90 Stunden Präsenzstudium + 90 Stunden Selbststudium)		

Qualifikationsziele
Die Studierenden • beherrschen die Grundzüge der Allgemeinen und Anorganischen Chemie und sie kennen ihre Relevanz für viele Bereiche der Mikrosystemtechnik und Biologie. • kennen die Grundlagen der Chemie als Basis für Lehrveranstaltungen zu den Materialwissenschaften, der Biologie, sowie zur Organischen und Physikalischen Chemie. • besitzen die Voraussetzungen, um die im Hauptstudium und in den Vertiefungsrichtungen angebotenen Inhalte speziell in den Bereichen Materialien und Lebenswissenschaften zu erlernen.

Inhalte Vorlesung
Grundlagen der Allgemeinen Chemie: Atombau, Periodensystem der Elemente, Valenz, Bindungstheorien, Molekülbau, Kristallgitter/Festkörper, Thermodynamik und Kinetik von Reaktionen, Gastheorie, Säure-Base-Reaktionen, Komplexchemie, Redoxreaktionen und Elektrochemie. Darüber hinaus wird die einfache anorganische Stoffchemie der Haupt- und Nebengruppenelemente behandelt.

Inhalte Übung
In den Tutoraten werden die Inhalte der Vorlesung "Allgemeine und anorganische Chemie für Studierende der Biologie, Ingenieur- und Umweltnaturwissenschaften" anhand von ausgewählten Aufgaben wiederholt und vertieft. Die TutorInnen stellen dabei Hintergründe und Lösungswege vor und gehen auf Fragen der Studierenden ein. Der Besuch der Tutorate ist freiwillig, wird zur Vertiefung der Vorlesungsinhalte und zur Vorbereitung auf die Abschlussklausur des Moduls aber dringend empfohlen. In den Tutoraten werden vor allem folgende Themen im Detail behandelt: • Atombau • Stöchiometrie chemischer Reaktionen • Periodensystem der Elemente • Konzepte der chemischen Bindungen • Ionische Verbindungen: Strukturtypen von AB-Verbindungen • Metallische Bindung und Konzept der dichtesten Kugelpackung • Kovalente Verbindungen: Lewis-Formeln und VSEPR-Modell • Grundlagen von Thermodynamik und Kinetik • Zwischenmolekulare Kräfte • Wasser und wässrige Lösungen • Säuren & Basen • Redoxreaktionen • Stoffchemie der Nichtmetalle und wichtige großtechnische Prozesse • Nomenklatur anorganischer Verbindungen

Zu erbringende Prüfungsleistung
Keine

Zu erbringende Studienleistung
Die Teilnahme an den Übungen ist dringend empfohlen aber freiwillig. Die Studienleistung besteht in der Abschlussklausur (Dauer idR 90-180 Minuten).

Literatur / *Literature*
Begleitend zur Vorlesung werden verschiedene Materialien im Internet zur Verfügung gestellt; Lehrbuchempfehlung: • C.E. Mortimer, U. Müller: Chemie – Das Basiswissen der Chemie, Georg Thieme Verlag, Stuttgart. • E. Riedel, C. Janiak, Anorganische Chemie, de Gruyter

Verwendbarkeit
Pflichtmodul für Studierende des Studiengangs • B. Sc. in Sustainable Systems Engineering (PO 2018)

4. Fachsemester

Modul
Technische Thermodynamik

Nummer	11LE68MO-BScSSE-3015		
Modulverantwortlicher	Prof. Dr. Hans-Martin Henning, Dr. Lena Schnabel, Dr.-Ing. Andreas Velte, Beatrice Rodenbücher	**Einrichtung**	INATECH; Professur für Solare Energiesysteme
Modultyp	Wahlpflichtmodul	**Moduldauer**	1 Semester
Zugehörige Lehrveranstaltungen	Vorlesung und Übung	**Sprache**	Deutsch
Zwingende Voraussetzungen	Keine		
Empfohlene Voraussetzungen	Erfolgreiche Teilnahme an den Modulen Mechanik, Elektrodynamik und Optik, Festkörperphysik, Mathematik I für Studierende der Informatik und der Ingenieurwissenschaften, Mathematik II für Studierende der Ingenieurwissenschaften		

Empfohlenes Fachsemester	4	**ECTS-Punkte**	6
SWS	2 Vorlesung + 2 Übung	**Angebotsfrequenz**	Jedes Sommersemester
Arbeitsaufwand	180 Stunden (52 Stunden Präsenzstudium + 128 Stunden Selbststudium)		

Qualifikationsziele
Die Studierenden entwickeln Verständnis für das Verhalten thermodynamischer Systeme und können dieses Verständnis im wissenschaftlichen Kontext auf technische Prozesse anwenden. Sie lernen die wichtigsten thermodynamischen Zustands- und Prozessgrößen kennen und können mit Hilfe wissenschaftlicher Arbeitsweisen Energie- und Massenbilanzen erstellen. Dafür verstehen die Studierenden die Verknüpfung der verschiedenen Energieformen entsprechend dem 1. Hauptsatz der Thermodynamik und die Grenzen der idealen und realen Energiewandlung entsprechend dem 2. Hauptsatz. Sie können den Zustand idealer Gase und realer Stoffe beschreiben und berechnen; insbesondere die Gesetzmäßigkeiten feuchter Luft. Sie lernen die wichtigsten rechts- und linkslaufenden Kreisprozesse mit und ohne Phasenänderung kennen und können sie den jeweiligen Anwendungen (Wärmekraftmaschinen, Kältemaschinen) zuordnen. Sie können die energetischen und exergetischen

Wirkungsgrade dieser Kreisprozesse herleiten und mit Hilfe der in der Thermodynamik verbreiteten Diagramme erläutern. Die Studierenden lernen die Grundlagen von Verbrennungsprozessen und können sie auf die Beschreibung von thermodynamischen Systemen anwenden. Des Weiteren verstehen die Studierenden die fundamentalen Konzepte des Wärmetransports und können Wärmeübergänge berechnen.
Diese thermodynamischen Grundlagen ermöglichen es, technische Systeme hinsichtlich Aspekte der Nachhaltigkeit (Energieeffizienz, CO_2-Emissionen, Ressourcenschonung etc.) zu bewerten und zu optimieren.

Inhalte Vorlesung

- Systemdefinition mit Zustandsgrößen Druck, Temperatur, Volumen, Dichte
- Prozessgrößen Innere Energie, Arbeit und Wärme
- Hauptsatz: offene und geschlossene Systeme, Enthalpie, Energiebilanz
- Hauptsatz: Entropie, Exergie und Anergie, Exergiebilanz
- Ideale Gase: Zustandsgleichung und Zustandsänderungen
- Reale Stoffe: Zustandsdiagramme mehrphasiger Systeme, Wasserdampf und feuchte Luft
- Kreisprozesse: Gasturbinen-Anlagen, Verbrennungsmotoren, Prozesse mit Phasenänderung, Carnot-Prozess, linkslaufende Kreisprozesse
- Feuchte Luft: Zustandsgrößen, Zustandsänderungen, hx-Diagramm
- Verbrennung: Zusammensetzung fester und flüssiger Brennstoffe, Stöchiometrie
- Wärmetransport: Wärmeleitung, Konvektion und Wärmestrahlung
- Wärmeübergang zwischen Festkörper und Fluid, Wärmedurchgang

Inhalte Übung

- Wissenschaftliche Bestimmung thermodynamischer Stoffwerte von Fluiden mit Hilfe von Tabellen, Diagrammen und Stoffwert-Bibliotheken
- Bilanzierung realer Systeme der Energietechnik bezüglich Masse, Energie, Entropie und Exergie
- Anwendung des 1. Hauptsatzes auf die Bilanzierung eines Wärmeübertragers
- Anwendung des 2. Hauptsatzes auf reale Verbrennungsprozesse
- Berechnung realer und idealer Kreisprozessen am Beispiel von Dampfturbinen und Wärmepumpen
- Berechnung von Wärmeübertragung durch Wärmeleitung, Konvektion, Wärmestrahlung am Beispiel von in der Thermischen Energietechnik verwendeten Bauteilen.
- Berechnung von Wärmeübergang und Wärmdurchgang an Beispielen aus der Gebäude-Energietechnik
- Anwendung der thermodynamischen Grundlagen für den Vergleich zwischen konventionellen und erneuerbaren Energiesystemen.

Die Übung reflektiert die Inhalte der Vorlesung und kann sie ggf. um weitere Aspekte ergänzen. Die Qualifikationsziele des Moduls werden in der Vorlesung und der Übung vermittelt, daher ist die Teilnahme an der Übung erforderlich.

Zu erbringende Prüfungsleistung
Klausur, 120 Minuten.

Zu erbringende Studienleistung
Es gibt Übungsaufgaben im regelmäßigen Rhythmus, die bearbeitet und abgegeben werden müssen. Diese werden korrigiert und mit Punkten bewertet. Ein Übungsblatt gilt als bestanden, wenn 50% der Punkte erreicht wurden. Die Studienleistung ist bestanden, wenn 80% der Übungsblätter bestanden sind.

Literatur
• Baehr, H. D., Kabelac, S.: Thermodynamik – Grundlagen und Technische Anwendungen. Springer-Verlag, Berlin, 16. Auflage, 2016 • Cerbe, G., Wilhems, G.: Technische Thermodynamik: Theoretische Grundlagen und praktische Anwendungen. Carl Hanser Verlag, München, 18. Auflage, 2017 • Cerbe, G., Wilhems, G.: Übungsaufgaben Technische Thermodynamik. Carl Hanser Verlag, München, 6. Auflage, 2017 • VDI-Wärmeatlas, Springer-Verlag, Berlin, 11. Auflage, 2013

Verwendbarkeit
Wahlpflichtmodul für Studierende des Studiengangs • B. Sc. in Sustainable Systems Engineering (PO 2018)

Modul
Werkstoffwissenschaft

Nummer	11LE68MO-BScSSE-3016		
Modulverantwortlicher	Prof. Dr. Christoph Eberl; Prof. Dr. Thomas Hanemann	**Einrichtung**	IMTEK; Professuren für Mikro- und Werkstoffmechanik bzw. Werkstoffprozesstechnik
Modultyp	Wahlpflichtmodul	**Moduldauer**	1 Semester
Zugehörige Lehrveranstaltungen	Vorlesung und Übung	**Sprache**	Deutsch
Zwingende Voraussetzungen	Keine		
Empfohlene Voraussetzungen	Wissen und Kenntnisse des vermittelten Lernstoffs des Moduls Festkörperphysik		

Empfohlenes Fachsemester	4	**ECTS-Punkte**	6
SWS	3 Vorlesung + 1 Übung	**Angebotsfrequenz**	Jedes Sommersemester
Arbeitsaufwand	180 Stunden (52 Stunden Präsenzstudium + 128 Stunden Selbststudium)		

Qualifikationsziele
Die Studierenden kennen alle relevanten Werkstoffklassen, d.h. Metalle, Kunststoffe und Keramiken sowie deren Verarbeitungstechnologien. Sie verstehen, dass der atomare bzw. molekulare Aufbau, die Zusammensetzung, und auch die Prozessierung die Eigenschaften der Werkstoffe maßgeblich bestimmen.

Inhalte Vorlesung
Ausgehend von der Beschreibung des inneren Aufbaus werden auch die physikalischen, metallurgischen und chemischen Einflüsse hierauf untersucht. Dazu werden die Prinzipien der Thermodynamik und der Reaktionskinetik herangezogen. Die wesentlichen betrachteten Eigenschaften umfassen die Festigkeit, die elektrische und thermische Leitfähigkeit sowie magnetische Eigenschaften. Darüber hinaus wird noch ein kurzer Einblick in die elektrochemischen Grundlagen, wie Korrosion und galvanische Abscheidung, gegeben. Die grobe Gliederung sieht wie folgt aus: Einführung 1. Der Aufbau der Werkstoffe, vom Atom bis zum Bauteil, incl. Gitterfehler 2. Thermodynamik und Kinetik von Umwandlungen, einschließlich Diffusion

3. Gefüge und Eigenschaften
4. Eisen- und Stahlwerkstoffe

Nichteisenmetalle
1. Technische Eigenschaften und Festigkeit
2. Moderne Fertigungsverfahren

Kunststoffe: Eigenschaften und Prozessierung
Keramiken: Eigenschaften und Prozessierung
Metalle: Elektrochemie und magnetische Eigenschaften

Zu erbringende Prüfungsleistung
Klausur, 120 Minuten.

