

Modulhandbuch

für den Bachelor Studiengang Quantum Engineering

RS-Sem.	Modul	Modulelement	CP	SWS
Mathematische Grundlagen				
1	Theoretische Physik Ia	Theoretische Physik Ia: Rechenmethoden der Mechanik	7	5
2	Höhere Mathematik für Ingenieure II		9	6
3	Höhere Mathematik für Ingenieure III		9	6
Allgemeine Grundlagen				
1	Ringvorlesung	Perspektiven des Quantum Engineering	2	2
2	Programmieren für Ingenieure	Programmieren für Ingenieure (bis SoSe19)	5	5
2		Informationstechnik	5	3
5	P3: ProgrammierPraxisProjekt	Projekt Informationstechnik	3	2
5		Projekt Programmieren für Ingenieure (bis SoSe19)	3	2
5		Mikrocontroller-Projektseminar	3	2
Experimentalphysik				
1	Experimentalphysik I	Mechanik, Schwingungen und Wellen	10	8
2	Grundlagen der Quantentechnologie I	Elektromagnetismus	8	6
3		Optik, Thermodynamik	5	4
4	Grundlagen der Quantentechnologie II	Quantenphysik, Atomphysik	6	5
5		Festkörperphysik I	4	3
Theoretische Physik				
3	Theoretische Physik II	Elektrodynamik	8	6
4	Theoretische Physik III	Quantenphysik	8	6
Physikalische Wahlpflicht				
5	Physikalische Wahlpflicht	Nanostrukturphysik I	5	4
5		Einführung in die Quanteninformationsverarbeitung	5	4
Physikalische Praktika				
3	Grundpraktikum Quantum Engineering	Physikalisches Grundpraktikum (GP Ia)	2	1
4		Physikalisches Grundpraktikum (GP Ib)	5	3
6	Fortgeschrittenenpraktikum für Quantum Engineering		6	3
Ingenieurwissenschaftliche Grundlagen				
1	Grundlagen der Elektrotechnik	Grundlagen der Elektrotechnik I	5	3
2		Grundlagen der Elektrotechnik II	5	3
3	Mikrotechnologie	Mikrosystemtechnik	4	3
3	Elektronik für Quantentechnologien	Physikalische Grundlagen	6	4
4		Schaltungstechnik	6	4
4	Messtechnik und Sensorik		6	4
	Theoretische Elektrotechnik	Theoretische Elektrotechnik 1	6	4,5
		Theoretische Elektrotechnik 2	5	4
Ingenieurwissenschaftliche Wahlpflicht				
5	Ingenieurwissenschaftliche Wahlpflicht	Elektronische Bauelemente	3	3
5		Elektronische Systeme	3	2
5		Mikroelektronik 1	4	3
4		Mikroelektronik 2	4	3
5		Aufbau- und Verbindungstechnik 1	4	3
5		Einführung in die Materialwissenschaft	6	5
Ingenieurwissenschaftliche Praktika				
3	Ingenieurwissenschaftliche Praktika	Praktikum Grundlagen der Elektrotechnik	3	2
4		Praktikum Schaltungstechnik	3	2
4		Ingenieurwissenschaftliches Projektseminar	2-4	2-4
6		Mikroelektronik-Praktikum (FPGA-Programmierung)	4	4

Freie Wahlpflicht				
5	Erweiterte Grundlagen	Stochastische Bewertungsmethoden in der Technik	4	3
5		Effizientes Lernen/Wissenschaftliche Darstellung	2	2
5		Allgemeine Chemie	4	3
6	Studium generale	Sprachkurse	3	1
6		BWL	2	2
6		Unternehmensgründung	2	2
		Patent- und Innovationsmanagement	3	2
		Schlüsselkompetenzen	max. 3	
6	Fachliche Erweiterung und Vertiefung	Tutortätigkeit	11	
6		Weitere Lehrveranstaltungen, Seminare, Projektseminare und Praktika der Physik und Ingenieurwissenschaften		
6		Weitere Versuche im physik. Grund- oder Fortgeschrittene Praktikum		
6		Industriepraktikum		max. 6
Abschluss-Arbeit				
6	Bachelor-Seminar	Bachelor-Seminar	6	
6	Bachelor-Arbeit	Bachelor-Arbeit	12	

Theoretische Physik Ia – Rechenmethoden der Mechanik					TP Ia
Studiensem.	Regelstudiensem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS-Punkte
1	1	jährlich	1 Semester	5	7

Modulverantwortliche/r	Wilhelm-Mauch		
Dozent/inn/en	Dozenten/Dozentinnen der Theoretischen Physik		
Zuordnung zum Curriculum	Bachelor Quantum Engineering, Allgemeine Grundlagen		
Zulassungsvoraussetzungen	Keine formalen Voraussetzungen		
Leistungskontrollen / Prüfungen	Klausur Prüfungsvorleistung: Erfolgreiche Bearbeitung der Übungsaufgaben		
Lehrveranstaltungen / SWS	Vorlesung (3 SWS) Übung (2 SWS)		
Arbeitsaufwand	Präsenzzeit Vorlesung		45 h
	Präsenzzeit Übung		30 h
	Vor- und Nachbereitung, Übungsbearbeitung		
	Klausurvorbereitung		135 h
	Summe (7 CP)		210 h
Modulnote	Benotet		

Lernziele / Kompetenzen

- Übersicht über weiterführende Rechentechniken insbesondere als Grundlage für die Vorlesungen in theoretischer Physik
- Einführung in die mathematische Formulierung physikalischer Gesetzmäßigkeiten anhand von Kinematik und Newtonscher Mechanik
- Entwicklung von Lösungsstrategien für mathematisch-physikalische Problemstellungen
- Einüben des Verfassens und der Darstellung von Lösungen zu Hausaufgaben

Inhalt

- Kinematik mit Differential- und Integralrechnung in n-dimensionalen Räumen
 - Newtonsche Bewegungsgleichungen
 - Lösungsstrategien für Differenzialgleichungen in einer Variable
 - Newtonsche Mechanik der Mehrteilchensysteme
 - Vektorräume, lineare Abbildungen, Eigenwerte, Diagonalisierung
 - Schwingungen und gekoppelte Differenzialgleichungen
 - Fourierreihen und –transformationen
-

Weitere Informationen

Inhaltlich wird vorausgesetzt: Wissensstand mind. gemäß guten Leistungen in Grundkursen Mathematik. Ein Vorkurs, der Oberstufen-Schulmathematik studienvorbereitend aufarbeitet, wird empfohlen.

Literatur:

- S. Großmann, Mathematischer Einführungskurs für die Physik, Teubner (2005)
 - W. Nolting, Grundkurs Theoretische Physik, Springer, Berlin (2004)
 - C. B. Lang, N. Pucker, Mathematische Methoden in der Physik, Elsevier (2005)
 - K.F. Riley, M.P. Hobson, S.J. Bence, Mathematical Methods for Physics and Engineering, Cambridge University Press (2006)
-

Höhere Mathematik für Ingenieure II					HMI2
Studiensem. 2	Regelstudiensem. 2	Turnus jährlich	Dauer 1 Semester	SWS 6	ECTS-Punkte 9

Modulverantwortliche/r	Studiendekan bzw. Studienbeauftragter der NTF II
Dozent/inn/en	Dozenten/Dozentinnen der Mathematik
Zuordnung zum Curriculum	Bachelor Systems Engineering, Mathem.-naturwiss. Grundlagen Bachelor Mechatronik, Pflicht Bachelor Mikrotechnologie und Nanostrukturen, Pflicht Mechatronik/Technik LAB, mathematisch-physikalischen Grundlagen Bachelor Quantum Engineering, Allgemeine Grundlagen
Zulassungsvoraussetzungen	Zum Modul: keine
Leistungskontrollen / Prüfungen	benotete schriftliche Abschlussprüfung; Die Zulassung zur Prüfung erfordert die erfolgreiche Bearbeitung der Übungsaufgaben (Bekanntgabe der genauen Regeln zu Beginn der Lehrveranstaltung)
Lehrveranstaltungen / SWS	Höhere Mathematik für Ingenieure II: Vorlesung: 4 SWS Übung: 2 SWS
Arbeitsaufwand	Präsenzzeit Vorlesung + Übungen 15 Wochen 6 SWS 90 h Vor- und Nachbereitung, Übungsbearbeitung 120 h Klausurvorbereitung 60 h Summe 270 h (9 CP)
Modulnote	Abschlussprüfungsnote

Lernziele/Kompetenzen

Sicherer Umgang mit Matrizen, linearen Abbildungen und der eindimensionalen Analysis inkl. numerischer Anwendungen. Erster Einblick in die Theorie gewöhnlicher Differentialgleichungen. Fähigkeit, den erlernten Stoff zur Lösung konkreter Probleme anzuwenden.

Inhalt

Vorlesung und Übung Höhere Mathematik II (9 CP):

- Matrizen und lineare Gleichungssysteme
- Lineare Abbildungen
- Stetige Funktionen (auch in mehreren Veränderlichen)
- Differentialrechnung in einer Veränderlichen
- Eindimensionale Integration (inkl. Numerik)
- Satz von Taylor, Fehlerabschätzungen
- Gewöhnliche lineare Differentialgleichungen

Weitere Informationen

Unterrichtssprache: deutsch

Literaturhinweise: Bekanntgabe jeweils vor Beginn der Vorlesung auf der Vorlesungsseite im Internet.

Methoden: Information durch Vorlesung; Vertiefung durch Eigentätigkeit

(Nacharbeit, aktive Teilnahme an den Übungen).

Anmeldung: Bekanntgabe jeweils rechtzeitig vor Semesterbeginn durch Aushang und im Internet.

Höhere Mathematik für Ingenieure III					HMI3
Studiensem. 3	Regelstudiensem. 3	Turnus jährlich	Dauer 1 Semester	SWS 6	ECTS-Punkte 9

Modulverantwortliche/r	Studiendekan bzw. Studienbeauftragter der NTF II
Dozent/inn/en	Dozenten/Dozentinnen der Mathematik
Zuordnung zum Curriculum	Bachelor Systems Engineering, Mathem.-naturwiss. Grundlagen Bachelor Mechatronik, Pflicht Bachelor Mikrotechnologie und Nanostrukturen, Pflicht Bachelor Quantum Engineering, Allgemeine Grundlagen
Zulassungsvoraussetzungen	Zum Modul: keine
Leistungskontrollen / Prüfungen	benotete schriftliche Abschlussprüfung; Die Zulassung zur Prüfung erfordert die erfolgreiche Bearbeitung der Übungsaufgaben (Bekanntgabe der genauen Regeln zu Beginn der Lehrveranstaltung)
Lehrveranstaltungen / SWS	Höhere Mathematik für Ingenieure III: Vorlesung: 4 SWS, Übung: 2 SWS
Arbeitsaufwand	Präsenzzeit Vorlesung + Übungen 15 Wochen 6 SWS 90 h Vor- und Nachbereitung, Übungsbearbeitung 120 h Klausurvorbereitung 60 h Summe 270 h (9 CP)
Modulnote	Abschlussprüfungsnote

Lernziele/Kompetenzen

Spektraltheorie quadratischer Matrizen und deren Anwendung auf Systeme linearer gewöhnlicher Differentialgleichungen erster Ordnung. Analysis von Funktionen mehrerer Veränderlicher. Vorstellungsvermögen für abstrakte und geometrische Strukturen in konkreten Problemen.

Inhalt

Vorlesung und Übung Höhere Mathematik für Ingenieure III (9 CP):

- Spektraltheorie quadratischer Matrizen
- Systeme linearer gewöhnlicher Differentialgleichungen erster Ordnung
- Differentialrechnung von Funktionen mehrerer Veränderlicher
- Kurvenintegrale
- Integralrechnung im \mathbb{R}^n
- Integralsätze der Vektoranalysis

Weitere Informationen

Unterrichtssprache: deutsch

Literaturhinweise: Bekanntgabe jeweils vor Beginn der Vorlesung auf der Vorlesungsseite im Internet.

Methoden: Information durch Vorlesung; Vertiefung durch Eigentätigkeit

(Nacharbeit, aktive Teilnahme an den Übungen).

Anmeldung: Bekanntgabe jeweils rechtzeitig vor Semesterbeginn durch Aushang und im Internet.

Modul Perspektiven des Quantum Engineering					Abk. PQE
Studiensem. 1	Regelstudiensem. 1	Turnus WS	Dauer 1 Semester	SWS 2	CP-Punkte 2

Modulverantwortliche/r	Dozent/inn/en der Physik, Systems Engineering
Dozent/inn/en	Dozent/inn/en der Physik, Systems Engineering
Zuordnung zum Curriculum	Bachelor Quantum Engineering, Allgemeine Grundlagen

Zulassungsvoraussetzungen Keine.

Leistungskontrollen / Prüfungen Ausarbeitung von Protokollen

Lehrveranstaltungen / SWS Vorlesung (2 SWS)

Arbeitsaufwand Vorlesung: 15 x 2 SWS = 30 h
 Ausarbeitung: 3 x 10 h = 30 h

Modulnote Unbenotet

Lernziele/Kompetenzen

- Die Lehrveranstaltung gibt Studierenden einen ersten Überblick in die Grundlagen und die historische Entwicklung des Quantum Engineering.
- Sie gibt einen Überblick über aktuelle Forschungen im Gebiet des Quantum Engineering an den Lehrstühlen der Physik bzw. des Systems Engineering.
- Sie zielt darauf ab, den Studierenden einen Einblick in die Vorgehensweise in der Forschung in Natur- und Ingenieurwissenschaften zu geben.
- Sie vermittelt die Relevanz des Quantum Engineering in der Technologieentwicklung.
- Sie bietet Orientierung für das weitere Studium, insbesondere für die Setzung von Schwerpunkten und die Wahl von Vertiefungs- bzw. Erweiterungslehrrveranstaltungen.
- Studierende lernen, wichtige Kernpunkte einer Vorlesung zu exzerpieren und strukturiert wiederzugeben.

Inhalt:

Vorträge zu Aspekten des Quantum Engineering mit Schwerpunkt auf aktuellen Forschungsaktivitäten in der Physik bzw. im Systems Engineering

Programmieren für Ingenieure (bis SoSe 2019)					Pfl
Studiensem.	Regelstudiensem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS-Punkte
2	2	jährlich	1 Semester	5	5' (8)

Modulverantwortliche/r	ProfessorInnen der Fachrichtungen Physik und Systems Engineering
Dozent/inn/en	Dozenten/Dozentinnen der Informatik
Zuordnung zum Curriculum	Bachelor Systems Engineering (SE), Systemtechnische Grundlagen Bachelor Mechatronik, Pflicht Bachelor Mikrotechnologie und Nanostrukturen (MuN), Pflicht Bachelor Materialwissenschaften und Werkstofftechnik, Pflicht Lehramt Mechatronik und Technik Bachelor Quantum Engineering (QE), Allgemeine Grundlagen
Zulassungsvoraussetzungen	Keine
Leistungskontrollen / Prüfungen	Prüfungszulassung über Übungen Für den Bachelor-Studiengang MuN, QE sowie für Lehramt Mechatronik und Technik: Abschluss der Veranstaltung nach 2/3 der insgesamt angebotenen Vorlesungen und Übungen durch eine Klausur ⇒ Variante für die Vergabe von 5 CP Für die Bachelor-Studiengänge Materialwissenschaften und Werkstofftechnik und Mechatronik/SE: Abschlussklausur nach Beendigung der gesamten Vorlesungen und Übungen am Ende der Vorlesungszeit ⇒ Variante für die Vergabe von 8 CP Wiederholungsklausur gegen Ende der vorlesungsfreien Zeit
Lehrveranstaltungen / SWS	2SWS Vorlesung, 3SWS Übung Gruppengröße bei Übungen: <20 Studierende
Arbeitsaufwand	Für den Bachelor-Studiengang MuN, QE sowie für Lehramt Mechatronik und Technik: Präsenzzeit 5 SWS × 10 Wochen = 50 Std. → 1/3 Präsenz, 2/3 Vor- / Nachbereitung Gesamtaufwand: 150 Std. Für die Bachelor-Studiengänge Mechatronik, SE und Materialwissenschaften und Werkstofftechnik: Präsenzzeit 5 SWS × 15 Wochen = 75 Std. → 1/3 Präsenz, 2/3 Vor- / Nachbereitung Gesamtaufwand: 8×30 = 240 Std.
Modulnote	Aus der jeweiligen Abschlussklausur

Lernziele/Kompetenzen

- Objekt-orientierter Programmwurf, C++-Programmierung
- Verständnis eines Software-Entwicklungsprozesses
- Grundsätzliches Verständnis der von Neumann-Rechnerarchitektur

Inhalt

Der überwiegende Teil der Ingenieursarbeit besteht aus "Software" im weitesten Sinne. Schaltkreise werden in SW entwickelt (simuliert und anschließend synthetisiert), Schaltungen in SW erstellt (computer-unterstütztes Layout und automatische Bestückung) und Endgeräte (Mobiltelefone, PCs/-Notebooks, Settop-Boxen) nutzen oft weltweit einheitliche Schaltkreise und unterscheiden sich in der Cleverness der Systemsoftware.

Die Vorlesung Pfl bietet einen Einstieg für Ingenieure in das Programmieren an sich und die Programmiersprache C++ im Besonderen. Neben den notwendigen Werkzeugen (*Editor, Compiler, Linker, Librarian, Debugger, Make, Revision Control, integrierte Entwicklungsumgebung*) wird die Programmiersprache C++ aus Sicht der objektorientierten Programmierung vermittelt.

Im Laufe der Vorlesung werden anhand von Beispielen aus der Literatur die besonderen Eigenschaften der Programmiersprache C++ sowie der verwendeten Programmierumgebung demonstriert. Objektorientierte Programmierung in C++ wird an Hand dieser Beispiele vorgestellt und in Übungen praktisch erlernt. Der Lehrstuhl Nachrichtentechnik stellt eine *bootfähige DVD* zur Verfügung, auf der alle für die Vorlesung benötigten Komponenten enthalten sind.

Voraussetzung: Da Pfl im Nebenfach für Ingenieure angeboten wird, sind keine speziellen Vorkenntnisse notwendig. Wie bei allen Modulen ist eine solide Kenntnis in der Anwendung von PCs (Betriebssysteme, SW-Installation, Anwendungsprogramme etc.) unumgänglich. Erste Erfahrungen in der Programmierung (z. B. Makro-Programmierung in Visual Basic oder die "Programmierung" von HTML-Seiten) sind sehr wünschenswert.

Anmerkung: Studierende in Bachelor-Studiengängen, die nur 5 LP für diese Veranstaltung erfordern, können nach 2/3 der Veranstaltung an einer Klausur teilnehmen, nach deren Bestehen das Modul als bestanden mit 5 LP gewertet wird.

Wird die Veranstaltung bis zum Ende besucht und die Abschlussklausur erfolgreich absolviert, können die zusätzlichen 3 CP eingebracht werden, soweit der jeweilige Studiengang eine Kategorie zur Einbringung zusätzlich erworbener Leistungspunkte enthält

Weitere Informationen

Der Unterricht findet auf Deutsch statt. Lehrmaterialien (Folien, Quelltex, Literatur) sind auf Englisch.

Die Vorlesung bedient sich der frei erhältlichen Bücher „Thinking in C++“ von Bruce Eckel:
Bruce Eckel, Thinking in C++ - Volume One: Introduction to Standard C++ , Prentice Hall, 2000
Bruce Eckel, Chuck Allison, Thinking in C++ - Volume Two: Practical Programming, Prentice Hall, 2004

sowie weiterer vertiefender Literatur:
Stanley Lippman, Essential C++, Addison-Wesley, 2000
Herb Sutter, C++ Coding Standards, Addison-Wesley, 2005

Modul Informationstechnik					Abk.
Studiensem. 2	Regelstudiensem. 2	Turnus SoSe	Dauer 1 Semester	SWS 5	ECTS-Punkte 8 (5)

Modulverantwortliche/r	Prof. Georg Frey
Dozent/inn/en	Prof. Kathrin Flaßkamp, Prof. Georg Frey
Zuordnung zum Curriculum	Bachelor Systems Engineering, Systemtechnische Grundlagen, Pflicht (8 CP) Lehramt Technik, Pflicht (5 CP) Bachelor Quantum Engineering, Pflicht (5 CP)
Zulassungsvoraussetzungen	Keine
Leistungskontrollen / Prüfungen	Benotete schriftliche Klausur
Lehrveranstaltungen / SWS	5 SWS Vorlesung mit integrierter Übung
Arbeitsaufwand	Gesamtaufwand 240 Std. = 8 × 30 Std. = 8 CP <ul style="list-style-type: none"> • 5 SWS × 15 Wochen = 75 Std • Vor- und Nachbereitung = 150 Stunden • Prüfungsvorbereitung = 15 Stunden • Anteilig reduzierter Aufwand für eine 5 CP-wertige Veranstaltung (5 SWS x 10 Wochen), Klausur in angepasstem Stoff- und Zeitumfang
Modulnote	Note der Klausur

Lernziele/Kompetenzen

Die Studierenden kennen die Bedeutung der Informationstechnik für das Systems Engineering. Sie können die zu Grunde liegenden diskreten Systeme mathematisch beschreiben und modellieren. Sie verstehen die Arbeitsweise informationstechnischer Systeme in Hard- und Software. Zudem kennen die Studierenden die grundlegenden Bausteine eines Computerprogramms. Sie verstehen wesentliche programmiertechnische Vorgehensweisen und wenden diese an, um eigenständig Lösungsverfahren zu implementieren. In der 8CP-Variante ist das Projekt Informationstechnik enthalten und verstehen Studierende zusätzlich die Grundzüge der objektorientierten Programmierung und können diese anwenden.