Zu erbringende Studienleistung
Die SL besteht aus zwei Kurztests (Bearbeitungsdauer 20-30 Minuten) die jeweils zur Mitte und zum Ende des Vorlesungszyklus durchgeführt werden. Die Kurztests werden jeweils einzeln bepunktet und am Ende aufaddiert. Die SL gilt als bestanden, wenn mindestens 50 % der Gesamtpunkte erreicht wurden.

Literatur
Begleitend zur Vorlesung wird den Studierenden über ILIAS ein Skriptum zur Verfügung gestellt. Eine gedruckte Version des Skriptums kann bei Bedarf bei den verantwortlichenen Dozenten kostenlos angefordert werden. Eine Reihe von werkstoffwissenschaftlichen Lehrbüchern sowie weiterführende Literatur ist im Skript verzeichnet.

Verwendbarkeit
Wahlpflichtmodul für Studierende des Studiengangs • B. Sc. in Sustainable Systems Engineering (PO 2018)

Modul
Systemtheorie und Regelungstechnik

Nummer	11LE68MO-BScSSE-3017		
Modulverantwortlicher	Prof. Dr. Moritz Diehl	**Einrichtung**	IMTEK; Professur für Systemtheorie, Regelungstechnik und Optimierung
Modultyp	Pflichtmodul	**Moduldauer**	1 Semester
Zugehörige Lehrveranstaltungen	Vorlesung und Übung	**Sprache**	Deutsch
Zwingende Voraussetzungen	Keine		
Empfohlene Voraussetzungen	Keine		

Empfohlenes Fachsemester	4	**ECTS-Punkte**	6
SWS	3 Vorlesung + 1 Übung	**Angebotsfrequenz**	Jedes Sommersemester
Arbeitsaufwand	180 Stunden (52 Stunden Präsenzstudium + 128 Stunden Selbststudium)		

Qualifikationsziele
Nach erfolgreichem Abschluss dieses Moduls besitzen Studierende die Kernkompetenzen der Systemtheorie und Regelungstechnik in der Ingenieursausbildung, d.h. sie kennen die wichtigsten Grundelemente und Strukturen dynamischer Systeme, ihre Beschreibungsformen und charakteristische Verhaltensweisen, und sie sind mit den fundamentalen Aufgabenstellungen der Regelungstechnik und adäquaten Methoden zu deren Behandlung vertraut. Sie sind in der Lage, vorhandene oder auch neue technische Prozesse mathematisch zu beschreiben, zu analysieren und in gewünschter Weise durch Regelsysteme zu beeinflussen.

Inhalte Vorlesung
Technische Systeme sind im Allgemeinen dynamische, also zeitveränderliche Systeme, ganz gleich, ob dabei elektrische, mechanische, optische, chemische oder thermische Vorgänge betrachtet werden. Wie lassen sich dynamische Systeme in einheitlicher Weise beschreiben, analysieren und erforderlichenfalls beeinflussen? Die Vorlesung stellt einheitliche Formen der Beschreibung von dynamischen Systemen vor. Neben den Darstellungen als nichtlineare oder lineare Differenzialgleichung im Zeitbereich, die die Grundlage für die Modellierung und auch für numerische Simulationen bilden, wird

für linear zeitinvariante Systeme auch die Übertragungsfunktion im Bildbereich eingeführt, sowie das Blockschaltbild, das eine übersichtliche Beschreibung auch komplexer Systeme ermöglicht.
Darüber hinaus werden Methoden zur Systemanalyse, z. B. hinsichtlich der Stabilität, und zur gezielten Systembeeinflussung, d.h. zum Reglerentwurf, behandelt. Eine Regelung erfasst die Messgrößen des Systems, diagnostiziert daraus den aktuellen Systemzustand und führt ggf. geeignete Korrekturen als Stellsignal auf den Systemeingang zurück, um das System in einen gewünschten Zustand zu bringen. Es werden Reglerstrukturen und Entwurfsverfahren im Frequenz und im Zustandsbereich vorgestellt.

Inhalte Übung

Die Übungen vertiefen den Stoff der Vorlesung durch Textaufgaben und Computer Übungen in PYTHON.

Zu erbringende Prüfungsleistung

Klausur (Dauer: 120 Minuten)

Zu erbringende Studienleistung

Es gibt Übungsaufgaben (im wöchentlichen oder zweiwöchentlichen Rhythmus), die bearbeitet und abgegeben werden müssen. Die Studienleistung ist bestanden, wenn

- 50 % der in den wöchentlich abzugebenden Übungsblättern erreichbaren Gesamtpunkte erreicht sind,
- mindestens 50 % der Gesamtpunkte der drei besten von vier „Mikroklausuren“ (Testaten) erreicht sind.

Dabei wird jedes der elf Übungsblätter und jede der vier Mikroklausuren gleich gewichtet.

Literatur

- Diehl, M.: Skript zur Vorlesung “Systemtheorie und Regelungstechnik 1” an der Universitat Freiburg, 2017
- Lunze, J.: Regelungstechnik 1 – Systemtheorietische Grundlagen, Analyse und Entwurf einschleifiger Regelungen, Springer
- G.F. Franklin, J.D. Powell, A. Emami-Naeini: Feedback Control of Dynamic Systems, Pearson (ISBN-13: 978-0-13-601969-5)
- Föllinger, O: Regelungstechnik, Hüthig, Heidelberg
- Unbehauen, H.: Band 1: Klassische Verfahren zur Analyse und Synthese linearer kontinuierlicher Regelsysteme, Vieweg
- Unbehauen, H.: Band 2: Zustandsregelung, digitale und nichtlineare Regelsysteme, Vieweg
- Norman S. Nise: Control Systems Engineering, Wiley Text Books

Verwendbarkeit
Pflichtmodul für Studierende des Studiengangs • B. Sc. in Sustainable Systems Engineering (PO 2018)

Modul / *Module*
Schaltungstechnik / Circuit Technology

Nummer *Number*	11LE68MO-BScSSE-3018		
Modulverantwortlicher *Responsible person*	Prof. Dr. Rüdiger Quay	**Einrichtung** *Organisational unit*	INATECH; Professur für Energieeffiziente Hochfrequenzelektronik
Modultyp *Module Type*	Wahlpflichtmodul	**Moduldauer** *Module duration*	1 Semester
Zugehörige Lehrveranstaltungen *Connected events*	Vorlesung und Übung	**Sprache** *Language*	English
Zwingende Voraussetzungen *Mandatory preconditions*	Keine		
Empfohlene Voraussetzungen *Recommended preconditions*	Elektronik – Bauelemente und analoge Schaltungen; Einführung in die Elektrotechnik; Elektrodynamik und Optik		

Empfohlenes Fachsemester *Recommended term of study*	4	**ECTS-Punkte** *ECTS-points*	3
SWS *Semester week hours*	1,5 Vorlesung + 0,5 Übung	**Angebotsfrequenz** *Regular cycle*	Jedes Sommersemester
Arbeitsaufwand *Workload*	90 h (26 Stunden Präsenzstudium + 64 Stunden Selbststudium)		

Qualifikationsziele / *Learning targets*
The students will be enabled to understand scientific concepts, functioning, and analysis of fundamental circuit components, and to do schematic circuit design. This includes the understanding of basic circuit concepts, of passive and active baseline components, and circuit theory for the analogue, digital, and mixed-signal worlds. The students will be competent to analyze passive and active circuit structures, such as diode and transistors, further full block functions, analyze signal flows, and circuit concepts. Based on this analysis the behavior of most of the circuit basic topologies needed for analogue, power, and digital design will be covered to enable learning of scientific skills related to more advanced circuit and design courses.

Inhalte Vorlesung / *Content of the lecture*
The lecture *Circuit Technology* deals with the fundamentals of circuits in the analogue and digital domain, mainly based on semiconductors.

It comprises three parts: fundamental device and passive functions, fundamental circuits, and circuit behaviour such as linearity and nonlinearity, and related circuit functions. Modern electronics, either for digital, analogue, or power applications requires circuit design, advanced analysis of data flows, energy conversion and storage, and techniques in order to bridge top level requirements such as energy efficiency and safety into the technical domain. The methodologies of analysis, design of circuits, signal flows, their modelling and their theory are introduced. To that end in the first part modelling and functioning of diodes and transistors are discussed. In the second part basic circuit functions such as emitter and collector circuits and their impact on amplifiers, operational amplifiers, and filters are given. Beyond amplifiers, logical functions are introduced suitable for memory and other mixed signal functions. Last but not least, scientific skills to understand and investigate circuit concepts for control and basic AD/DA conversion will be taught.

Inhalte Übung / *Content of the exercises*

- Implications of the Kirchoff laws
- Active and passive device behavior
- Analogue circuit techniques
- Digital circuit techniques
- Introduction to multiple circuit functions, such as memory, amplifier, oscillators, and transformers.
- Filter theory

Zu erbringende Prüfungsleistung / *Course-based assessment*

Exam (90 minutes)

Zu erbringende Studienleistung / *Coursework*

None

Literatur / *Literature*

- Halbleiter-Schaltungstechnik, Ulrich Tietze, Christoph Schenk, Eberhard Gamm, 15. Auflage, 2016, 1815 Seiten, 1800 Abbildungen
  ISBN: 978-3-662-48354-1.
- Electronic script of the lecture

Verwendbarkeit / *Usability of the Module*

Mandatory elective module for students of the study program

- B. Sc. in Sustainable Systems Engineering (PO 2018)

Modul
Messtechnik

Nummer	11LE68MO-BScSSE-3019		
Modulverantwortlicher	Prof. Dr. Stefan Rupitsch	**Einrichtung**	IMTEK; Professur für Elektrische Messtechnik und Eingetettete Systeme
Modultyp	Pflichtmodul	**Moduldauer**	1 Semester
Zugehörige Lehrveranstaltungen	Vorlesung und Praktische Übung	**Sprache**	Deutsch
Zwingende Voraussetzungen	Keine		
Empfohlene Voraussetzungen	Wissen und Kenntnisse des vermittelten Lernstoffs der Module Elektrodynamik und Optik, Einführung in die Elektrotechnik, Elektronik – Bauelemente und analoge Schaltungen, Elektronik – Digitale Schaltungen		

Empfohlenes Fachsemester	4	**ECTS-Punkte**	6
SWS	2 Vorlesung + 2 Praktische Übung	**Angebotsfrequenz**	Jedes Sommersemester
Arbeitsaufwand	180 Stunden (52 Stunden Präsenzstudium + 128 Stunden Selbststudium)		

Qualifikationsziele
Die Studierenden beherrschen die Grundlagen der Messtechnik und sind in der Lage, eigenständig messtechnische Systeme und Verfahren zu verstehen, zu bewerten/auszuwählen bzw. eigene Lösungen vorzuschlagen und diese grundlegend zu dimensionieren. Die Teilnehmer sind in der Lage, eigene Messungen wissenschaftlich korrekt zu planen, durchzuführen, auszuwerten und zu interpretieren. Für die Lokalisierung von Fehlerquellen in der Messtechnik ist ein Bewusstsein entstanden und auftretende Messfehler können qualitativ und quantitativ beurteilt werden.