Inhalt

Grundlagen der Informationstechnik
 Digitaltechnik
 Modellierung mit Automaten
 Rechnerarchitekturen
 Betriebssysteme
 Kommunikation
 Echtzeitsysteme(*)
 Algorithmen und Datenstrukturen
 Grundlagen der Programmierung
 Logik, Schleifen, Bedingungen
 Programmieren in MATLAB
 Skripte und Funktionen
 Objektorientiertes Programmieren(*)
 Mit (*) gekennzeichnete Themen entfallen in der 5 CP-Variante.

Weitere Informationen

Unterrichtssprache: Deutsch

Literaturhinweise: Literatur wird in der Vorlesung zur Verfügung gestellt bzw. bekannt gegeben.

Modul Mikrocontroller-Projektseminar					Abk.
Studiensem. 5	Regelstudiensem. 5	Turnus Jedes WS	Dauer 1 Semester	SWS 2	ECTS-Punkte 3

Modulverantwortliche/r Prof. Dr. Andreas Schütze

Dozent/inn/en Mitarbeiter des Lehrstuhls Messtechnik

Zuordnung zum Curriculum Bachelor Quantum Engineering, Allgemeine Grundlagen

Zulassungsvoraussetzungen Keine formalen Voraussetzungen

Leistungskontrollen / Prüfungen Abschlussvortrag und Dokumentation

Lehrveranstaltungen / SWS Mikrocontroller-Projektpraktikum bestehend aus einer Einführung sowie individuellen, im Team von 2 Studierenden zu lösenden Projektaufgaben nach Vorgabe bzw. Absprache. Ziel ist die Einbindung der Ergebnisse in ein größeres Gesamtprojekt.

Arbeitsaufwand Präsenzzeit 15h + Bearbeitungszeit 75h für Konzeption, Realisierung, Präsentation und Dokumentation.

Modulnote Projektnote unter Berücksichtigung von Dokumentation und Präsentation

Lernziele/Kompetenzen

- Verständnis des Mikrocontrollers als eine Kernkomponente eingebetteter Systeme
- Hardwarenahe Programmierung und Definition von Schnittstellen zwischen Hardwarekomponenten
- Projektkoordination und Kommunikation innerhalb und zwischen kleineren Teams
- Lösung messtechnischer Problemstellungen mittels eingebetteter Systeme

Inhalt

- Einarbeitung anhand eines Skript mit Inbetriebnahme des vorhandenen Experimentierboards
- selbstständiges Finden von Konzepten für eingebettete Systeme zur Lösung messtechnischer Problemstellungen
- Definition der Schnittstellen und Koordination von Teilprojekten
- hardwarenahe Programmierung in C
- Auslesen von Sensoren mittels des Mikrocontrollers
- Signalverarbeitung im Mikrocontroller
- Anbindung des Mikrocontrollers an einen PC über LabVIEW
- koordinierte Verknüpfung von Teilprojekten
- Präsentation der Ergebnisse als schriftliche Dokumentation und Kurzvortrag

Weitere Informationen

Unterrichtssprache: deutsch

Organisation:

- Einführungsveranstaltung (ca. 2 Stunden) zur Vorstellung des Konzepts und Einteilung der Gruppen
- 3 Präsenzveranstaltungen zu Einführung und Koordination (jeweils 1 Nachmittag, je ca. 4 h)
- Unterstützung bei der selbstständigen und selbst organisierten Bearbeitung der Teilprojekte
- Durchführung am Lehrstuhl und/oder eigenständig im Team
- Abschlussveranstaltung (ca. 2 Stunden)

Literaturhinweise:

- <http://www.microcontroller.net>
- Brinkschulte: Mikrocontroller und Mikroprozessoren, Springer-Verlag
- Florian Schäffer: AVR-Hardware und C-Programmierung in der Praxis, Elektor-Verlag.

Experimentalphysik I					EP I
Studiensem. 1	Regelstudiensem. 1.	Turnus WS	Dauer 1 Semester	SWS 8	ECTS-Punkte 10
Modulverantwortliche/r		Eschner			
Dozent/inn/en		1 Hochschullehrer(in) der Experimentalphysik 1 studentischer oder promovierter Betreuer pro Übungsgruppe			
Zuordnung zum Curriculum		Bachelor Quantum Engineering, Experimentalphysik			
Zugangsvoraussetzungen		Keine formalen Voraussetzungen.			
Leistungskontrollen / Prüfungen		Eine benotete Klausur (auch in zwei Teilklausuren möglich) oder mündliche Prüfung. Prüfungsvorleistung: Erfolgreiche Bearbeitung der Übungsaufgaben.			
Lehrveranstaltungen / SWS		<ul style="list-style-type: none"> • Vorlesung „Experimentalphysik I“ (Mechanik, Schwingungen und Wellen) • Vorlesung und Präsenzübung "Mathematische Ergänzungen" • Übung zur Vorlesung (max. Gruppengröße: 15) 		<p>4 SWS / 4 CP</p> <p>2 SWS / 2 CP</p> <p>2 SWS / 4 CP</p>	
Arbeitsaufwand		<ul style="list-style-type: none"> • Präsenzzeit Vorlesung 15 Wochen à 4 SWS • Präsenzzeit Vorlesung und Präsenzübung 15 Wochen à 2 SWS • Präsenzzeit Übung 15 Wochen à 2 SWS • Vor- und Nachbereitung Vorlesung, Bearbeitung der Übungsaufgaben, Klausur- oder Prüfungsvorbereitung 		<p>60 Stunden</p> <p>30 Stunden</p> <p>30 Stunden</p> <p>180 Stunden</p> <p>-----</p> <p>Summe</p> <p>300 Stunden</p>	
Modulnote		Mittelwert aus den Noten der Teilklausuren/Note der Klausur bzw. der mündlichen Prüfung			

Lernziele/Kompetenzen:

- Erwerb von Grundkenntnissen zur klassischen Mechanik sowie Schwingungen und Wellen unter experimentell-phänomenologischen Gesichtspunkten
- Kennenlernen grundlegender Begriffe, Phänomene, Konzepte und Methoden
- Vermittlung eines Überblicks der historischen Entwicklung und moderner Anwendungen
- Einüben elementarer Techniken wissenschaftlichen Arbeitens, insbesondere der Fähigkeit, physikalische Problemstellungen durch Anwendung mathematischer Formalismen selbständig zu lösen
- Übersicht über relevante Rechentechniken

Inhalt

- Klassische Mechanik: Messen und Maße, Vektoren, Newtonsche Axiome, Punktmechanik, Potentialbegriff, Planetenbewegung, Bezugssysteme, Relativitätsmechanik, Mechanik des starren Körpers, Mechanik von Festkörpern (Elastizität, Plastizität) und Flüssigkeiten
- Schwingungen und Wellen: Harmonischer Oszillator; freie, gedämpfte und getriebene Schwingung; gekoppelte Schwingungen, Schwebungen und Gruppengeschwindigkeit, Wellenbewegung in Medien, Energietransport und Energiedichte einer Welle
- Mathematische Ergänzungen: Behandlung und Einübung der im Rahmen der Mechanik benötigten Rechentechniken

Weitere Informationen

Allgemeines:

- Mit dem Modul beginnt das Physik-Studium im Wintersemester. Der Besuch des Vorkurses, der Oberstufen-Schulmathematik studienvorbereitend aufarbeitet, wird empfohlen (jeweils im September/Oktober vor Beginn der Vorlesungen).
- Die Modulveranstaltungen sind aufeinander und mit dem Physikalischen Grundpraktikum abgestimmt.
- Inhaltlich wird vorausgesetzt: Wissensstand mindestens gemäß guten Leistungen in Grundkursen Physik und Mathematik.

Literaturhinweise:

Die Veranstaltungen folgen keinem bestimmten Lehrbuch. Zu Beginn der Veranstaltung wird unterstützende Literatur bekannt gegeben.

Folgende beispielhafte Standardwerke sind zu empfehlen:

Experimentalphysik I

- W. Demtröder, *Experimentalphysik 1*, aktuelle Auflage, Springer Verlag.
- Halliday, Resnik, Walker, Koch: *Physik*, Verlag Wiley-VCH, 1. Auflage, 2005.
- Dransfeld, Kienle, Kalvius: *Physik1: Mechanik und Wärme*; Oldenbourg-Verlag, 10. Auflage, 2005
- Meschede: *Gerthsen Physik*, Springer Verlag, 23. Auflage, 2006.
- Bergmann-Schäfer, *Lehrbuch der Experimentalphysik, Bd. 1, Mechanik, Akustik, Wärme*; Gruyter-Verlag, 11. Auflage, 1998
- *Berkeley Physik Kurs, Bd. 1, Mechanik*; Springer Verlag, 5. Auflage, 1991
- *Feynman Vorlesungen über Physik, Bd. 1, Mechanik, Strahlung und Wärme (4. Auflage, 2001)*;
- P.A. Tipler, R.A. Llewelyn, *Moderne Physik*, 1. Auflage, Oldenbourg Verlag, 2003.

Experimentalphysik II: Elektromagnetismus					EP II
Studiensem. 2.	Regelstudiensem. 2.	Turnus SS	Dauer 1 Semester	SWS 6	ECTS-Punkte 8

Modulverantwortliche/r	Jacobs	
Dozent/inn/en	1 Hochschullehrer(in) der Experimentalphysik 1 studentischer Betreuer pro Übungsgruppe	
Zuordnung zum Curriculum	Bachelor Quantum Engineering, Experimentalphysik	
Zugangsvoraussetzungen	Keine formalen Voraussetzungen. Inhaltliche Voraussetzungen: grundlegende Kenntnisse aus dem Modul Experimentalphysik I	
Leistungskontrollen / Prüfungen	Prüfungsvorleistung: erfolgreiche Bearbeitung der Übungsaufgaben. (Bekanntgabe der genauen Regelung zu Beginn der Lehrveranstaltung)	
	Eine benotete Klausur oder mündliche Prüfung.	
Lehrveranstaltungen / SWS	<ul style="list-style-type: none"> • Vorlesung 4 SWS / 4 CP • Übung zur Vorlesung (max. Gruppengröße: 15) 2 SWS / 4 CP 	
Arbeitsaufwand	<ul style="list-style-type: none"> • Präsenzzeit Vorlesung 15 Wochen à 4 SWS 60 Stunden • Präsenzzeit Übung 15 Wochen à 2 SWS 30 Stunden • Vor- und Nachbereitung Vorlesung 15 Wochen à 2 SWS 30 Stunden • Bearbeitung der Übungsaufgaben 15 Wochen à 6 SWS 90 Stunden • Klausur- oder Prüfungsvorbereitung 30 Stunden <p>-----</p> <p>Summe 240 Stunden</p>	
Modulnote	Note der Klausur bzw. der mündlichen Prüfung	

Lernziele/Kompetenzen:

- Erwerb von Grundkenntnissen zur Elektrizitätslehre und Magnetismus
- Erwerb eines Überblicks der historischen Entwicklung und moderner Anwendungen
- Kenntnis von Schlüsselexperimenten und experimentellen Techniken/Messmethoden
- Herstellen des Zusammenhangs zwischen den theoretischen Begriffen und Resultaten mit experimentellen Ergebnissen
- Einüben elementarer Techniken wissenschaftlichen Arbeitens, insbesondere der Fähigkeit, physikalischer Problemstellungen durch Anwendung mathematischer Formalismen selbständig zu lösen

Inhalt

- Elektrostatik
- Elektrischer Strom und Magnetismus
- Maxwell-Gleichungen
- Elektromagnetische Schwingungen und Wellen
- elektrotechnische Anwendungen
- Behandlung und Einübung der im Rahmen der Elektrizitätslehre benötigten Rechentechniken (auf den Vorlesungsverlauf verteilt)

Weitere Informationen

Literaturhinweise:

- D. Halliday, R. Resnik, J. Walker, Koch: *Halliday Physik*, Verlag Wiley-VCH, 2. Auflage, 2009.
- P.A. Tipler, R.A. Llewelyn, *Moderne Physik*, 1. Auflage, Oldenbourg Verlag, 2003.
- D. Halliday, R. Resnick, J. Walker, *Halliday Physik Bachelor-Edition*, Verlag Wiley-VCH, 1. Auflage 2007
- H. Daniel, *Physik I: Mechanik/Akustik/Wellen*, de Gruiter, 1997; H. Daniel, *Physik II: Elektrodynamik – relativistische Physik*, de Gruiter, 1997
- K. Dransfeld, P. Kienle, G.M. Kalvius, *Physik I: Mechanik und Wärme*; Oldenbourg-Verlag, 10. Auflage, 2005; K. Dransfeld, P. Kienle, *Physik II: Elektrodynamik*; Oldenbourg-Verlag, 6. Auflage, 2002.
- D.G. Giancoli, *Physik*, 3. Auflage, Pearson Studium, 2006
- R. Weber, *Physik Teil I: Klassische Physik – Experimentelle und theoretische Grundlagen*, Tebner Verlag, 1. Auflage 2007.
- D. Meschede, *Gerthsen Physik*, Springer Verlag, 23. Auflage, 2006.
- Bergmann-Schäfer, *Lehrbuch der Experimentalphysik*, Bd.1, *Mechanik, Akustik, Wärme*; Gruyter-Verlag, 12. Auflage, 2008; *Lehrbuch der Experimentalphysik*, Bd. 2. *Elektromagnetismus*; Gruyter-Verlag; 9. Auflage, 2006.
- C. Kittel, W.D. Knight, M.A. Ruderman, A.C. Helmholz, B.J. Moyer, *Berkeley Physik Kurs*, Bd. 1, *Mechanik*, 5. Auflage 1994, E. M. Purcell, *Berkeley Physik Kurs*, Bd. 2, *Elektrizität und Magnetismus*, Vieweg Verlag, 4. Auflage, 1989.
- R.P. Feynman, R.B. Leighton, M. Sands, *Feynman-Vorlesungen über Physik*, Bd.1, *Mechanik, Strahlung, Wärme*, Oldenbourg Verlag, 5. Auflage, 2007; Bd.2, *Elektromagnetismus und Struktur der Materie*, Oldenbourg Verlag, 5. Auflage, 2007
- W. Demtröder, "Experimentalphysik 2", 3. Auflage, Springer Verlag, 2004, ISBN 3-540-20210-2.

Optik/Thermodynamik					
Studiensem.	Regelstudiensem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS-Punkte
3.	3	WS	1 Semester	4	5

Modulverantwortliche/r	Becher				
Dozent/inn/en	1 Hochschullehrer(in) der Experimentalphysik 1 student. Betreuer pro Übungsgruppe				
Zuordnung zum Curriculum	Bachelor Quantum Engineering, Experimentalphysik				
Zugangsvoraussetzungen	Keine formalen Voraussetzungen. Inhaltliche Voraussetzungen: Kenntnisse aus den Modulen Experimentalphysik I und Elektromagnetismus				
Leistungskontrollen / Prüfungen	Prüfungsvorleistung: Optik/Thermodynamik: erfolgreiche Bearbeitung der Aufgaben in den Übungen (Bekanntgabe der genauen Regelung zu Beginn der Lehrveranstaltung)				
	Klausur oder mündliche Prüfung:				
Lehrveranstaltungen / SWS	• Vorlesung				3 SWS
	• Übung zur Vorlesung (max. Gruppengröße: 15)				1 SWS
Arbeitsaufwand	• Präsenzzeit Vorlesung 15 Wochen à 3 SWS				45 Stunden
	• Präsenzzeit Übung 15 Wochen à 1 SWS				15 Stunden
	• Vor- und Nachbereitung Vorlesung, Bearbeitung der Übungsaufgaben, Klausur- oder Prüfungsvorbereitung				90 Stunden

	Summe				150 Stunden (5 CP)
Modulnote	benotete Prüfung				

Lernziele/Kompetenzen:

- Erwerb von Grundkenntnissen zur Optik und Thermodynamik
- Vermittlung eines Überblicks der historischen Entwicklung und moderner Anwendungen
- Kenntnis von Schlüsselexperimenten und experimentellen Techniken/Messmethoden
- Herstellen des Zusammenhangs zwischen den theoretischen Begriffen und Resultaten mit experimentellen Ergebnissen
- Einüben elementarer Techniken wissenschaftlichen Arbeitens, insbesondere der Fähigkeit, physikalische Problemstellungen durch Anwendung mathematischer Formalismen selbstständig zu lösen

Inhalt

- Elektromagnetische Wellen in Materie
- Geometrische Optik
- Optische Instrumente
- Kohärenz, Interferenz und Beugung
- Grundlagen des Lasers
- Temperatur, Wärmetransport, kinetische Gastheorie, ideale Gase, Hauptsätze der Thermodynamik, Kreisprozesse
- kinetische Theorie der Wärme, Brownsche Molekularbewegung, Boltzmann-Verteilung, Wärmeleitung und Diffusion
- Einführung in die Statistische Physik
- Strahlungsgesetze, Hohlraumstrahlung

Weitere Informationen

Inhaltlich wird auf die Modul(element)e der ersten beiden Semester aufgebaut

Literaturhinweise:

- Meschede: *Gerthsen Physik*, Springer Verlag, 25. Auflage, 2015, ISBN 978-3-662-45976-
- P.A. Tipler, G. Mosca, "Physik", 7. Auflage, Springer Verlag, 2015, ISBN: 978-3-642-54165-0
- W. Demtröder, "Experimentalphysik 1", 7. Auflage, Springer Verlag, 2015, , ISBN 978-3-662-46414-4.
- W. Demtröder, "Experimentalphysik 2", 7. Auflage, Springer Verlag, 2017, ISBN 978-3-662-55789-1
- W. Demtröder, "Experimentalphysik 3", 5. Auflage, Springer Verlag, 2016, ISBN 978-3-662-49093-8.
- E. Hecht, "Optik", 7. Auflage, De Gruyter Verlag, 2018, ISBN 978-3110526646.
- P.A. Tipler, R.A. Llewelyn, "Moderne Physik", 2. Auflage, Oldenbourg Verlag, 2010, ISBN: 3-486-58275-8.

Quantenphysik/Atomphysik					
Studiensem.	Regelstudiensem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS-Punkte
4.	4	SS	1 Semester	5	6

Modulverantwortliche/r	Becher				
Dozent/inn/en	1 Hochschullehrer(in) der Experimentalphysik 1 student. Betreuer pro Übungsgruppe				
Zuordnung zum Curriculum	Bachelor Quantum Engineering, Experimentalphysik				
Zugangsvoraussetzungen	Keine formalen Voraussetzungen. Inhaltliche Voraussetzungen: Kenntnisse aus den Modulen Experimentalphysik I, Elektromagnetismus und Optik und Thermodynamik				
Leistungskontrollen / Prüfungen	Prüfungsvorleistung: erfolgreiche Bearbeitung der Aufgaben in den Übungen (Bekanntgabe der genauen Regelung zu Beginn der Lehrveranstaltung)				
	Klausur oder mündliche Prüfung:				
Lehrveranstaltungen / SWS	<ul style="list-style-type: none"> • Vorlesung 4 SWS • Übung zur Vorlesung (max. Gruppengröße: 15) 1 SWS 				
Arbeitsaufwand	<ul style="list-style-type: none"> • Präsenzzeit Vorlesung 15 Wochen à 4 SWS 60 Stunden • Präsenzzeit Übung 15 Wochen à 1 SWS 15 Stunden • Vor- und Nachbereitung Vorlesung, Bearbeitung der Übungsaufgaben, Klausur- oder Prüfungsvorbereitung 105 Stunden 				

	Summe 180 Stunden (6 CP)				
Modulnote	benotete Prüfung				

Lernziele/Kompetenzen:

- Erwerb von Grundkenntnissen zur Quanten- und Atomphysik
- Vermittlung eines Überblicks der historischen Entwicklung und moderner Anwendungen
- Kenntnis von Schlüsselexperimenten und experimentellen Techniken/Messmethoden
- Herstellen des Zusammenhangs zwischen den theoretischen Begriffen und Resultaten mit experimentellen Ergebnissen
- Einüben elementarer Techniken wissenschaftlichen Arbeitens, insbesondere der Fähigkeit, physikalische Problemstellungen durch Anwendung mathematischer Formalismen selbstständig zu lösen

Inhalt

- Atomarer Aufbau der Materie
- Licht als Teilchen
- Materiewellen
- Einzelteilchenexperimente und Statistische Deutung
- Atomspektren und Atommodelle
- Schrödinger-Gleichung und einfache Potentiale
- H-Atom
- Spin
- Atome in magnetischen und elektrischen Feldern

Weitere Informationen

Inhaltlich wird auf die Modul(element)e der ersten beiden Semester aufgebaut

Literaturhinweise:

- Meschede: Gerthsen Physik, Springer Verlag, 25. Auflage, 2015, ISBN 978-3-662-45976-824.
- P.A. Tipler, R.A. Llewelyn, "Moderne Physik", 2. Auflage, Oldenbourg Verlag, 2010, ISBN: 3-486-58275-8.
- W. Demtröder, "Experimentalphysik 3", 5. Auflage, Springer Verlag, 2016, ISBN 978-3-662-49093-8.
- H. Haken, H.C. Wolf, „Atom- und Quantenphysik“, 8. Auflage, Springer Verlag, 2004, ISBN 3-540-02621-5.
- T. Mayer-Kuckuk, „Atomphysik“, 5. Auflage, Teubner Verlag, 1997, ISBN: 3-519-43042-8.
- Feynman, *Vorlesungen über Physik, Bd.3, Quantenmechanik (4. Auflage 1999)*; Oldenbourg Verlag.
- I.V. Hertel, C.-P. Schulz, "Atome, Moleküle und optische Physik 1", 2. Auflage, Springer Verlag, 2017, ISBN 978-3-662-53103-7.