Inhalte Vorlesung
Die Vorlesung führt in die grundlegenden Sensor-Komponenten, System-Konzepte, Aufnahme- und Auswerteverfahren, Schaltungen und Geräte der Messtechnik ein Folgende Themen werden in der Vorlesung behandelt: • Grundlagen Allgemeine Grundlagen der Messtechnik, Grundlagen der Sensorik, Grundlagen der Elektrotechnik, Analoge Messung elektrischer Größen

- Eigenschaften und Charakterisierung von Sensoren und Messvorgängen (Quasi)-Statische Eigenschaften, Messabweichung, Dynamische Eigenschaften, sonstige Eigenschaften.
- Signale und Systeme Signalarten, Signalmerkmale, Fourier-Transformation, Korrelation, Abtasttheoreme, LTI-System, Impulsantwort, Übertragungsfunktion
- Analoge Messtechnik Messbrücken, Operationsverstärker, analoge Messfilter- und Rechenschaltungen
- Sensoren und Messwertumformer Temperaturmessung, Kraft- und Druckmessung, Durchflussmessung, Positions- Weg- und Geschwindigkeitsmessung
- Digitale Messtechnik: Grundlagen der Digitaltechnik, Digitale Zählschaltungen, Inkrementale Dreh- ,Weggeber, Digital-Analog- / Analog-Digital-Umsetzer

Inhalte praktische Übung

Das Praktikum Messtechnik vermittelt grundlegende Erfahrungen in der elektrischen Messung physikalischer und mechanischer Größen wie Weg, Winkel, Kraft, Dehnung, Temperatur, magnetische Feldstärke, etc. Zum Messen elektrischer Größen wie Spannung, Strom, Widerstand und Impedanz, werden elementare elektronische Messschaltungen erklärt und analysiert sowie im Praktikum aufgebaut und angewendet. Der Umgang mit den für die elektrische Messtechnik typischen Labormessgeräten wie Oszilloskop, Digitalmultimeter und Frequenzgenerator wird vertieft. Das Praktikum beinhaltet sechs Versuche. Alle notwendigen Messgeräte und Versuchsbaugruppen erhalten die Studierenden in einem speziell vorbereiteten Messtechnik-Koffer. Die Versuche werden zum Teil bei Anwesenheitspflicht im Labor des Lehrstuhls Elektrische Mess- und Prüfverfahren und zum Teil zu Hause jeweils in Einzelarbeit durchgeführt. Zu den Versuchen werden Prüfungsgespräche in Einzelabfrage durchgeführt, auf die sich die Studierenden anhand der Versuchsanleitungen vorbereiten. Nach der Durchführung der Versuche werden Versuchsprotokolle von den Studierenden angefertigt, ebenso in Einzelarbeit. Die Abgabe dieser schriftlichen Ausarbeitungen erfolgt online auf einer Lernplattform. Bei den Versuchsprotokollen wird besonderer Wert auf die Erstellung aussagekräftiger und wissenschaftlich korrekter Auswertungen sowie auf die Betrachtung der auftretenden Messfehler gelegt. Die äußere Form der Ausarbeitungen muss dabei einer bestimmten Formatvorgabe entsprechen; Vorlagen werden zu Verfügung gestellt. Organisatorische Änderungen in der Durchführung des Praktikums auf Grund der ungewissen Studierendenzahlen bleiben vorbehalten.

Zu erbringende Prüfungsleistung

Klausur (120 Minuten)

Zu erbringende Studienleistung

Regelmäßige Teilnahme an allen Praktikumsterminen (100 %) gemäß §13 (2) der Rahmenprüfungsordnung Bachelor of Science; am Ende des Semesters wird bei entschuldigtem Fehlen ein Ersatztermin angeboten.
Es gibt Übungsaufgaben im regelmäßigen Rhythmus, die bearbeitet und abgegeben werden müssen. Die Studienleistung ist bestanden, wenn

- das Prüfungsgespräch zu jedem Versuch bestanden wurde
- die schriftlichen Ausarbeitungen der Versuchsergebnisse (Versuchsprotokolle) alle mit „bestanden“ bewertet wurden

Literatur

Lehrbücher:

- Schrüfer, Elektrische Messtechnik, Hanser, 2004
- R. Lerch, Elektrische Messtechnik, Springer, 1996
- R. Patzelt, H. Fürst, Elektrische Messtechnik, Springer, 1993
- K. Bergmann, Elektrische Messtechnik, Vieweg, 1997
- P.Horowitz, W. Hill, The Art of Electronics (2nd Ed), Cambridge University Press, 1989

Nachschlagewerke

- H.-R. Tränkler, E. Obermeier (Hrsg.), Sensortechnik, Springer, 1998
- U. Tietze, C. Schenk, Halbleiter-Schaltungstechnik, Springer, 2002

Fachzeitschriften

- IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement und IEEE Sensors Journal
- Sensors and Actuators, A: Physical, B: Chemical (ELSEVIER)
  Sensor Review (Emerald)
- tm - Technisches Messen (R. Oldenbourg)

Verwendbarkeit

Pflichtmodul für Studierende des Studiengangs

- B. Sc. in Sustainable Systems Engineering (PO 2018)

Modul
Nachhaltigkeitskonzepte und -bewertung

Nummer	11LE68MO-BScSSE-3020		
Modulverantwortlicher	Prof. Dr. Anke Weidlich, Dr. Mirko Schäfer	**Einrichtung**	INATECH; Technologien der Energieverteilung
Modultyp	Pflichtmodul	**Moduldauer**	1 Semester
Zugehörige Lehrveranstaltungen	Seminar	**Sprache**	Deutsch
Zwingende Voraussetzungen	Keine		
Empfohlene Voraussetzungen	Keine		

Empfohlenes Fachsemester	4	**ECTS-Punkte**	3
SWS	2 Seminar	**Angebotsfrequenz**	Jedes Sommersemester
Arbeitsaufwand	90 Stunden (26 Stunden Präsenzstudium + 64 Stunden Selbststudium)		

Qualifikationsziele

- Die Studierenden kennen und verstehen verschiedene Konzepte und Definitionen von Nachhaltigkeit sowie deren historischen Ursprung.
- Sie kennen und verstehen verschiedene Ansätze zur Bewertung von Technologien und Dienstleistungen vor dem Hintergrund der Nachhaltigkeit; sie kennen und verstehen deren jeweilige Vorgehensweisen.
- Sie verstehen grundlegende systemische Zusammenhänge und Zielkonflikte der Nachhaltigkeitsdiskussion.
- Die Studierenden sind in der Lage, grundlegende Nachhaltigkeitskonzepte zu bewerten.
- Sie können die gewonnenen Erkenntnisse auf Praxisbeispiele übertragen und eine eigene Lösungskonzeption für ein beispielhaftes Problem mit Nachhaltigkeitsbezug kreieren.
- Sie kennen den grundlegenden Aufbau von wissenschaftlichen Texten und die Vorgehensweise bei der Erstellung von Texten und Präsentationen.

Inhalte Seminar

- Nachhaltigkeitskonzepte (u. a. starke vs. schwache Nachhaltigkeit)
- Operationalisierung von Nachhaltigkeit
- Verständnis von Komplexität und Umgang mit Komplexität

- Nachhaltigkeitsbewertung von Technik (u. a. Technikfolgenabschätzung, Zukunftsforschung)
- Systeme und Wechselwirkungen (z. B. Klimasystem, Geosysteme, Ökosysteme, soziale Systeme)
- Zielkonflikte der Nachhaltigkeit und methodische Bewertung

Zu erbringende Prüfungsleistung

Schriftliche Ausarbeitung und mündliche Präsentation.

Inhalte der schriftlichen Ausarbeitung:
Beispiel zur Umsetzung des Nachhaltigkeitsansatzes in einem Teilsystem

a. Identifizierung eines Problemfeldes und Formulierung einer wissenschaftlichen Fragestellung
b. Vorschlag einer Problemlösung bzw. Situationsverbesserung
c. Entwicklung eines Umsetzungskonzeptes
d. Kritische Reflexion der Lösung und des Konzeptes anhand der gelernten theoretischen Konzepte
e. Präsentation der Idee und des Umsetzungskonzeptes
f. Zusammenfassung der Ergebnisse in einer schriftlicher Ausarbeitung

Zu erbringende Studienleistung

Keine

Benotung

Die Modulnote errechnet sich aus der schriftlichen Ausarbeitung (70 %) und der Präsentation (30 %).

Literatur

- Hauff, V. (1987): Unsere gemeinsame Zukunft. Der Brundtland-Bericht der Weltkommission für Umwelt und Entwicklung. Herausgegeben von der Weltkommission für Umwelt und Entwicklung. Greven.
- Meadows D. et al. (1972): Die Grenzen des Wachstums. Bericht des Club of Rome zur Lage der Menschheit. Deutsche Verlags-Anstalt, Stuttgart.
- Meadows D. et al. (2007): Grenzen des Wachstums. Das 30-Jahre-Update; Signal zum Kurswechsel. Hirzel, Stuttgart.
- Statistisches Bundesamt (aktuell): Nachhaltige Entwicklung in Deutschland, Indikatorenbericht 20XX (jeweils aktuell), Wiesbaden.

Verwendbarkeit
Pflichtmodul für Studierende des Studiengangs • B. Sc. in Sustainable Systems Engineering (PO 2018)

5. Fachsemester

Modul
Werkstofftechnik und -prozesse

Nummer	11LE68MO-BScSSE-3021		
Modulverantwortlicher	Prof. Dr.-Ing. Frank Balle	**Einrichtung**	INATECH; Professur für Leistungsultra-schall und Technische Funktionswerkstoffe
Modultyp	Wahlpflichtmodul	**Moduldauer**	1 Semester
Zugehörige Lehrveranstaltungen	Vorlesung und Übung	**Sprache**	Deutsch
Zwingende Voraussetzungen	Keine		
Empfohlene Voraussetzungen	Erfolgreicher Besuch des Moduls Festkörperphysik Erfolgreicher Besuch des Moduls Werkstoffwissenschaften		

Empfohlenes Fachsemester	5	**ECTS-Punkte**	6
SWS	3 Vorlesung + 1 Übung	**Angebotsfrequenz**	Jedes Wintersemes-ter
Arbeitsaufwand	180 Stunden (60 Stunden Präsenzstudium + 120 Stunden Selbststudium)		

Qualifikationsziele
Die Studierenden • kennen die verschiedenen Werkstoffgruppen, deren Bezeichnungen im ingenieur-wissenschaftlichen Kontext und können zentrale Auswahlkriterien benennen, • kennen die Grundlagen werkstoffspezifischer Herstellungsverfahren, • verstehen Zusammenhänge zwischen Mikrostruktur und resultierenden Werkstoffe-igenschaften, • kennen wichtige Weiterverarbeitungsverfahren für Ingenieuranwendungen, • können die Vor- und Nachteile der Werkstoffgruppen und Anwendungsszenarien be-werten, • sind in der Lage Möglichkeiten zur gezielten Beeinflussung von Werkstoffeigen-schaften zu erläutern, • kennen verschiedene Möglichkeiten zur Wiederverwertung und -verwendung von Werkstoffen und die Ansätze geschlossener Werkstoffkreisläufe.

Inhalte Vorlesung

Die Veranstaltung baut auf den Grundlagen des Moduls “Werkstoffwissenschaften” auf. Es werden schwerpunktmäßig folgende Themen behandelt:
• Struktur, Eigenschaften und Bezeichnung von Ingenieurwerkstoffen
• Auswahlkriterien für Nachhaltige Technische Systeme
• Werkstoffherstellung metallischer und polymerer Ingenieurwerkstoffe
• Werkstoffverarbeitung und Beeinflussung von Werkstoffeigenschaften
  ○ Primäre und sekundäre Formgebung
  ○ Legierungslehre und Wärmebehandlung metallischer Werkstoffe
  ○ Verbindungs- und Beschichtungstechnologien
  ○ Additiv-subtraktive Fertigungsverfahren
• Werkstoffanwendungen im Kontext Nachhaltiger Technischer Systeme
  ○ Verkehrstechnik
  ○ Energie- und Verfahrenstechnik
  ○ Maschinenbau und Elektrotechnik
• Werkstoffkreisläufe und nachhaltige Produktentwicklung

Inhalte Übung
Die Übungen reflektieren und vertiefen die Inhalte der Vorlesung. Es ist vorgesehen ausgewählte Inhalte der Vorlesung nach dem Lehrmodell des “Flipped Classroom” zu behandeln und nach einer entsprechenden Selbstlernphase der Studierenden im Plenum bzw. in Gruppenarbeit diskutieren und Aufgaben selbstständig lösen zu lassen.