Festkörperphysik I					
Studiensem.	Regelstudiensem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS-Punkte
5.	5	WS	1 Semester	3	4

Modulverantwortliche/r	Professoren der Experimentalphysik		
Dozent/inn/en	1 Hochschullehrer(in) der Experimentalphysik 1 student. Betreuer pro Übungsgruppe		
Zuordnung zum Curriculum	Bachelor Quantum Engineering, Experimentalphysik		
Zugangsvoraussetzungen	Keine formalen Voraussetzungen.		
Leistungskontrollen / Prüfungen	Prüfungsvorleistung: erfolgreiche Bearbeitung der Aufgaben in den Übungen (Bekanntgabe der genauen Regelung zu Beginn der Lehrveranstaltung) Klausur oder mündliche Prüfung		
Lehrveranstaltungen / SWS	<ul style="list-style-type: none"> • Vorlesung • Übung zur Vorlesung (max. Gruppengröße: 15) 	2 SWS 1 SWS	
Arbeitsaufwand	<ul style="list-style-type: none"> • Präsenzzeit Vorlesung 15 Wochen à 2 SWS • Präsenzzeit Übung 15 Wochen à 1 SWS • Vor- und Nachbereitung Vorlesung, Bearbeitung der Übungsaufgaben, Klausur- oder Prüfungsvorbereitung 	30 Stunden 15 Stunden 75 Stunden ----- Summe	120 Stunden (4 CP)
Modulnote	benotete Prüfung		

Lernziele/ Kompetenzen:

- Erwerb von Grundkenntnissen zur Festkörperphysik
- Vermittlung eines Überblicks der historischen Entwicklung und moderner Anwendungen
- Vermittlung wissenschaftlicher Methodik, insbesondere der Fähigkeit, einschlägige Probleme quantitativ mittels mathematischer Formalismen zu behandeln und selbstständig zu lösen
- Kennenlernen von Schlüsselexperimenten und experimentellen Techniken/Messmethoden
- Einüben elementarer Techniken wissenschaftlichen Arbeitens, insbesondere der Fähigkeit, physikalische Problemstellungen durch Anwendung mathematischer Formalismen selbstständig zu lösen

Inhalt

- Struktur der Kristalle
- Bindungen
- Phononen
- thermische Eigenschaften
- Bose-Einstein- und Fermi-Dirac-Verteilung
- Freies Elektronengas
- Bändermodell

Weitere Informationen

Inhaltlich wird auf die Module EP I, Elektromagnetismus, Optik und Thermodynamik sowie Quanten- und Atomphysik aufgebaut.

Literaturhinweise:

- Demtröder: Experimentalphysik IV
- Kittel: Festkörperphysik
- Ashcroft, Mermin: Festkörperphysik
- Kopitzi: Einführung in die Festkörperphysik
- Bergmann, Schäfer: Experimentalphysik Bd. 6 – Festkörper
- Ibach/Lüth: Festkörperphysik.

Während der Vorlesung werden weitere Werke genannt. Neben der Vorlesungsmitschrift wird grundsätzlich keine weitere Literatur zwingend benötigt

Theoretische Physik II – Elektrodynamik					TP II
Studiensem.	Regelstudiensem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS-Punkte
3.	3.	WS	1 Semester	6	8

Modulverantwortliche/r	Morigi	
Dozent/inn/en	Hochschullehrer(innen) der theoretischen Physik	
Zuordnung zum Curriculum	Pflicht	
Zugangsvoraussetzungen	Keine formalen Voraussetzungen. Inhaltlich werden die werden die Module „Mathematischen Methoden der Physik“ und „Theoretische Physik I“ vorausgesetzt.	
Leistungskontrollen / Prüfungen	Klausur oder mündliche Prüfung Prüfungsvorleistung: Erfolgreiche Bearbeitung der Übungsaufgaben.	
Lehrveranstaltungen / SWS	<ul style="list-style-type: none"> • 1 Vorlesung (4 SWS) • 1 Übung (2 SWS) 	
Arbeitsaufwand	<ul style="list-style-type: none"> • Präsenzzeit Vorlesung 15 Wochen à 4 SWS • Präsenzzeit Übung 15 Wochen à 2 SWS • Vor- und Nachbereitung Vorlesung, Bearbeitung der Übungsaufgaben, Klausur- oder Prüfungsvorbereitung 	<p>60 Stunden</p> <p>30 Stunden</p> <p>150 Stunden</p> <p>-----</p> <p>Summe 240 Stunden</p>

Modulnote Aus der Klausurnote bzw. der Note der mündlichen Prüfung

Lernziele / Kompetenzen

- Theoretische Beschreibung von elektromagnetischen Feldern und Wechselwirkungen
- Einführung in die Methoden der klassischen Feldtheorie
- Verständnis des Beitrags der Theoretischen Physik zu Begriffsbildung und Begriffsgeschichte
- Verständnis der wichtigsten Arbeitsstrategien und Denkformen der theoretischen Physik

Inhalt

- Mathematische Methoden der Elektrodynamik
- Maxwellgleichungen
- Elektrostatik, Magnetostatik
- Elektrodynamik von Teilchen und Feldern
- Elektrodynamik in Materie
- Spezielle Relativitätstheorie

Weitere Informationen

Literatur:

- J.D. Jackson, Klassische Elektrodynamik, de Gruyter, 2006
- T. Fließbach, Elektrodynamik, Spektrum Akademischer Verlag, 2004
- W. Nolting, Grundkurs Theoretische Physik 3, Springer, 2004

Theoretische Physik III – Quantenphysik und statistische Physik: Grundlegende Konzepte					TP III
Studiensem.	Regelstudiensem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS-Punkte
4.	4.	SS	1 Semester	6	8

Modulverantwortliche/r	Santen
Dozent/inn/en	Hochschullehrer(innen) der Theoretischen Physik
Zuordnung zum Curriculum	Pflicht
Zugangsvoraussetzungen	Keine formalen Voraussetzungen. Inhaltlich baut der Kurs auf die Module TP I und TP II auf.
Leistungskontrollen / Prüfungen	Klausur oder mündliche Prüfung Prüfungsvorleistung: Erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben
Lehrveranstaltungen / SWS	<ul style="list-style-type: none"> • Vorlesung (4 SWS) • Übung (2 SWS)
Arbeitsaufwand	<ul style="list-style-type: none"> • Präsenzzeit Vorlesung 15 Wochen à 4 SWS 60 Stunden • Präsenzzeit Übung 15 Wochen à 2 SWS 30 Stunden • Vor- und Nachbereitung Vorlesung, Bearbeitung der Übungsaufgaben, Klausur- oder Prüfungsvorbereitung 150 Stunden <p>----- Summe 240 Stunden</p>
Modulnote	Aus der Klausurnote bzw. der Note der mündlichen Prüfung

Lernziele / Kompetenzen

- Überblick über die grundlegenden Konzepte, Methoden und Begriffe der theoretischen Quantenphysik und der statistischen Physik.
- Verständnis von physikalischen Gesetzen, die als Wahrscheinlichkeitsaussagen formuliert sind.
- Herstellen des Zusammenhangs zwischen den theoretischen Begriffen und Resultaten mit experimentellen Ergebnissen
- Verständnis des Beitrags der Theoretischen Physik zu Begriffsbildung und Begriffsgeschichte
- Verständnis der wichtigsten Arbeitsstrategien und Denkformen der Theoretischen Quantenmechanik und statistischen Physik

Inhalt

- Schrödingergleichung, Eigenzustände, zeitliche Entwicklung
- Eindimensionale Probleme
- Orts- u. Impulsdarstellung
- Allgemeiner Formalismus der Quantenmechanik, Messprozess
- Harmonischer Oszillator
- Unitäre Transformationen, Symmetrien
- Quantenmechanischer Drehimpuls, Wasserstoffatom
- Grundlagen der statistischen Mechanik
- Gleichgewichtsensemble
- Anschluss an die Thermodynamik
- Das klassische ideale Gas

Weitere Informationen

Literatur:

- C. Cohen-Tannoudji, B. Diu, F. Laloe, Quantenmechanik 1, de Gruyter, 1998
- W. Nolting, Grundkurs Theoretische Physik 5/1, Springer, 2003
- R. Shankar, Principles of Quantum Mechanics, Springer, 1994
- F. Schwabl, Quantenmechanik 1, Springer, 2004
- F. Schwabl, Statistische Mechanik, Springer, 2006
- W. Nolting, Grundkurs Theoretische Physik 6, Springer, 2004
- W. Brenig, Statistische Theorie der Wärme, Springer, 1992
- F. Reif und W. Muschnik, Statistische Physik und Theorie der Wärme, de Gruyter, 1987
- M. LeBellac, F. Mortessagne, G.G. Batrouni, Equilibrium and Non-Equilibrium Thermodynamics, Cambridge University Press, 2004

Nanostrukturphysik I					
Studiensem.	Regelstudiensem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS-Punkte
5.	5	WS	1 Semester	4	5

Modulverantwortliche/r	Professoren der Experimentalphysik	
Dozent/inn/en	1 Hochschullehrer(in) der Experimentalphysik 1 student. Betreuer pro Übungsgruppe	
Zuordnung zum Curriculum	Bachelor Quantum Engineering, Physikalische Wahlpflicht	
Zugangsvoraussetzungen	Keine formalen Voraussetzungen.	
Leistungskontrollen / Prüfungen	Prüfungsvorleistung: Nanostrukturphysik: erfolgreiche Bearbeitung der Aufgaben in den Übungen (Bekanntgabe der genauen Regelung zu Beginn der Lehrveranstaltung)	
	Klausur oder mündliche Prüfung: Nanostrukturphysik: eine Klausur oder mündliche Prüfung	
Lehrveranstaltungen / SWS	• Vorlesung „Nanostrukturphysik I“	4 SWS
Arbeitsaufwand	• Präsenzzeit Vorlesung 15 Wochen à 4 SWS	60 Stunden
	• Vor- und Nachbereitung Vorlesung, Bearbeitung der Übungsaufgaben, Klausur- oder Prüfungsvorbereitung	120 Stunden
	----- Summe	180 Stunden (6 CP)
Modulnote	benotete Prüfungen	

Lernziele/ Kompetenzen:

- Erwerb von Grundkenntnissen zur Nanostrukturphysik
- Vermittlung eines Überblicks der historischen Entwicklung und moderner Anwendungen
- Vermittlung wissenschaftlicher Methodik, insbesondere der Fähigkeit, einschlägige Probleme quantitativ mittels mathematischer Formalismen zu behandeln und selbstständig zu lösen
- Kennenlernen von Schlüsselexperimenten und experimentellen Techniken/Messmethoden
- Einüben elementarer Techniken wissenschaftlichen Arbeitens, insbesondere der Fähigkeit, physikalische Problemstellungen durch Anwendung mathematischer Formalismen selbstständig zu lösen

Inhalt

Die Vorlesung bietet eine elementare Einführung in verschiedene Bereiche der Nanostrukturforschung und Nanotechnologie. Ausgehend von einer Diskussion technischer Entwicklungen vor einigen Jahrzehnten über Ansätze aus der Mikroelektronik und Mikrosystemtechnik werden im Detail die Anfänge der Nanotechnologie, beginnend mit den frühen 80iger Jahren des vorigen Jahrhunderts, diskutiert. Im Detail werden Phänomene behandelt, bei denen physikalische Eigenschaften auf reduzierte geometrische Abmessungen zurückzuführen sind. Einen breiten Raum nehmen auch Verfahren zur Manipulation und Analyse von Materie auf Nanometerskala ein. Der interdisziplinäre Charakter der Nanotechnologie wird anhand ihrer Bezüge zur Chemie, Biologie und Medizin sowie zu den Ingenieurwissenschaften hervorgehoben. Schließlich werden die unterschiedlichsten technischen Anwendungsfelder, die bereits heute von Relevanz sind oder zukünftig von Relevanz sein werden, diskutiert, und es wird ein kleiner Überblick über sozioökonomische Folgen der Nanotechnologie gegeben.

Weitere Informationen

Inhaltlich wird auf die Module Experimentalphysik I, Elektromagnetismus, Optik und Thermodynamik sowie Quanten- und Atomphysik aufgebaut.

Literaturhinweise:

- Demtröder: Experimentalphysik IV
- Kittel: Festkörperphysik
- Ashcroft, Mermin: Festkörperphysik
- Kopitzi: Einführung in die Festkörperphysik
- Bergmann, Schäfer: Experimentalphysik Bd. 6 – Festkörper
- E.L. Wolf, Nanophysics and Nanotechnology, Wiley-VCH, 2004
- U. Hartmann, Nanotechnologie, Spektrum/Elsevier, 2006
- Ibach/Lüth: Festkörperphysik.

Während der Vorlesung werden weitere Werke genannt. Neben der Vorlesungsmitschrift wird grundsätzlich keine weitere Literatur zwingend benötigt

Modul Einführung in die Quanteninformationsverarbeitung					Abk. QIV
Studiensem. 5	Regelstudiensem. 5	Turnus jährlich	Dauer 1 Sem	SWS 4	ECTS-Punkte 5

Modulverantwortliche/r	Wilhelm-Mauch	
Dozent/inn/en	Wilhelm-Mauch, Morigi	
Zuordnung zum Curriculum	Bachelor Quantum Engineering, Physikalische Wahlpflicht	
Zulassungsvoraussetzungen	Keine formalen Voraussetzungen	
Leistungskontrollen / Prüfungen	Mündliche Prüfung oder Klausur Teilnahmevoraussetzung: Bearbeitung der Übungsaufgaben.	
Lehrveranstaltungen / SWS	3 SWS Vorlesungen, 1 SWS Übung	
Arbeitsaufwand	<ul style="list-style-type: none"> • Präsenzzeit Vorlesungen 15 Wochen à 3 SWS 45 Stunden Präsenzzeit Übung 15 Wochen à 1 SWS 15 Stunden • Vor- und Nachbereitung Vorlesung, Bearbeitung der Übungsaufgaben, Klausur- oder Prüfungsvorbereitung 90 Stunden 	150 Stunden
Modulnote	Mittelwert der Noten aus den Klausuren bzw. mündlichen Prüfungen	

Lernziele/Kompetenzen

Verständnis wichtiger Quantenalgorithmen und –protokolle
Fähigkeit zur Analyse und Beschreibung der Dynamik offener Quantensysteme sowie der zugehörigen Fehlerkorrektur
Fähigkeit zur Analyse von Kandidaten zur physikalischen Realisierung von Quantencomputern
Fähigkeit zum Verständnis von Originalliteratur in diesem Gebiet

Inhalt

Struktur der Quantentheorie unter Informationsgesichtspunkten, Verschränkung, gemischte Zustände
Elementare quantenmechanische Logikgatter und Algorithmen
Quantenteleportation und Quantenkommunikation
Offene Quantensysteme, Quantenkanäle, Theorie der Quantenfehlerkorrektur
Elementare Theorie der Quantenmessung
Ausgewählte Kandidaten für die physikalische Realisierung von Quantencomputern

Weitere Informationen :

Unterrichtssprache: deutsch oder englisch

Literaturhinweise:

J. Stolze, D. Suter: Quantum Computing
P. Kaye, R. Laflamme, M. Mosca: An Introduction to Quantum Computing
G. Benenti, G. Casati, G. Strini: Principles of Quantum Computation and Information (Vol. I+II)
M. Nielsen, I. Chuang: Quantum Computation and Quantum Information
M. Nakahara, T. Ohmi: Quantum Computing from Linear Algebra to Physical Realizations
N.D. Mermin: Quantum Computer Science: An Introduction

Physikalisches Grundpraktikum Ia					GP Ia
Studiensem. 1.	Regelstudiensem. 1.	Turnus WS	Dauer 1 Semester	SWS 2	ECTS-Punkte 2

Modulverantwortliche/r	Wagner			
Dozent/inn/en	Tschöpe, Wolf, John 1 Betreuer(in) pro Praktikumsgruppe			
Zuordnung zum Curriculum	Bachelor Quantum Engineering, Phys. Praktika			
Zugangsvoraussetzungen	Keine formalen Voraussetzungen			
Leistungskontrollen / Prüfungen	<ul style="list-style-type: none"> • Praktikum: für jeden Versuch Eingangsgespräch mit Versuchsbetreuer, Durchführung und Protokollierung, Versuchsauswertung und Testat, Abschlussgespräch mit dem Versuchsbetreuer 			
Lehrveranstaltungen / SWS [ggf. max. Gruppengröße]	<ul style="list-style-type: none"> • Physikalisches Grundpraktikum Ia (Gruppengröße: 2) 			2SWS
Arbeitsaufwand	Physikalisches Grundpraktikum Ia			
	Durchführung der Versuche			16Stunden
	Vorbereitung und Auswertung			44 Stunden
	Summe			----- 60 Stunden
Modulnote	unbenotet			

Lernziele/Kompetenzen:

- Vertiefung des Verständnisses ausgewählter physikalischer Konzepte und Theorien aus verschiedenen Bereichen der Physik durch das Experiment
- Kennenlernen von Schlüsselexperimenten und experimentellen Techniken/Messmethoden
- Kennenlernen verschiedener Instrumente und Messverfahren zur Durchführung verlässlicher Messungen sowie der Anwendung von PCs zur Experimentsteuerung und Datenerfassung
- Lernen, wie und mit welcher Genauigkeit mit einem vorgegebenen Versuchsaufbau und Messinstrumenten Messungen durchgeführt werden
- Einüben der Fähigkeit, ein genaues und vollständiges Versuchsprotokoll zu führen
- Fähigkeit, Daten mathematisch zu analysieren (Kurvenanpassung, Fehlerrechnung), wesentliche funktionale Zusammenhänge graphisch darzustellen und Messergebnisse zu beurteilen

Inhalt

Einführung in Statistik und Messunsicherheiten
Drei Versuche zur Messwerterfassung, Protokollierung und erste Schritte in der wissenschaftlichen Auswertung.

Literaturhinweise:

Eine aktuelle Liste der Praktikumsversuche sowie Versuchsanleitungen und Literaturangaben zu den Versuchen finden sich unter

<https://grundpraktikum.physik.uni-saarland.de/>

Anmeldung:

Eine Anmeldung zum Grundpraktikum ist jeweils vor Semesterbeginn erforderlich unter

<https://grundpraktikum.physik.uni-saarland.de/>

Physikalisches Grundpraktikum Ib					GP Ib
Studiensem. 2.	Regelstudiensem. 2.	Turnus SS	Dauer 1 Semester	SWS 3	ECTS-Punkte 5

Modulverantwortliche/r	Wagner	
Dozent/inn/en	Tschöpe, Wolf, John 1 Betreuer(in) pro Praktikumsgruppe	
Zuordnung zum Curriculum	Bachelor Quantum Engineering, Phys. Praktika	
Zugangsvoraussetzungen	Keine formalen Voraussetzungen	
Leistungskontrollen / Prüfungen	• Praktikum: für jeden Versuch Eingangsgespräch mit Versuchsbetreuer, Durchführung und Protokollierung, Versuchsauswertung und Testat, Abschlussgespräch mit dem Versuchsbetreuer	
Lehrveranstaltungen / SWS [ggf. max. Gruppengröße]	• Physikalisches Grundpraktikum Ib (Gruppengröße: 2)	3 SWS
Arbeitsaufwand	Physikalisches Grundpraktikum Ib	
	Durchführung der Versuche	28 Stunden
	Vorbereitung und Auswertung	122 Stunden
	Summe	----- 150 Stunden
Modulnote	Unbenotet	

Lernziele/Kompetenzen:

- Vertiefung des Verständnisses ausgewählter physikalischer Konzepte und Theorien aus verschiedenen Bereichen der Physik durch das Experiment
- Kennenlernen von Schlüsselexperimenten und experimentellen Techniken/Messmethoden
- Kennenlernen verschiedener Instrumente und Messverfahren zur Durchführung verlässlicher Messungen sowie der Anwendung von PCs zur Experimentsteuerung und Datenerfassung
- Lernen, wie und mit welcher Genauigkeit mit einem vorgegebenen Versuchsaufbau und Messinstrumenten Messungen durchgeführt werden
- Einüben der Fähigkeit, ein genaues und vollständiges Versuchsprotokoll zu führen
- Fähigkeit, Daten mathematisch zu analysieren (Kurvenanpassung, Fehlerrechnung), wesentliche funktionale Zusammenhänge graphisch darzustellen und Messergebnisse zu beurteilen

Inhalt

Sieben Versuche aus dem Bereich der Mechanik und der Radioaktivität.