Zu erbringende Prüfungsleistung
Klausur (120 Minuten). Es sind keine Hilfsmittel zugelassen.

Zu erbringende Studienleistung
Keine – Die Teilnahme an den begleitenden Übungen wird dringend empfohlen.

Literatur
• W. Bergmann: Werkstofftechnik 1 und 2, Carl Hanser Verlag, 2008 / 2009 • W. Seidel, F. Hahn: Werkstofftechnik, Carl Hanser Verlag, 2014 • J. Reissner: Werkstoffkunde für Bachelors, Carl Hanser Verlag, 2010 • H. Hofmann, J. Spindler: Werkstoffe in d. Elektrotechnik, Carl Hanser Verlag, 2013 • F. Hahn: Werkstofftechnik-Praktium, Carl Hanser Verlag, 2015 • S. Kalpakjian, S. Schmid, E. Werner: Werkstofftechnik, Pearson Verlag, 2011

Verwendbarkeit
Wahlpflichtmodul für Studierende des Studiengangs • B. Sc. in Sustainable Systems Engineering (PO 2018)

Modul
Nachhaltiges Wirtschaften

Nummer	11LE68MO-BScSSE-3022		
Modulverantwortlicher	Prof. Dr. Anke Weidlich, Dr. Mirko Schäfer	**Einrichtung**	INATECH; Technologien der Energieverteilung
Modultyp	Pflichtmodul	**Moduldauer**	1 Semester
Zugehörige Lehrveranstaltungen	Vorlesung	**Sprache**	Deutsch
Zwingende Voraussetzungen	Keine		
Empfohlene Voraussetzungen	Nachhaltigkeitskonzepte und -bewertung		

Empfohlenes Fachsemester	5	**ECTS-Punkte**	3
SWS	2 Vorlesung	**Angebotsfrequenz**	Jedes Wintersemester
Arbeitsaufwand	90 Stunden (30 Stunden Präsenzstudium + 60 Stunden Selbststudium)		

Qualifikationsziele

- Die Studierenden kennen die Grundbegriffe des Wirtschaftens und die Rolle von Unternehmen innerhalb der Wirtschaft.
- Sie verstehen den Zusammenhang zwischen Wirtschaften und Nachhaltigkeit, und können die Bedeutung der Betriebswirtschaftslehre für eine nachhaltige Entwicklung analysieren.
- Die Studierenden kennen und verstehen den Prozess der betrieblichen Leistungserstellung von der Beschaffung über die Produktion bis zum Absatz.
- Sie kennen die Herausforderungen einer nachhaltigen Unternehmensführung entlang dieses Prozesses und können ihn im Hinblick auf Verbesserungspotenziale analysieren.
- Die Studierende setzen sich mit dem Thema Nachhaltigkeit im globalen Wirtschaftskontext auseinander und kennen Ansätze zur Einhaltung von Nachhaltigkeitsprinzipien in Wertschöpfungsketten.

Inhalte Vorlesung

- Grundlagen und Grundbegriffe des Wirtschaftens und der Betriebswirtschaftslehre
- Der Prozess der betrieblichen Leistungserstellung und seine Bewertung aus ökonomischer, ökologischer und sozialer Sicht

- Managementsysteme (Grundlagen, Umweltmanagement, Qualitätsmanagement, Energiemanagement)
- Kennzahlen, Nachhaltigkeitscontrolling und -reporting
- Corporate Governance (Codes of Conduct und Corporate Social Responsibility)
- Globale Wertschöpfungsketten und Nachhaltigkeitsstandards

Zu erbringende Prüfungsleistung
Klausur (ca. 60 Minuten).

Zu erbringende Studienleistung
Keine (freiwillige Bearbeitung der Übungsblätter)

Literatur
Wird in Vorlesung bekannt gegeben.

Verwendbarkeit
Pflichtmodul für Studierende des Studiengangs • B. Sc. in Sustainable Systems Engineering (PO 2018)

Modul / *Module*
Signale und Systeme

Nummer	11LE68MO-BScSSE-3023		
Modulverantwortlicher	Prof. Dr. Stefan Rupitsch, Dr. Gunnar Gidion	**Einrichtung**	IMTEK; Professur für Elektrische Messtechnik und Eingebettete Systeme
Modultyp	Pflichtmodul	**Moduldauer**	1 Semester
Zugehörige Lehrveranstaltungen	Vorlesung und Übung	**Sprache**	Deutsch
Zwingende Voraussetzungen	Keine		
Empfohlene Voraussetzungen	Mathe I für Studierende der Informatik und der Ingenieurwissenschaften; Mathe II für Studierende der Ingenieurwissenschaften; Differentialgleichungen		

Empfohlenes Fachsemester	5	**ECTS-Punkte**	6
SWS	2 Vorlesung + 2 Übung	**Angebotsfrequenz**	Jedes Wintersemester
Arbeitsaufwand	180 Stunden (60 Stunden Präsenzstudium + 120 Stunden Selbststudium)		

Qualifikationsziele

Die Studierenden sollen am Ende der Vorlesung in der Lage sein, Signale und Systeme mathematisch zu beschreiben, zu analysieren und zu manipulieren, um ein gewünschtes Verhalten zu erzeugen. Insbesondere werden die Studierenden lernen,

- Deterministische zeitdiskrete Signale und Systeme zu beschreiben
- Die mathematischen Grundlagen von Signalen und Systemen zu verstehen
- Die Eigenschaften linearer Systeme zu untersuchen durch Anwendung verschiedener Signale
- Zeitdiskrete Signale im Frequenzbereich darzustellen
- Signale und Systeme im Frequenzbereich zu analysieren
- Signale zu verändern und ungewünschte Informationen mit Filtern zu entfernen
- Praktische Probleme nach systemtheoretischen Gesichtspunkten mit wissenschaftlichen Methoden zu untersuchen

Inhalte Vorlesung

Signale sind zentral in den meisten Anwendungsproblemen der Ingenieurswissenschaften. Sie enthalten Informationen über das physikalische Verhalten von Systemen, Systeme wiederrum reagieren auf Signale und produzieren andere Signale. Die Vorlesung stellt

Methoden zur Repräsentation und Manipulation von Signalen und ihren Effekten auf Systeme vor. Mathematisch fundiert soll insbesondere die Beschreibung deterministischer zeitdiskreter Signale und ihr Zusammenwirken mit linearen zeitinvarianten Systemen verstanden werden. Die Grundlagen des Frequenzbereich, der Z- und Fourier-Transformation werden vermittelt. Es wird gezeigt, wie Systemeigenschaften durch das Anregen des Systems mit unterschiedlichen Signalen untersucht werden können. Filtermethoden werden vorgestellt, um Signale auf gewünschte Informationen zu reduzieren. Abschliessend werden Techniken zur Identifikation von Systemen gezeigt, d.h. zur quantifizierten Untersuchung der Abhängigkeit von Ein- und Ausgangsgrössen.

Inhalte:

- Zeitkontinuierliche und zeitdiskrete Signale und Systeme
- Fourier- und Z-Transformation
- Charakterisierung von Signalen und Systemen im Frequenzbereich
- Systemidentifikation
- Filter und Filterdesign

Inhalte Übung

In den Übungen werden wichtige Konzepte der Vorlesung vertieft und mit praktischen Beispielen veranschaulicht. Dabei werden sowohl interaktiv Probleme gelöst, als auch in Gruppen oder individuell.

Zu erbringende Prüfungsleistung

Klausur (ca. 120 Minuten)

Zu erbringende Studienleistung

Bearbeitung einer Programmieraufgabe. Die Studienleistung ist bestanden, wenn mindestens 50 % der Bewertungspunkte erreicht sind.

Literatur

- Fliege, N. und Bossert, M.: Signal- und Systemtheorie, Vieweg + Teubner Verlag
- Puente Leon, F. und Jäkel, H.: Signale und Systeme, De Gruyter
- Oppenheim, A.V. und Willsky A.S.: Signals and Systems

Verwendbarkeit

Pflichtmodul für Studierende des Studiengangs

- B. Sc. in Sustainable Systems Engineering (PO 2018)

Modul / *Module*
Lebenszyklusanalyse

Nummer	11LE68MO-BScSSE-3024		
Modulverantwortlicher	Prof. Dr.-Ing. Stefan Hiermaier, Dr. Sebastian Kilchert	**Einrichtung**	INATECH, Professur für Nachhaltige Ingenierusysteme
Modultyp	Pflichtmodul	**Moduldauer**	1 Semester
Zugehörige Lehrveranstaltungen	Vorlesung und Übung	**Sprache**	Deutsch
Zwingende Voraussetzungen	Keine		
Empfohlene Voraussetzungen	Mechanik, Elektrodynamik und Optik, Festkörperphysik		

Empfohlenes Fachsemester	5	**ECTS-Punkte**	6
SWS	2 Vorlesung + 2 Übung	**Angebotsfrequenz**	Jedes Wintersemester
Arbeitsaufwand	180 Stunden (60 Stunden Präsenzstudium + 120 Stunden Selbststudium)		

Qualifikationsziele
Das Qualifikationsziel des Moduls „Lebenszyklusanalyse“ ist die Einführung der Studierenden in die Grundlagen der Lebenszyklusanalyse (Life Cycle Assessment; LCA) nach der Definition der ISO 14040. Die Studierenden lernen, die ökologischen Auswirkungen eines Produktes anhand einer „cradle-to-grave“ Vorgehensweise zu untersuchen. In diesem Rahmen wird eine systemische Vorgehensweise behandelt, die die Definition der Rahmenbedingungen, Inventarisierung, Beurteilung der relevanten Umweltwirkungen und anschließende Interpretation der Ergebnisse beinhaltet. Die Auswahl verschiedener Systemgrenzen wie z. B. „gate-to-gate“ und „cradle-to-gate“ werden besprochen. Die Studierenden werden in die Vorteile und Nachteile der verschiedenen Optionen zum Lebensende eines Produkts eingeführt. Ein besonderer Fokus liegt dabei auf der „cradle-to-cradle“ Vorgehensweise und dem hierbei gegebenen Potential für „closed-loop“ Materialkreisläufe. Zum Abschluss der Vorlesung wird den Studierenden ein Überblick über die aktuellen Forschungsansätze im Themenbereich Lebenszyklusanalyse gegeben.

Inhalte Vorlesung
• Funktionale Einheit und Referenzdurchsatz • Systemgrenzen • Energie und Massenbilanzen • Erfassen des Materialfluss – Das „Flussdiagramm“

- Wirkungskategorien und Wirkungsindikatoren
- Kommerzielle Software für LCA
- „End-of-Life“ – Optionen
- „End-of-Life“ – Recycling.
- Potential für „closed-loop“ Materialkreisläufen
- Ermittlung von Verbesserungsmöglichkeiten für „Green Design“
- Beispiele von LCA Szenarien zur Betrachtung der verschiedenen Aspekte der Anwendung

Inhalte Übung

Studierende erlernen in den Übungen die selbständige Anwendung der in der Vorlesung vorgestellten wissenschaftlichen Methoden. Durch Nutzung bereitgestellter state-of-the-art Softwarelösungen untersuchen die Studierenden die verschiedenen Aspekte der LCA. Dazu gehört die Erstellung von Flussdiagrammen, Auswahl der Wirkungsindikatoren und die wissenschaftliche Bewertung und Interpretation der Ergebnisse. Durch Untersuchung verschiedener Strategien der Materialauswahl, Herstellungsverfahren, Verbrauchs in der Nutzungsphase und „End-of-Life“ Optionen entwickeln die Studierenden ein Verständnis der Wirkung dieser Wahlmöglichkeiten.

Zu erbringende Prüfungsleistung

Klausur (90 Minuten)

Zu erbringende Studienleistung

Die Studienleistung ist bestanden, wenn der Teilnehmer bzw. die Teilnehmerin
- an zwei Literaturdiskussionen teilgenommen hat,
- die Projektarbeit in Form einer mündlichen Präsentation (ca. 10 Minuten je Prüfling) erfolgreich abgelegt hat. Die Projektarbeit erfolgt als Gruppenarbeit.

Literatur

- M. Z. Hauschild, R. K. Rosenbaum, S. I. Olsen, "Life Cycle Assessment – Theory and Practice", Springer International Publishing AG, 2018.
- Michael F. Ashby: Materials and Sustainable Development. Butterworth-Heinemann (Elsevier), 2016.
- R. Heijungs, S. Suh, "The computational structure of life cycle assessment", Springer International Publishing AG, 2002.

Verwendbarkeit

Pflichtmodul für Studierende des Studiengangs
- B. Sc. in Sustainable Systems Engineering (PO 2018)

Modul
Simulationstechniken

Nummer	11LE68MO-BScSSE-3026		
Modulverantwortlicher	Prof. Lars Pastewka	**Einrichtung**	IMTEK; Simulation
Modultyp	Pflichtmodul	**Moduldauer**	1 Semester
Zugehörige Lehrveranstaltungen	Vorlesung und Übung	**Sprache**	Deutsch
Zwingende Voraussetzungen	Keine		
Empfohlene Voraussetzungen	Wissen und Kenntnisse des vermittelten Lernstoffs der Module Mathe I für Studierende der Informatik und der Ingenieurwissenschaften, Mathe II für Studierende der Ingenieurwissenschaften, Differentialgleichungen, sowie Mechanik und Elektrodynamik und Optik.		

Empfohlenes Fachsemester	5	**ECTS-Punkte**	6
SWS	3 Vorlesung + 2 Übung	**Angebotsfrequenz**	Jedes Wintersemester
Arbeitsaufwand	180 Stunden (75 Stunden Präsenzstudium + 105 Stunden Selbststudium)		

Qualifikationsziele
Die Studierenden • erweitern die Grundlagen der Modellbildung aus der Veranstaltung Mathematik III auf klassische Felder durch Einsatz partieller Differentialgleichungen und verstehen die theoretischen Grundlagen der gewichteten Residuen. • können die Methode der finiten Elemente als Lösungsverfahren für die Erhaltungsgleichungen von Masse, Impuls und Energie einsetzen. • verstehen des Prozess der Diskretisierung eines Körpers in einzelne Elemente, verstehen den Unterschied zwischen Flächen- und Volumenelementen und verstehen wie Randbedingungen, z. B. Kraft oder Verschiebung, auf diese Elemente aufgebracht werden. • kennen den Unterschied zwischen statischer Analyse und dynamischer Analyse unter Einbezug der Diskretisierung der Zeit. • können die numerische Qualität der Lösung und die Grenzen der zu Grunde liegenden Modelle beurteilen.

Inhalte Vorlesung
• Finite-Elemente-Methode: Interpolation und Diskretisierung von Feldern, Darstellung des Problems als lineares Gleichungssystem in Matrix-Vektor-Schreibweise, Lösung des Systems unter Betrachtung der Randbedingungen. • Lösungsverfahren für lineare Gleichungssysteme • Iterative Methoden für große und nichtlineare Gleichungssysteme • Dynamische Probleme und explizite Zeitintegrationsverfahren sowie deren Stabilität • Analyse und Visualisierung von Lösungen

Inhalte Übung
• Analytische Lösungen partieller Differentialgleichungen • Interpolation von Funktionen • Beispiele zur Finite Elemente Methode für die Lösung partieller Differentialgleichungen 2. Ordnung (Laplacegleichung, Diffusionsgleichung, Biegung von Stäben und Balken) • Zeitabhängige Probleme mit Finiten Elementen • Lösungsverfahren: Iterationsverfahren für große Gleichungssysteme, Methoden für spärlich besetzte Matrizen Zur Finite-Elemente-Methode bearbeiten die Studierenden ein Projekt aus dem Themenkreis Strukturmechanik oder Stofftransport. Das Thema wird den Studierenden zum Anfang der Veranstaltung mitgeteilt und beinhaltet die Implementierung einer eigenen einfachen Simulationssoftware.

Zu erbringende Prüfungsleistung
Keine

Zu erbringende Studienleistung
Die Studierenden bearbeiten im Laufe der Veranstaltung vier Übungsblätter, die zu einer Implementierung einer eigenen einfachen Simulationssoftware führen. Die Studienleistung ist bestanden, wenn die Studierenden auf jedem dieser Übungsblätter mindestens 50 % der Punkte erreicht haben.

Literatur
Die Numerik ist gut dargestellt in • Stoer, Numerische Mathematik 1, Springer-Verlag • Stoer/Burlisch, Numerische Mathematik 2, Springer-Verlag • Ch. Großmann, H. G. Roos: Numerik partieller Differentialgleichungen. B.G. Teubner Verlagsgesellschaft, Stuttgart • Goering, Roos, Tobiska, Finite-Element-Methode, Wiley

- C. A. J. Fletcher, Computational Fluid Dynamics, Volume 1, Springer
- A. Scopatz, K.D. Huff, "Effective Computation in Physics" (O'Reilly 2015)

Verwendbarkeit
Wahlpflichtmodul für Studierende des Studiengangs • B. Sc. in Sustainable Systems Engineering (PO 2018)

Modul
Optoelektronische Quantenbauelemente

Nummer	11LE68MO-BScSSE-3032		
Modulverantwortlicher	Prof. Dr. Oliver Ambacher, Dr. Martin Walther	**Einrichtung**	INATECH; Professur für Leistungselektronik (Lehrbeauftragter)
Modultyp	Wahlpflichtmodul	**Moduldauer**	1 Semester
Zugehörige Lehrveranstaltungen	Vorlesung	**Sprache**	Deutsch
Zwingende Voraussetzungen	Keine		
Empfohlene Voraussetzungen	Kenntnisse der Vorlesung Festkörperphysik		

Empfohlenes Fachsemester	5	**ECTS-Punkte**	3
SWS	2 Vorlesung	**Angebotsfrequenz**	Jedes Wintersemester
Arbeitsaufwand	90 Stunden (30 Stunden Präsenzstudium + 60 Stunden Selbststudium)		

Qualifikationsziele

- Sie wissen die physikalischen Grundlagen von optoelektronischen Bauelementen und begreifen die Vorteile von Quantenbauelementen für Anwendungen in nachhaltigen Systemen.
- Sie verstehen den Einfluss der Quantisierung von Ladungsträgern in Halbleiterstrukturen und können die daraus resultierenden Bauelementeigenschaften für Laser und Detektoren ableiten.
- Sie überblicken die Verfahren zur Herstellung von Quanteneffektbauelementen und auch die physikalischen und technologische Skalierungslimits.
- Sie können den disruptiven Charakter der Quantentechnologie 2.0 für nachhaltige Systeme abschätzen.

Inhalte Vorlesung

- Materialwissenschaftliche Grundlagen von III-V Verbindungshalbleitern für optoelektronische Quantenbauelemente
- Epitaxie und Strukturierungstechniken zur Herstellung von Quantenbauelementen
- Elektronische Bandstruktur in Halbleiter-Heterostrukturen
- Ladungsträgereinschluss in 2-, 1- und 0-dimensionalen Strukturen
- Halbleiterdiodenlaser und deren Anwendungen in nachhaltigen Systemen
- Quantenkaskadenlaser und Quantendetektoren für den infraroten Spektralbereich

- Grundlagen der „Quantentechnologie 2.0“
- Optoelektronische Bauelemente für Quantensensorik und Quantenkommunikation

Zu erbringende Prüfungsleistung
Mündliche Prüfung (Prüfungsgespräch), Dauer: ca 30 Min.

Zu erbringende Studienleistung
Keine

Literatur
Vorlesungsskript Weitere Literaturempfehlungen werden in der Vorlesung bekanntgegeben.

Verwendbarkeit
Wahlpflichtmodul für Studierende des Studiengangs • B. Sc. in Sustainable Systems Engineering (PO 2018)

Modul / *Module*
Quantencomputer / Quantum Computing

Nummer / *Number*	11LE68MO-BScSSE-3033		
Modulverantwortlicher / *Module Responsible*	Prof. Dr. Oliver Ambacher, Dr. Thomas Wellens	**Einrichtung** / *Institution*	INATECH; Professur für Leistungselektronik (Lehrbeauftragter)
Modultyp / *Type*	Wahlpflichtmodul	**Moduldauer** / *Duration*	1 Semester
Zugehörige Lehrveranstaltungen / *Format*	Vorlesung und Übung	**Sprache** / *Language*	Deutsch oder *Englisch*
Zwingende Voraussetzungen / *Mandatory Requirements*	Keine		
Empfohlene Voraussetzungen / *Recommended Requirements*	Mathematik I und II (insb. Lineare Algebra)		

Empfohlenes Fachsemester / *Recommended Term*	5	**ECTS-Punkte** / *ECTS Credits*	6
SWS / *Semester Week Hours*	2 Vorlesung + 2 Übung	**Angebotsfrequenz** / *Term Cycle*	Jedes Wintersemester
Arbeitsaufwand / *Workload*	180 Stunden (60 Stunden Präsenzstudium + 120 Stunden Selbststudium)		

Qualifikationsziele / *Qualification Goals*

Die Studierenden sollen am Ende der Vorlesung

- einen ersten Einblick in die für Quantencomputer relevanten Prinzipen der Quantenmechanik erhalten haben
- die grundlegende Funktionsweise eines Quantencomputers begreifen
- einige der wichtigsten Quantenalgorithmen und deren mögliche Anwendungen kennen
- selbst einfache Quantenschaltkreise programmieren können
- sich mit der Frage auseinandergesetzt haben, warum Quantencomputer in der Theorie bestimmte Aufgaben effizienter als klassische Computer lösen können, und welche Anforderungen an die Quantenhardware nötig sind, um diesen Vorteil in der Praxis zu realisieren.

- *Students obtain insight into the principles of quantum mechanics that are relevant for quantum computing*
- *Students understand the general model of gate-based quantum computing*

- *Students are familiar with some of the most important quantum algorithms and their possible applications*
- *Students are able to program simple quantum circuits*
- *Students can deal with the question why quantum computers are able to solve certain tasks more efficiently than classical computers, and which requirements the quantum hardware has to fulfil in order to realize this advantage in practice.*

Inhalte Vorlesung / *Content of the Lecture*

Quantencomputer haben das Potential, bestimmte Rechenaufgaben effizienter als klassische Computer zu lösen. Die Vorlesung vermittelt einen Einblick in die auf quantenmechanischen Gesetzen basierende, grundlegende Funktionsweise eines Quantencomputers und erklärt für mögliche Anwendungen geeignete Quantenalgorithmen (z. B. zur Lösung komplexer Optimierungsprobleme in der Quantenchemie, Logistik oder Finanzmathematik). Inhalt:

- quantenmechanische Grundlagen (Quantenzustände und Operatoren, Qubits, Verschränkung, Messprozess, Dekohärenz)
- Funktionsweise eines gatterbasierten Quantencomputers (Quantenschaltkreise, Quantengatter, Universalität von 1- und 2-Qubit-Gattern, Simulierbarkeit durch klassische Computer)
- Quantenalgorithmen (Grover-Suchalgorithmus, Shor-Algorithmus zur Faktorisierung großer Zahlen, Variational Quantum Eigensolver, Quantum Approximate Optimization Algorithm)
- Physikalische Realisierungen (Supraleiter, Ionenfallen, halbleiterbasierte Spin-Qubits)

Quantum computers may potentially solve certain information processing tasks more efficiently than classical computers. This lecture provides insight into principles of quantum mechanics and quantum computing, and explains possible applications of quantum algorithms (e.g., for solving complex optimizations problems in quantum chemistry, logistics or financial mathematics). Contents:

- *Quantum mechanics (quantum states, operators, qubits, entanglement, measurement, decoherence)*
- *General model of gate-based quantum computing (quantum circuits, quantum gates, universality of single- and two-qubit gates, simulation with classical computers)*
- *Quantum algorithms (Grover search algorithm, Shor algorithm for factoring large numbers, variational quantum eigensolver, quantum approximate optimization algorithm)*
- *Physical realizations (superconducting qubits, ion traps, semiconductor-based spin qubits)*

Inhalte Übung / *Content of the Exercise*

Die Inhalte der Vorlesung werden durch Übungen vertieft. Außerdem wird dort eine Einführung in das Quantencomputer-Softwarepaket "Qiskit" gegeben und die Fähigkeit vermittelt, damit einfache Quantenalgorithmen zu programmieren.