Literaturhinweise:

Eine aktuelle Liste der Praktikumsversuche sowie Versuchsanleitungen und Literaturangaben zu den Versuchen finden sich unter
<https://grundpraktikum.physik.uni-saarland.de/>

Anmeldung:

Eine Anmeldung zum Grundpraktikum ist jeweils vor Semesterbeginn erforderlich unter
<https://grundpraktikum.physik.uni-saarland.de/>

Fortgeschrittenenpraktikum für Quantum Engineering I					FP QE
Studiensem.	Regelstudiensem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS-Punkte
6.	6	WS+SS	1 Semester	3	6
Modulverantwortliche/r	Birringer/Hartmann				
Dozent/inn/en	1 Praktikumsleiter 1 student. Betreuer pro Praktikumsgruppe				
Zuordnung zum Curriculum	Bachelor Quantum Engineering, Phys. Praktika				
Zugangsvoraussetzungen	Keine formalen Voraussetzungen.				
Leistungskontrollen / Prüfungen	Für jeden Versuch: Eingangsgespräch mit Versuchsbetreuer, Durchführung und Protokollierung der Versuche, Versuchsauswertung und Testat, Abschlussgespräch mit Versuchsbetreuer				
Lehrveranstaltungen / SWS	Phys. Praktikum für Fortgeschrittene (Gruppengröße: 2)				4 SWS / 6 CP
Arbeitsaufwand	Phys. Praktikum für Fortgeschrittene, Durchführung der Versuche				36 Stunden
	Vorbereitung und Auswertung				114 Stunden
	Blockseminar				5 Stunden
	Vorbereitung eines Vortrags über einen durchgeführten Versuch				25 Stunden
	Summe				180 Stunden
Modulnote	Unbenotet				

Lernziele/Kompetenzen

- Vertiefung des Verständnisses ausgewählter physikalischer Konzepte und Theorien durch das Experiment
- Kennenlernen von Schlüsselexperimenten und experimentellen Techniken/Messmethoden
- Kennenlernen moderner Instrumente und Messverfahren zur Durchführung verlässlicher Messungen sowie der Anwendung und Programmierung von PCs zur Steuerung und Datenerfassung
- Kennenlernen von und Arbeiten mit wissenschaftlichen Apparaturen, wie sie auch in der aktuellen Forschung eingesetzt werden.

Inhalt

- a) Teilnahme am LabVIEW Tutorial
- b) Durchführung von 2 Versuchen, zu wählen aus den Bereichen
 - Atom- und Molekülphysik
 - Festkörperphysik
 - Mikroskopiemethoden
 - Biophysik
- c) Vortrag über einen der durchgeführten Versuche am Ende des Semesters im Rahmen eines Blockseminars

Weitere Informationen

Inhaltlich wird auf die Module Experimentalphysik I, Elektromagnetismus, Optik und Thermodynamik und Quanten- und Atomphysik sowie dem Grundpraktikum I aufgebaut.

Allgemeines:

Fortgeschrittenenpraktikum: Eine aktuelle Liste der zur Verfügung stehenden Versuche sowie allgemeine Informationen findet sich unter <http://fopra.physik.uni-saarland.de/>

Anmeldung:

Eine Anmeldung bei den Praktikumsleitern ist jeweils zu Semesterbeginn erforderlich. Die Anmeldung erfolgt über ein Webformular, die Anmeldefrist beginnt jeweils zu Beginn der vorlesungsfreien Zeit für das nachfolgende Semester (Siehe <http://fopra.physik.uni-saarland.de/>)

Grundlagen der Elektrotechnik I					GdE
Studiensem. 1	Regelstudiensem. 1	Turnus WS	Dauer 1 Semester	SWS 3	ECTS-Punkte 5

Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. tech. Romanus Dyczij-Edlinger				
Dozent/inn/en	Prof. Dr. tech. Romanus Dyczij-Edlinger				
Zuordnung zum Curriculum	Bachelor Mechatronik, Pflicht Bachelor Mikrotechnologie und Nanostrukturen, Pflicht Bachelor Systems Engineering, Pflicht Bachelor Quantum Engineering, ing.-wis. Grundlagen				
Zulassungsvoraussetzungen	Keine formalen Voraussetzungen				
Leistungskontrollen / Prüfungen	benotete schriftliche Abschlussprüfung				
Lehrveranstaltungen / SWS	Grundlagen der Elektrotechnik I: 3 SWS, V2 Ü1				
Arbeitsaufwand	Grundlagen der Elektrotechnik I: Vorlesung + Übungen 15 Wochen 3 SWS Vor- und Nachbereitung Klausurvorbereitung				45 h 45 h 60 h
	Gesamt:				150 h
	30 h				
Modulnote	Benotete Prüfung				

Lernziele/Kompetenzen

Studierende kennen die grundlegenden Effekte, die elektromagnetischen Feldgrößen und deren physikalische Bedeutung, die Grundgesetze in integraler Darstellung sowie einfache Materialbeziehungen. Sie besitzen die Kompetenz, hieraus die Grundregeln elektrischer Netzwerke abzuleiten sowie die Felder, Energie und Kräfte einfacher Anordnungen mittels Symmetrie und Spiegelung bzw. virtueller Verschiebung zu berechnen.

Inhalt

- Physikalische Größen,
- elektrostatische Felder,
- elektrische Ströme,
- Magnetfelder stationärer Ströme,
- quasistationäre Magnetfelder

Weitere Informationen

Unterrichtssprache: Deutsch

Literatur:

Vorlesungsunterlagen, Übungsbeispiele und alte Klausuren unter

<https://www.uni-saarland.de/lehrstuhl/ite/lehre-de.html>

Pregla, R.: Grundlagen der Elektrotechnik. VDE Verlag, 2016.

Grundlagen der Elektrotechnik II					GdE
Studiensem.	Regelstudiensem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS-Punkte
2	2	SS	1 Semester	3	5

Modulverantwortliche/r	Prof. Dr.-Ing. M. Möller		
Dozent/inn/en	Prof. Dr.-Ing. M. Möller und Mitarbeiter		
Zuordnung zum Curriculum	Bachelor Systems Engineering, Ingenieurwiss. Grundlagen Bachelor Mechatronik, Pflicht Bachelor Mikrotechnologie und Nanostrukturen, Pflicht Bachelor Quantum Engineering, ing.-wis. Grundlagen		
Zulassungsvoraussetzungen	Keine formalen Voraussetzungen		
Leistungskontrollen / Prüfungen	benotete schriftliche Abschlussprüfung		
Lehrveranstaltungen / SWS	Grundlagen der Elektrotechnik II: 3 SWS, V2 Ü1		
Arbeitsaufwand	Grundlagen der Elektrotechnik II: Vorlesung + Übungen 15 Wochen 3 SWS		45 h
	Vor- und Nachbereitung		60 h
	Klausurvorbereitung		45 h
	Gesamt:		150 h
			30 h
Modulnote	benotete Prüfung		

Lernziele/Kompetenzen

Erlernen von Methoden zur Berechnung von Gleich- und Wechselstromschaltungen im Zeit und Frequenzbereich.

Inhalt

- Der elektrische Stromkreis
- Kirchhoffsche Gleichungen
- Grundlegende elektrische Bauelemente (R, L, C, M, Quellen)
- Grundsaltungen (Reihen-, Parallel-, Stern-Dreieck)
- Berechnung von Gleichstrom-Netzwerken
- Berechnung von zeitharmonischen Wechselstromnetzwerken
- Komplexwertige Leistung und Leistungsanpassung
- Berechnung von RC-, RL- Netzwerken im Zeitbereich

Weitere Informationen

Unterrichtssprache: Deutsch

Literatur:

Skriptum zur Vorlesung

E. Philippow Grundlagen der Elektrotechnik

W. Ameling Grundlagen der Elektrotechnik I - IV

G. Bosse Grundlagen der Elektrotechnik I-IV und Übungsbuch

Modul Mikrotechnologien - Mikrosystemtechnik					Abk.
Studiensem. 3	Regelstudiensem. 3	Turnus WS	Dauer 1 Semester	SWS 3	ECTS-Punkte 4

Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Andreas Schütze		
Dozent/inn/en	Prof. Dr. Andreas Schütze sowie Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Lehrstuhls Messtechnik		
Zuordnung zum Curriculum	Bachelor Systems Engineering, Modulgruppe Mikrosystemtechnik Bachelor Quantum Engineering, Wahlpflicht im Bereich ing.-wiss. Grundlagen für Quantentechnologien Bachelor Mikrotechnologie und Nanostrukturen, Pflichtlehrveranstaltung des Moduls ing.-wiss. Grundlagen		
Zulassungsvoraussetzungen	Keine formalen Voraussetzungen		
Leistungskontrollen / Prüfungen	benotete Klausur		
Lehrveranstaltungen / SWS	3 SWS, V2 Ü1		
Arbeitsaufwand	Vorlesung + Übungen 15 Wochen 3 SWS	45 h	
	Vor- und Nachbereitung Vorlesung und Übung	45 h	
	Klausurvorbereitung	30 h	
Modulnote	Klausurnote		

Lernziele/Kompetenzen

Erlangen von vertieften Grundkenntnissen in den Herstellungstechnologien für mikrotechnische Bauelemente und integrierte Mikrosysteme.
Erlernen und Verstehen von Grundkonzepten und systembedingten Grenzen für mikromechanische Bauelemente.
Kennenlernen typischer Bauelemente der Mikrosystemtechnik aus den Bereichen Mikrosensorik, Mikroaktorik und Mikrofluidik.

Inhalt

- Einführung, Marktübersicht
- Skalierungsgesetze
- Mikrotechnologien
 - Einführung, Technologieüberblick, Reinraumtechnik
 - Materialien der Mikrosystemtechnik, Kristallografie
 - Herstellung von kristallinem Silizium
 - Thermische Oxidation und Epitaxie
 - Schichtabscheidung: CVD (Chemical Vapor Deposition), PVD (Physical Vapor Deposition)
 - Dotiertechniken: Diffusion, Ionenimplantation, Annealing
 - Lithografie: Kontakt- und Proximity-Belichtung, Waferstepper, Lacktechnik
 - Nassätzen, Reinigen (isotrop, anisotrop, elektrochemisch)
 - Trockenätzen: Ionenstrahlätzen, Reaktives Ionenätzen, Plasmaätzen
 - Bulk-/Oberflächen-Mikromechanik
 - Weitere Technologien, z.B. LIGA-Verfahren, Abformtechniken
 - Waferbonden, Planarisierungstechniken

-
- Aufbau- und Verbindungstechniken

 - Mikromechanische Bauelemente
 - Passive mechanische Bauelemente
 - Übersicht Mikrosensorik
 - Prinzipien der Mikroaktork, insbesondere Elektrostatik, Piezoelektrik
 - Aktive mechanische Bauelemente (Schalter, Relais, etc.)
 - Fluidische Bauelemente und Aktoren (Ventile, Pumpen)
-

Weitere Informationen

Vorlesungsunterlagen (Folien) und Übungen werden begleitend im Internet zum Download bereit gestellt (<http://www.lmt.uni-saarland.de>).