The content of the lecture is deepened through the exercises. Furthermore, in the exercises an introduction to the quantum computing software package "Qiskit" is provided and students learn how to use it to program simple quantum algorithms.

Zu erbringende Prüfungsleistung / *Graded Assessment*
Klausur (90 Min.) *Written exam (90 min.)*

Zu erbringende Studienleistung / *Pass/Fail Assessment*
Keine (die Teilnahme an den Übungen wird dringend empfohlen) *None (participation in the exercises is strongly recommended)*

Literatur / *Literature*
• Hidary, J. (2019): Quantum Computing: An Applied Approach, Springer • Nielsen, M., Chuang, I. (2010): Quantum Computation and Quantum Information, Cambridge University Press • https://qiskit.org/textbook

Verwendbarkeit / Usability of the Module
Wahlpflichtmodul für Studierende des Studiengangs • B. Sc. in Sustainable Systems Engineering (PO 2018) • B. Sc. Mikrosystemtechnik (PO 2018) *Elective module for students of the study program* • *B. Sc. in Sustainable Systems Engineering (PO 2018)* • *B. Sc. in Mikrosystemtechnik (PO 2018)*

Modul
Grundlagen der mechanischen Werkstoffcharakterisierung

Nummer	11LE68MO-BScSSE-3034		
Modulverantwortlicher	Prof. Dr. Stefan Hiermaier, Dr. Georg Ganzenmüller	**Einrichtung**	INATECH; Professur für Nachhaltige Ingenieursysteme
Modultyp	Wahlpflichtmodul	**Moduldauer**	1 Semester
Zugehörige Lehrveranstaltungen	Vorlesung und Übung	**Sprache**	Deutsch
Zwingende Voraussetzungen	Keine		
Empfohlene Voraussetzungen	Kenntnisse in Kontinuumsmechanik		

Empfohlenes Fachsemester	5	**ECTS-Punkte**	6
SWS	2 Vorlesung + 2 Übung	**Angebotsfrequenz**	Jedes Wintersemester
Arbeitsaufwand	180 Stunden (60 Stunden Präsenzstudium + 120 Stunden Selbststudium)		

Qualifikationsziele
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 ingenieurstechnische Parameter wie das E-Modul oder die plastische Fließspannung abzuleiten. 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.

Inhalte Vorlesung und Übung
Das Modul besteht aus Vorlesungen und praktischen Übungen, die wochenweise abwechseln. Die Arbeit im Charakterisierungslabor erfolgt in Gruppen unter Anleitung. Folgende Inhalte werden vermittelt: 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

Vorlesung und Übungen sind in zusammengehörenden Einheiten organisiert.

Zu erbringende Prüfungsleistung
Protokoll

Zu erbringende Studienleistung
Regelmäßige Teilnahme an der Übung gemäß §13 (2) der Rahmenprüfungsordnung Bachelor of Science. Zu Beginn jeder Übung muss ein fünfminütiges Prüfungsgespräch abgelegt werden.

Literatur
• Meyers and Chawla, "Mechanical Behavior of Materials", ISBN 9780521866750, www.cambridge.org/9780521866750 • Literatur wird über ILIAS im geschlossenen Benutzerkreis den Studierenden bereitgestellt.

Verwendbarkeit
Wahlpflichtmodul für Studierende des Studiengangs • B. Sc. in Sustainable Systems Engineering (PO 2018)

Modul
Sustainable Systems Engineering – Studienprojekt

Nummer	11LE68MO-BScSSE-3100		
Modulverantwortlicher	Prof. Dr. Oana Cojocaru-Mirédin	**Einrichtung**	INATECH; Professur für Skalenübergreifende Materialcharakterisierung
Modultyp	Wahlplichtmodul	**Moduldauer**	1 Semester
Zugehörige Lehrveranstaltungen	Projekt	**Sprache**	Deutsch
Zwingende Voraussetzungen	Keine		
Empfohlene Voraussetzungen	Studierende sollten das 4. Fachsemester erreicht haben.		
Kommentar	Das Studienprojekt ist keine Lehrveranstaltung, sondern ein von Studierenden in hoher Selbstständigkeit gewähltes und durchgeführtes wissenschaftliches Projekt, welches unter Anleitung und Betreuung durch einen wissenschaftlichen Mitarbeiter der Technischen Fakultät bearbeitet wird. Die Durchführung des Studienprojekts und die Wahl des Themas und der Betreuerin/des Betreuers für das Studienprojekt bedarf der Zustimmung des/der Modulverantwortlichen.		

Empfohlenes Fachsemester	4, 5 oder 6	**ECTS-Punkte**	6
SWS	4 Projekt	**Angebotsfrequenz**	in jedem Semester
Arbeitsaufwand	180 Stunden (180 Stunden Selbststudium)		

Qualifikationsziele
Studierende sind in der Lage, ein Thema aus dem Bereich Sustainable Systems Engineering / Nachhaltige Technische Systeme selbständig nach wissenschaftlichen Methoden zu lösen und die Ergebnisse sachgerecht und didaktisch aufbereitet darzustellen. Insbesondere weisen die Studierenden ihre Fähigkeit zur erfolgreichen Planung, Organisation, Durchführung und Präsentation eines Projekts nach. Sie sind in der Lage, die für das Projekt relevante wissenschaftliche Literatur zu recherchieren, aufzuarbeiten und zu nutzen.

Inhalte Projekt
Individuelle Themen aus dem Bereich Nachhaltige Technische Systeme.

Zu erbringende Prüfungsleistung
Die Prüfungsleistung besteht je nach Themenstellung des Studienprojekts entweder in einer schriftlichen Ausarbeitung oder in der Erstellung einer Software oder eines Demonstrators.

Zu erbringende Studienleistung
Mündliche Präsentation (Vortrag) des Studienprojekts

Literatur
Die benötigte grundlegende Literatur wird durch den Betreuer bzw. die Betreuerin, bezogen auf das Studienprojekt, bereitgestellt. Die weiterführende Literatur wird durch die Studierenden in Eigenleistung recherchiert.

Verwendbarkeit
Wahlpflichtmodul für Studierende des Studiengangs • B. Sc. in Sustainable Systems Engineering (PO 2018)

6. Fachsemester

Modul / *Module*
Nachhaltige Materialien

Nummer	11LE68MO-BScSSE-3027		
Modulverantwortlicher	Prof. Dr.-Ing. Frank Balle	**Einrichtung**	INATECH; Professur für Leistungsultra-schall und Technische Funktionswerkstoffe
Modultyp	Wahlpflichtmodul	**Moduldauer**	1 Semester
Zugehörige Lehrveranstaltungen	Vorlesung und Übung	**Sprache**	Deutsch
Zwingende Voraussetzungen	Keine		
Empfohlene Voraussetzungen	Lebenszyklusanalyse		

Empfohlenes Fachsemester	6	**ECTS-Punkte**	3
SWS	1 Vorlesung + 1 Übung	**Angebotsfrequenz**	Jedes Sommerse-mester
Arbeitsaufwand	90 Stunden (26 Stunden Präsenzstudium + 64 Stunden Selbststudium)		

Qualifikationsziele
Das Ziel des Spezialisierungsmoduls „Nachhaltige Materialien“ ist die Einführung von Methoden, die den Studierenden erlauben, Materialien unter dem Aspekt der nachhaltigen Entwicklung zu bewerten. Dies beinhaltet das Erwerben der Kenntnis von: • charakteristischen Merkmalen nachhaltiger Materialien, • Richtlinien/Prinzipien nachhaltiger Materialauswahl, • Vorgehensweisen, um Materialien unter den Rahmenbedingungen der Produktfunktionalität hinsichtlich ihrer ökologischen Auswirkungen einzuordnen, und • nachhaltigem Materialmanagement unter Berücksichtigung komplexer Zusammenhänge wie z. B. „Closed-loop material cycles“ oder Materialeffizienz.

Inhalte Vorlesung
• Werkstoffe der Biosphäre für Ingenieuranwendungen • Werkstoffe der Technosphäre • Werkstoffabhängige Recyclingmethoden • Ökobilanzierung, Lebenszyklusanalyse

- Materialflussanalyse und Sankey-Diagramme
- Cradle to Cradle-Konzept
- weitere Circular Economy-Konzepte auf Materialebene
- Material- und Entropieeffizienz

Inhalte Übung

Die Studierenden erlernen in den Übungen die selbstständige Anwendung der in den Vorlesungen vorgestellten Methoden. Für verschiedene Beispielszenarien bewerten die Studierenden die Materialfunktionalität und ökologischen Auswirkungen der Materialauswahl. Die Studierenden üben, unter Berücksichtigung verschiedenster Bedingungen das optimale Material zu identifizieren. In den Übungen wird die Software CES Edupack von Ansys Granta (UK) eingesetzt, die ein umfangreiches Datenpaket mit Materialeigenschaften bereitstellt. Anwesenheit und aktive Mitarbeit werden von allen Teilnehmenden erwartet.

Zu erbringende Prüfungsleistung

Klausur (60 Minuten)

Zu erbringende Studienleistung

Keine - Die regelmäßige Teilnahme an Vorlesungen und aktive Mitarbeit in den begleitenden Übungen wird jedoch dringend empfohlen.

Literatur

- Michael F. Ashby: Materials and the Environment. Butterworth-Heinemann (Elsevier), 2013.
- Nand K. Jha: Green Design and Manufacturing for Sustainability. CRC Press, 2016.
- Michael F. Ashby: Materials and Sustainable Development. Butterworth-Heinemann (Elsevier), 2016.
- E. Hornbogen et al., Werkstoffe, Springer Nature 2019.
- D. Jones, M. Ashby; Engineering Materials 1, Butterworth-Heinemann, 2019.
- M. Ashby, D. Jones; Engineering Materials 2, Butterworth-Heinemann, 2013.
- M. Braungart, W. McDonough: Cradle-to-Cradle, 3 Auflage, 2015.

Verwendbarkeit

Wahlpflichtmodul für Studierende des Studiengangs
- B. Sc. in Sustainable Systems Engineering (PO 2018)

Modul
Angewandte Finite Elemente für die Strukturmechanik

Nummer	11LE68MO-BScSSE-3028		
Modulverantwortlicher	Prof. Dr.-Ing. Stefan Hiermaier, Dr. Georg Ganzenmüller	**Einrichtung**	INATECH; Professur für Nachhaltige Ingenieursysteme
Modultyp	Wahlpflichtmodul	**Moduldauer**	1 Semester
Zugehörige Lehrveranstaltungen	Vorlesung und praktische Übung	**Sprache**	Deutsch
Zwingende Voraussetzungen	Keine		
Empfohlene Voraussetzungen	Einführung in die Programmierung; Simulationstechniken; Kontinuumsmechanik, Mechanik, Elektrodynamik und Optik; Mathe I für Studierende der Informatik und der Ingenieurwissenschaften; Mathe II für Studierende der Ingenieurwissenschaften; Differentialgleichungen		

Empfohlenes Fachsemester	5 oder 6	**ECTS-Punkte**	6
SWS	1 Vorlesung + 3 praktische Übung	**Angebotsfrequenz**	Jedes Sommersemester
Arbeitsaufwand	180 Stunden (52 Stunden Präsenzstudium + 128 Stunden Selbststudium)		

Qualifikationsziele

In der Berufspraxis von Ingenieuren und Ingenieurinnen erfolgt die Konstruktion von mechanischen Strukturen immer begleitet durch Vorab-Berechnung des Deformationsverhaltens aufgrund von zu erwartenden Lasten. Die Methode der Finiten Elemente ist das hierfür wichtigste mathematische Verfahren. Ziel dieses Modules ist es, die Grundlagen der Anwendung eines im industriellen Umfeld verbreiteten Computerprogrammes zur Finite-Elemente-Simulation zu erlernen. Folgende einzelne Qualifikationsziele werden erarbeitet:

- Studierende kennen die Grundlagen der Methode der Finiten Elemente in stark vereinfachter Form und ordnen die Methode als Lösungsverfahren für die Erhaltungsgleichungen von Masse, Impuls und Energie ein.
- Studierende verstehen den Prozess der Diskretisierung eines Körpers in einzelnen Elementen. Sie verstehen den Unterschied zwischen Flächen- und Volumenelementen und wie Randbedingungen, z. B. Kraft oder Verschiebung, auf diese Elemente aufgebracht werden.
- Studierende verstehen die Berechnung der Deformation von Elementen und die sich daraus ergebenden Verzerrungstensoren. Sie wenden bereits vorhandenes Wissen

an um mechanische Spannungen aufgrund von konstitutiven Gesetzen zu berechnen. Sie verstehen wie Spannungen Kräfte an den diskreten Elementen bewirken.
- Studierende kennen den Unterschied zwischen statischer Analyse und dynamischer Analyse des zeitlichen Verhaltens unter Einbezug der Diskretisierung der Zeit.
- Studierende wenden ein Berechnungsprogramm an, um die Deformation eines Körpers aufgrund definierter Lasten zu simulieren. Sie erkennen den Einfluss der Diskretisierung von Raum und Zeit auf die Genauigkeit der Simulationsmethode.
- Studierende sind in der Lage, die Genauigkeit und Plausibilität der durch die Simulationsmethode gewonnenen Ergebnisse nach wissenschaftlichen Maßstäben zu beurteilen.

Inhalte Vorlesung

- Prinzip der Virtuellen Arbeit als Energiebilanz eines mechanischen Systems.
- Beschränkung auf lineare Elastizität für statische Probleme: Interpolation und Diskretisierung des Verschiebungsfeldes, Darstellung des Problems als lineares Gleichungssystem in Matrix-Vektor-Schreibweise. Lösung des Systems unter Betrachtung von Randbedingungen.
- Verschiedene Elementtypen für Flächen und Volumen mit unterschiedlichen Interpolationsfunktionen.
- Verschiedene Formen von Randbedingungen
- Erweiterung auf dynamische Probleme und Massenträgheitskräfte, Darstellung des Lösungsverfahrens ausgehend vom Prinzip der Virtuellen Arbeit.
- Explizite Zeitintegrationsverfahren für dynamische Probleme und deren Stabilität
- Erweiterung auf nichtlineares Materialverhalten unter Einbezug von Plastizität, Schädigung und Versagen. Lösung mit expliziten Zeitintegrationsverfahren.

Inhalte Praktische Übung

- Einführung in das Berechnungsprogramm Ansys Student
- Erstellung einfacher CAD-Geometrien
- Diskretisierung der CAD-Geometrien in ein Finite-Elemente Modell
- Definition von Randbedingungen
- Lösen des statischen Problems mit Ansys Student
- Genauigkeitsuntersuchungen durch Vergleich mit analytischen Lösungen für einfache Geometrien
- Vernetzung komplizierterer Strukturen
- Analyse dynamischer Systeme mit dem Berechnungsprogramm Ansys Student
- Betrachtung von nicht-linearen Materialmodellen mit Plastizität, Schädigung und Versagen
- Studierende wenden die für diesen Fachbereich anerkannten Vorgehensweisen zur Überprüfung der Qualität der Ergebnisse an, beispielsweise die Untersuchung des Einflusses von Parametern auf das Ergebnis und die Berechnung von Unsicherheiten mit statistischen Methoden.

Zu erbringende Prüfungsleistung
Klausur über den Inhalt der Vorlesung und Übung, Dauer: 90 Minunten

Zu erbringende Studienleistung
Keine

Literatur
• Lutz Nasdala: FEM-Formelsammlung Statik und Dynamik, Vieweg+Teubner Verlag 2012, ISBN 978-3834809803 • Allen F. Bower: Applied Mechanics of Solids, CRC Press 2009, ISBN 978-1-4398-0247-2, also online at http://solidmechanics.org/

Verwendbarkeit
Wahlpflichtmodul für Studierende des Studiengangs • B. Sc. in Sustainable Systems Engineering (PO 2018) • B. Sc. in Embedded Systems Engineering (PO 2018) im Bereich Mikrosystemtechnik • B. Sc. in Mikrosystemtechnik (PO 2018)

Modul
Grundlagen resilienter Systeme

Nummer	11LE68MO-BScSSE-3029		
Modulverantwortlicher	Prof. Dr. Stefan Hiermaier	**Einrichtung**	INATECH; Professur für Resilienz Technischer Systeme
Modultyp	Wahlpflichtmodul	**Moduldauer**	1 Semester
Zugehörige Lehrveranstaltungen	Vorlesung	**Sprache**	Deutsch
Zwingende Voraussetzungen	Keine		
Empfohlene Voraussetzungen	Keine		

Empfohlenes Fachsemester	6	**ECTS-Punkte**	3
SWS	2 Vorlesung	**Angebotsfrequenz**	Jedes Sommersemester
Arbeitsaufwand	90 Stunden (26 Stunden Präsenzstudium + 64 Stunden Selbststudium)		

Qualifikationsziele

Resilienz ist eine notwendige Grundvoraussetzung nachhaltiger Entwicklung. Für die Konstruktion nachhaltiger technischer Systeme ist ein Verständnis des Begriffs und seiner Anwendungsmöglichkeiten im Kontext der Ingenieurwissenschaften von großer Bedeutung. Das Ziel dieses Moduls besteht deshalb darin, den Studierenden ein grundlegendes Verständnis von Resilienz und seiner Umsetzung in den Ingenieurwissenschaften (Resilience Engineering) zu vermitteln. Es geht auch um den interdisziplinären Charakter des Konzepts und die Frage danach, welche nützlichen Überlegungen aus anderen Disziplinen für Resilience Engineering von Nutzen sein könnten. Auf diese Weise werden die Studierenden dafür sensibilisiert, dass auch Themen wie soziale Faktoren, Gender, Klimawandel oder Ökosystemtragfähigkeit für den Resilienzdiskurs von Bedeutung sind. Im Modul sollen folgende Qualifikationsziele erarbeitet werden:

- Die Studierenden wissen, dass Resilienz als systemisches Konzept zum Umgang mit disruptiven Ereignissen (Naturkatastrophen, Terror, Industrieunfälle etc.) die folgenden Aspekte enthält: Vorbereitung, Prävention, Schutz, Erholung und Lernen bzw. Weiterentwicklung.
- Innerhalb der Ingenieurwissenschaften wird das Konzept vor allem zum Schutz kritischer Infrastrukturen (Energie, Kommunikation, Wasserversorgung etc.) genutzt. Die Studierenden gewinnen eine Vorstellung von der Komplexität dieser Infrastrukturen und der durch Vernetzung, mögliche Kaskadeneffekte und das Auftreten unerwarteter Ereignisse (sog. „schwarze Schwäne“) gegebenen Notwendigkeit für Resilience Engineering.

- Die Studierenden erlangen Kenntnisse über Prinzipien, Vorgehensweisen und Werkzeuge der Risikoanalyse sowie des Risikomanagements. Sie kennen die wichtigsten Begrifflichkeiten aus der Risiko- und Sicherheitsforschung, setzen sich mit den Konzepten Risiko, Sicherheit und Vulnerabilität auseinander und können sie in den Resilienzdiskurs einordnen.
- Die Studierenden erkennen, dass aus der Verknüpfung zwischen Resilienzkonzepten und technischen Werkzeugen wie der Risikoanalyse neue Methoden und Ideen für Resilienzanalyse und Resilienzmanagement entstehen können.
- Die Studierenden lernen geeignete Fallbeispiele kennen, anhand derer sie die gelernten Konzepte und Methoden diskutieren können.

Inhalte Vorlesung

- Resilienz als wissenschaftliches Konzept in verschiedenen Disziplinen (u. a. Psychologie, Ökologie, Sozialwissenschaften) und Relevanz typischer Bestandteile des Konzepts für ingenieurwissenschaftliche Nachhaltigkeitsforschung.
- Bedeutung von Resilienz für nachhaltige Entwicklung.
- Resilienz als ingenieurwissenschaftliches Konzept, zyklische Darstellung und Darstellung mithilfe der Systemleistung über die Zeit.
- Einführung relevanter Begrifflichkeiten, u. a. Risiko, Sicherheit (safety/security), technische Sicherheit, funktionale Sicherheit, Vorfall, Unfall, Katastrophe, Vulnerabilität etc.
- Resilienz als Werkzeug zum Umgang mit Komplexität, Unsicherheit, Kaskadeneffekten in vernetzten Infrastruktursystemen.
- Einführung in Risikoanalyse und Risikomanagement, u. a. unter Verwendung von ISO 31000:2009, darauf basierend Einführung in Ansätze zu Resilienzanalyse und Resilienzmanagement.
- Fallbeispiele für ingenieurwissenschaftliche Resilienzlösungen, u. a. aus den Bereichen funktionale Sicherheit, strukturelle Sicherheit sowie Modellierung und Simulation komplexer Systeme.

Zu erbringende Prüfungsleistung

Klausur (60 Minuten)

Zu erbringende Studienleistung

Keine

Literatur

- Thoma, Klaus/Scharte, Benjamin/Hiller, Daniel/Leismann, Tobias (2016): Resilience Engineering as Part of Security Research: Definitions, Concepts and Science Approaches. In: European Journal for Security Research, 1:1, 3-19.

- Häring, Ivo/Ebenhöch, Stefan/Stolz, Alexander (2016): Quantifying Resilience for Resilience Engineering of Socio Technical Systems. In: European Journal for Security Research, 1:1, 21-58.
- Häring, Ivo (2016): Risk Analysis and Management: Engineering Resilience. Singapore: Springer.
- Linkov Igor/Kröger, Wolfgang/Renn, Ortwin/Scharte, Benjamin et al. (2014): Risking Resilience: Changing the Resilience Paradigm, Commentary to Nature Climate Change, 4: 6, 407-409.

Verwendbarkeit
Wahlpflichtmodul für Studierende des Studiengangs • B. Sc. in Sustainable Systems Engineering (PO 2018)

Modul
Technologien Erneuerbarer Energien

Nummer	11LE68MO-BScSSE-3031		
Modulverantwortlicher	Prof. Dr. Holger Neuhaus	**Einrichtung**	INATECH; Professur für Materialsysteme für die Solarenergie-nutzung
Modultyp	Wahlpflichtmodul	**Moduldauer**	1 Semester
Zugehörige Lehrveranstaltungen	Seminar	**Sprache**	Deutsch
Zwingende Voraussetzungen	Keine		
Empfohlene Voraussetzungen	Module der ersten drei Fachsemester; Werkstoffwissenschaft; Schaltungstechnik; Lebenszyklusanalyse		

Empfohlenes Fach-semester	6	**ECTS-Punkte**	3
SWS	2 Seminar	**Angebotsfrequenz**	Jedes Sommerse-mester; max. 30 Teilneh-mende
Arbeitsaufwand	90 Stunden (26 Stunden Präsenzstudium + 64 Stunden Selbststudium)		

Qualifikationsziele

- Die Studierenden kennen die Funktionsweise verschiedener Technologien zur Umwandlung von Solar-, Wind-, Wasser-, Geothermie- und Biomasseenergie in Sekundärenergie.
- Sie können den Bedarf an Energiespeichern und steuerbarer Stromerzeugungskapazität analysieren und kennen verschiedene Möglichkeiten zur Speicherung von Energie.
- Die Studierenden können die Relevanz der Beiträge verschiedener erneuerbarer Energiequellen und Umwandlungstechnologien im Energiesystem bewerten.
- Sie können die Technologien anhand von Nachhaltigkeitskriterien vergleichen und bewerten.
- Die Studierenden verstehen die Aussagen von Energieszenarien und können diese analysieren.
- Die Studierenden können Literatur- und Datenrecherchen zu einer wissenschaftlichen Fragestellung durchführen und die Ergebnisse fachgerecht und vor Publikum präsentieren.

Inhalte Seminar
Im Seminar werden folgende Themen behandelt: • Globale erneuerbare Energieressourcen (Sonnen- und Windenergie, Wasser-kraft, Biomasse, geothermische Energie, Gezeitenenergie) • Energieumwandlungsprozesse und -technologien auf Basis erneuerbarer Energiequellen (Solarthermie, Photovoltaik, Windkraftwerke, Wasserkraftwerke, Biogaserzeugung und -verwertung, Geothermiekraftwerke) • Energiespeichertechnologien (elektrische Energiespeicher, nicht-elektrische Energiespeicher) • Nutzungspfade erneuerbarer Energien im Strom-, Wärme- und Transportsektor • Vorstellung und Diskussion verschiedener globaler wie lokaler Energieszenarien • Vergleichende Bewertung der Technologien vor dem Hintergrund von Nachhaltigkeitskriterien • Gesamtsystembetrachtung (Techno-ökonomische Analyse) Die Einführung in die Themen erfolgt jeweils durch den/die Lehrenden. Den Studierenden werden daraufhin verschiedene Fragestellungen zur selbstständigen wissenschaftlichen Bearbeitung gestellt. Die Ergebnisse werden schriftlich ausgearbeitet, in Form einer mündlichen Präsentation von dem/der Studierenden vorgestellt und in der Gruppe diskutiert.

Zu erbringende Prüfungsleistung
Schriftliche Ausarbeitung und mündliche Präsentation.

Zu erbringende Studienleistung
Regelmäßige Teilnahme am Seminar gemäß §13 (2) der Rahmenprüfungsordnung Bachelor of Science.

Benotung
Die Modulnote errechnet sich aus der schriftlichen Ausarbeitung (70 %) und der Präsentation (30 %).

Literatur
• Kaltschmitt, M., Streicher, W., Wiese, A. (2013): Erneuerbare Energien, Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte, Springer-Verlag • Quaschning, V. (2011): Regenerative Energiesysteme, Carl Hanser Verlag • Quaschning, V. (2013): Erneuerbare Energien und Klimaschutz, Carl Hanser Verlag • Wesselak, V., Schabbach, T., Link, T., & Fischer, J. (2017). Handbuch Regenerative Energietechnik. Springer Berlin.

Verwendbarkeit
Wahlpflichtmodul für Studierende des Studiengangs • B. Sc. in Sustainable Systems Engineering (PO 2018)

Modul
Nachhaltige Energiesysteme

Nummer	11LE68MO-BScSSE-3030		
Modulverantwortlicher	Prof. Dr. Anke Weidlich	**Einrichtung**	INATECH; Professur für Technologien der Energieverteilung
Modultyp	Wahlpflichtmodul	**Moduldauer**	1 Semester
Zugehörige Lehrveranstaltungen	Vorlesung	**Sprache**	Deutsch
Zwingende Voraussetzungen	Keine		
Empfohlene Voraussetzungen	Module der ersten beiden Fachsemester, Technische Thermodynamik, Systemtheorie und Regelungstechnik, Lebenszyklusanalyse		

Empfohlenes Fachsemester	6	**ECTS-Punkte**	3
SWS	2 Vorlesung	**Angebotsfrequenz**	Jedes Sommersemester
Arbeitsaufwand	90 Stunden (26 Stunden Präsenzstudium + 64 Stunden Selbststudium)		

Qualifikationsziele

- Die Studierenden kennen die heutigen und projizierten zukünftigen weltweiten Energiebedarfe in verschiedenen Verbrauchssektoren.
- Sie können Energiewandlungsketten analysieren und kennen die Unterschiede zwischen verschiedenen Energieformen (Primär-, Sekundär-, End- und Nutzenergie). Sie können mit diesem Wissen nationale Energiebilanzen analysieren.
- Die Studierenden kennen die weltweiten Reserven und Ressourcen endlicher Energieträger.
- Sie kennen die verschiedenen regenerativen Energiequellen und können diese mit ihren unterschiedlichen Potenzialen gegenüberstellen und vergleichen.
- Sie kennen verschiedene Kriterien für nachhaltige Energiesysteme und können Energietechnologien vor diesem Hintergrund bewerten.

Inhalte Vorlesung

- Überblick über die weltweiten Energiereserven und Energieressourcen
- Potentiale und Charakteristika der erneuerbaren Energien (z. B. spezifische CO_2-Emissionen, Flächenleistungsdichte, spezifische Kosten)
- Heutiger und zukünftiger Energiebedarf weltweit und in ausgewählten Ländern

- Nationale Energiebilanzierung, Energieumwandlungsketten (Primär-, Sekundär-, End- und Nutzenergie)
- Effizienz der Energieumwandlung
- Klimapolitische Ziele und Instrumente sowie deren Implikationen auf die Gestaltung von Energiesystemen
- Übergang vom konventionellen Energiesystem zum nachhaltigen Energiesystem (Transitionspfade, Langfristszenarien)

Zu erbringende Prüfungsleistung
Klausur (60 Minuten)

Zu erbringende Studienleistung
Keine (freiwillige Bearbeitung der Übungsblätter, die zum Selbststudium bereitgestellt werden)

Literatur

- Blok, C. (2007): Introduction to energy analysis, Amsterdam, Techne Press
- MacKay, D. (2009): Sustainable Energy: Without the Hot Air, UIT.
- Quaschning, V. (2011): Regenerative Energiesysteme, Carl Hanser Verlag
- Quaschning, V. (2013): Erneuerbare Energien und Klimaschutz, Carl Hanser Verlag
- REN21. (2017): Renewables Global Futures Report: Great debates towards 100 % renewable energy
- Watter, H. (2009): Nachhaltige Energiesysteme: Grundlagen, Systemtechnik und Anwendungsbeispiele aus der Praxis, Springer-Verlag

Verwendbarkeit

Wahlpflichtmodul für Studierende des Studiengangs
- B. Sc. in Sustainable Systems Engineering (PO 2018)

Modul / *Module*
Bachelormodul

Nummer *Number*	11LE68MO-BScSSE-3000		
Modulverantwortlicher *Responsible person*	Prof. Dr. Anke Weidlich	**Einrichtung** *Organisational unit*	INATECH
Modultyp *Module type*	Pflichtmodul	**Moduldauer** *Module duration*	1 Semester
Sprache *Language*	Die Bachelorarbeit wird in der Regel in deutscher Sprache abgefasst. In Absprache mit dem Betreuer/der Betreuerin kann die Bachelorarbeit auch in englischer Sprache abgefasst werden; in diesem Fall muss die Bachelorarbeit eine Zusammenfassung in deutscher Sprache enthalten.		
Zwingende Voraussetzungen *Mandatory requirements*	Zur Bachelorarbeit kann nur zugelassen werden, wer im Bachelorstudiengang Sustainable Systems Engineering mindestens 110 ECTS-Punkte erworben hat.		

Empfohlenes Fachsemester *Recommended term of study*	6	**ECTS-Punkte** *ECTS-points*	12 ECTS schriftliche Ausarbeitung + 1 ECTS mündliche Abschlusspräsentation
SWS *Semester week hours*		**Angebotsfrequenz** *Regular cycle*	In jedem Semester
Arbeitsaufwand *Workload*	390 Stunden Selbststudium		

Qualifikationsziele / *Learning target*
Mit der Bachelorarbeit zeigen die Studierenden, dass sie in der Lage sind, innerhalb einer vorgegebenen Frist eine Problemstellung im Bereich Sustainable Systems Engineering selbständig und mit wissenschaftlichen Methoden auf Grundlage der bis dahin im Studiengang erworbenen Qualifikationen zu bearbeiten. Dabei sollen die Studierenden die Fähigkeit gewinnen und nachweisen, sich in eine neue Aufgabe systematisch einzuarbeiten und diese in Form eines ingenieurwissenschaftlichen Projekts zu planen und auszuführen. Bei der Durchführung von Experimenten, Simulationen oder Konstruktionen werden die erworbenen Fähigkeiten im Rahmen einer größeren Aufgabe weitgehend eigenständig, jedoch unter Anleitung, erarbeitet. Wichtige Fähigkeiten, welche im Hinblick auf eine weitere ingenieurswissenschaftliche Berufstätigkeit vertieft werden, sind die Beschreibung theoretischer Grundlagen und des Stands der Technik in strukturierter und konsistenter Form. Qualifikationsziel ist weiterhin, die Fähigkeit zur korrekten, nachvollziehbaren Darstellung eigener wissenschaftlicher Arbeiten und Ergebnisse. Erste Fähigkeiten zur schriftlichen und mündlichen Diskussion technischer Sachverhalte auf Basis eigener Kompetenz und Arbeitsergebnisse gehören ebenfalls zu den elementaren Qualifikationszielen.

Bei der Präsentation zur angefertigten Bachelorarbeit zeigen die Studierenden, dass sie in der Lage sind, Ergebnisse ihrer Arbeit und Forschung innerhalb einer festgesetzten Zeitdauer verständlich und wissenschaftlich fundiert vorzutragen. Weiterhin sollen so die Fähigkeiten zur Präsentation, Selbstdarstellung und Diskussion mit überzeugendem Auftritt auch vor Fachpublikum trainiert werden.

Inhalte / *Content*

Das Thema der Bachelorarbeit wird von einem Professor/einer Professorin der Technischen Fakultät in Absprache mit der/dem Studierenden ausgegeben. Die fachlichen Inhalte sind aufgabenspezifisch und werden überwiegend im Selbststudium durch eigenständige Recherchen erworben.

Für weitere Details siehe § 21 (3) des Allgemeinen Teils dieser Prüfungsordnung.

Zu erbringende Prüfungsleistung / Course-based assessment

- Schriftliche Ausarbeitung der wissenschaftlichen Arbeit als Bachelorarbeit. Die Bachelorarbeit ist innerhalb eines Zeitraums von drei Monaten anzufertigen.
- Präsentation der Ergebnisse der Abschlussarbeit im Rahmen eines etwa 60-minütigen Kolloquiums.

Für weitere Details siehe § 10 der fachspezifischen Bestimmungen der Prüfungsordnung für den Studiengang Bachelor of Science Sustainable Systems Engineering (2018).

Benotung / *Grading*

Entsprechend § 19 (3) des Allgemeinen Teils dieser Prüfungsordnung errechnet sich die Note eines Moduls mit mehreren Modulteilprüfungen als das gewichtete arithmetische Mittel der Noten der Modulteilprüfungen. Jede der einzelnen Modulteilprüfungen muss mindestens mit der Note „ausreichend“ (4,0) bewertet sein. Bei der Berechnung der Modulnote wird nur die erste Dezimalstelle hinter dem Komma berücksichtigt, alle weiteren Stellen werden ohne Rundung gestrichen.

Gewichtung der Prüfungsleistung / *Weighting of course-based assessment*

Die Note des Bachelormoduls wird doppelt gewichtet in die Gesamtnote der Bachelorprüfung eingerechnet.

Verwendbarkeit */ Usability of the Module*

Pflichtmodul für Studierende des Studiengangs
- B. Sc. in Sustainable Systems Engineering (PO 2018)

Abkürzungsverzeichnis

BOK	Berufsfeldorientierte Kompetenzen
B. Sc.	Bachelor of Science
ECTS	European Credit Transfer System. Leistungspunkte, die in den Veranstaltungen entsprechend der Arbeitsbelastung der Studierenden in Kontakt- und Selbststudium erworben werden. Ein Kreditpunkt entspricht dabei 30 Stunden.
FS	Fachsemester
IIF	Institut für Informatik
IMTEK	Institut für Mikrosystemtechnik
INATECH	Institut für Nachhaltige Technische Systeme
K	Kolloquium
M. Sc.	Master of Science
P	Projekt
PL	Prüfungsleistung
Pr	Praktikum
PrÜ	Praktische Übung
S	Seminar
SL	Studienleistung
SLI	Sprachlehrinstitut
SSE	Sustainable Systems Engineering
SWS	Semesterwochenstunden
Ü	Übung
V	Vorlesung
ZfS	Zentrum für Schlüsselqualifikationen