Unterrichtssprache: deutsch

Literaturhinweise:

- begleitendes Material zur Vorlesung;

- Mescheder, Ulrich: „Mikrosystemtechnik - Konzepte und Anwendungen“
- Büttgenbach, Stephanus: „Mikromechanik - Einführung in Technologie und Anwendungen“
- Gerlach, Gerald; Dötzel, Wolfgang: „Grundlagen der Mikrosystemtechnik“
- Menz, Wolfgang; Mohr, Jürgen: „Mikrosystemtechnik für Ingenieure“
- M. Madou: „Fundamentals of Microfabrication“
(alle Bücher können am Lehrstuhl für Messtechnik nach Rücksprache eingesehen werden)

- Div. Journalpublikationen und Konferenzbände.

Physikalische Grundlagen					ENK
Studiensem. 3	Regelstudiensem. 3	Turnus jährlich	Dauer 1 Semester	SWS 4	ECTS-Punkte 6

Modulverantwortliche/r	Prof. Dr.-Ing. Michael Möller
Dozent/inn/en	Prof. Dr.-Ing. Michael Möller
Zuordnung zum Curriculum	Bachelor Mechatronik: Pflicht in Vertiefung Elektrotechnik und Mikrosystemtechnik Wahlpflicht in Vertiefung Mechatronische Systeme Bachelor Mikrotechnologie und Nanostrukturen, Pflicht Bachelor Quantum Engineering, Ing.-wis. Grundlagen
Zulassungsvoraussetzungen	Keine formalen Voraussetzungen
Leistungskontrollen / Prüfungen	Benotete Prüfungen Modulelementprüfungen
Lehrveranstaltungen / SWS	4 SWS
Arbeitsaufwand	Präsenzzeit Vorlesung und Übung 15 Wochen à 4 SWS zzgl. Vor- und Nachbereitung und Klausurvorbereitung insgesamt 180h
Modulnote	Benotete Prüfung

Lernziele/Kompetenzen

Verständnis des Aufbaus und der Eigenschaften von Halbleiterkristallen mit zugrundeliegenden Konzepten und Methoden zu deren Beschreibung. Verständnis und Konzepte zur Nutzung der Bandlücke für den Aufbau von Halbleiterbauelementen. Physikalische Beschreibung der Stromleitung in Halbleitern mittels 1D Drift-Diffusionsmodell. Ermittlung und Beschreibung elektrischer Eigenschaften von (n)pn- MS- und MIS-Übergängen, Übertragung der Erkenntnisse auf Schaltungsmodelle, Anwendung der Modelle und Modellreduktion.

Inhalt

- Grundlagen des Atomaufbaus, Atommodelle, Schrödingergleichung, Quantenzustände
- Bindungstypen, Bändermodell, Metall, Halbleiter, Isolator
- Zustände in Leitungs- und Valenzband, freie Elektronen, Fermikugel, Zustandsdichten
- Kristallaufbau, Bragg-Reflektion, reziprokes Gitter, Brillouin-Zonen, k-Raum, Bandlücke, Bandverläufe effekt. Masse
- Konzept der Löcher, Fermi-Dirac-Verteilungsfunktion, Ladungsträgerdichten, Effektive Zustandsdichten, Eigenleitung, Dotierung, Massenwirkungsgesetz
- Neutralitätsbedingung, Ermittlung der Fermi-Energie, Ladungsträgerdichten i. Abhängigkeit von der Temperatur
- Ladungsträger im Elektrischen Feld, Driftgeschwindigkeit, Driftstrom, Beweglichkeit, Ohmsches Gesetz, Gitterstreuung, Heiße Elektronen, Velocity Overshoot
- Diffusion von Ladungsträgern, Diffusionsstrom, Strom-Transportgleichungen, Kontinuitätsgleichung,
- Generations-/Rekombinationsprozesse , Direkter/Indirekter Übergang, Zeitlicher Abbau von Ladungsträgerdichte-störungen, Drift-Diffusions-Modell des Halbleiters
- Berechnung von Ladungsträgerdichten und Potentialen am pn-Übergang, Raumladungsweite, Bandverläufe, Auswirkung einer äußeren Spannung, Boltzmann Randbedingung
- Strom-Spannungskennlinie des pn-Übergangs, Lebensdauer und Diffusionslänge, Näherungen f. kurze und lange Diode, Temperaturabhängigkeit, Ladungssteuerung
- Dioden-Modell (Klein- und Großsignal) mit Kapazitäten, Stoßionisation, Tunnel-Effekt
- Bip. Transistor als npn Schichtenfolge, Ladungsträgerdichten im Transistor Diffusionsdreiecke,

Transistorströme, Transferstrom- Ebers-Moll-Modell

- Stromverstärkung, Einfluss von Rekombination, Early-Effekt, Komplettes physikalisches Großsignalmodell, Kennlinienfeld, Kleinsignalnäherungen
- Metall-Halbleiter-Übergang, Schottky-Diode, Prinzip der Leitwertsteuerung, MESFET, JFET, MIS-FET, MOSFET Aufbau, Funktionsweise, und Kennlinien, Temperaturabhängigkeit.

Weitere Informationen

Literatur Physikalische Grundlagen:

- Vorlesungsskript Elektronik , M. Möller
- Tipler, Mosca, Physik für Wissenschaftler und Ingenieure, Elsevier
- Modern Physics for Semiconductor Science, Charles C. Coleman, Wiley
- Einführung in die Festkörperphysik, Ch. Kittel, Oldenburg Verlag
- Semiconductors 1, Helmut Föll, Univ. Kiel, http://www.tf.uni-kiel.de/matwis/amat/semi_en/index.html
- Grundlagen der Halbleiter- und Mikroelektronik, Band 1: Elektronische Halbleiterbauelemente, A. Möschwitzer, Hanser.
- Fundamentals of Solid-State Electronics, Chih-Tang Sah, World Scientific 1994.
- Principles of semiconductor devices, Bart Van Zeghbroeck, Univ. of Colorado, <http://ecee.colorado.edu/~bart/book/book/index.html>

Modul Schaltungstechnik					ELSA+ELNE
Studiensem. 4	Regelstudiensem. 4	Turnus jährlich	Dauer 1 Semester	SWS 4	ECTS-Punkte 6

Modulverantwortlicher Prof. Dr.-Ing. Michael Möller

Dozent Prof. Dr.-Ing. Michael Möller

Zuordnung zum Curriculum **Pflicht** in Bachelor Mechatronik Vertiefung Elektrotechnik und Mikrosystemtechnik, Bachelor Systems Engineering Vertiefung Elektrotechnik und Bachelor Quantum Engineering, ing.-wis. Grundlagen.
Wahlpflicht in Bachelor Mechatronik Vertiefung Mechatronische Systeme, Bachelor CuK, Bachelor MuN, Bachelor Systems Engineering.

Zulassungsvoraussetzungen Keine formalen Voraussetzungen.

Leistungskontrollen / Prüfungen Benotete Prüfung zur Vorlesung Schaltungstechnik.

Lehrveranstaltungen / SWS 4 SWS,

Arbeitsaufwand Präsenzzeit Vorlesung und Übung 15 Wochen à 4 SWS zzgl. Vor- und Nachbereitung und Klausurvorbereitung insgesamt 60h+60h+60h = 180h.

Modulnote Benotete Prüfung

Lernziele/Kompetenzen

Schaltungsprinzipien und -strukturen kennen und mit Hilfe von spezifischen Entwicklungsmethoden gezielt zur Lösung von Aufgabenstellungen einsetzen können.

Grundlegende Methoden zur Beschreibung, Berechnung und Analyse, von elektrischen Netzwerken und deren Eigenschaften kennen und anwenden können.

- Kirchhoffsche Gleichungen, konstituierende Gleichungen, Leistung in elektronischen Schaltungen.
- Lineare elektrische Netzwerke, Baum/Kobaum, Beschreibung mit Matrizen, Netzwerk-, Wirkungsfunktionen, Überlagerungssatz, Phasoren-Rechnung, Konzept der Komplexen Frequenz, Frequenzgang, Bode-Diagramm.
- Netzwerkfunktionen, Pol-, Nullstellen Analyse, Heavisidescher Entwicklungssatz, Schwarzsches Spiegelungsprinzip.
- Arbeitspunkt, Einstellung und Stabilisierung, Temperatureinfluss.
- Transistorgrundschaltungen, Schaltungskonzepte und Eigenschaften.
- Rückgekoppelte Schaltungen, Berechnung und Eigenschaften.
- Schwingungen in Schaltungen, Ursachen, Wirkungen, Erzeugung und Unterdrückung.
- Problemspezifische Modellreduktion, Gleich-, Wechselstrom- und Kleinsignal-Ersatzschaltbild.
- Rückgekoppelte Schaltungen, verallgemeinerte Zweitor-Beschreibung.
- Symmetrische Netzwerke, Gleichtakt-Gegentakt-Zerlegung
- Bode-Diagramm, Analyse und Konstruktion elektrischer Netzwerke im Frequenzbereich.

Weitere Informationen

- Analoge Schaltungen, M. Seifart, Verlag Technik (leider nur noch gebraucht erhältlich)
- H. Hartl, E. Krasser, W. Pribyl, P. Söser, G. Winkler, Elektronische Schaltungstechnik, Pearson
- P. Horowitz, W. Hill, The Art of Electronics, Cambridge University Press
- M.T. Thompson Intuitive Analog Circuit Design, Elsevier
- Nilsson/Riedel, Electric Circuits, Prentice Hall
- U. Tietze, Ch. Schenk, Halbleiterschaltungstechnik, Springer (14 Auflage oder höher)
- Unbehauen, Grundlagen der Elektrotechnik 1 (und 2) Springer
- Seshu, Balabanian, Linear Network Theory, Wiley 1969 (but still a good choice!),
- S. Paul, R. Paul, Grundlagen der Elektrotechnik und Elektronik 1, Springer 2010

Modul/Modulelement Messtechnik und Sensorik					MTS
Studiensem.	Regelstudiensem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS-Punkte
4	4	Jährlich im SS	1 Semester	4	6

Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. rer. nat. Andreas Schütze		
Dozent/inn/en	Prof. Dr. rer. nat. Andreas Schütze und Mitarbeiter		
Zuordnung zum Curriculum	Bachelor Systems Engineering, Ingenieurwiss. Grundlagen Bachelor Mikrotechnologie und Nanostrukturen, Block ing.-wiss. Grundlagen Lehramt Technik, Modul ingenieurwissenschaftliche Grundlagen Bachelor Materialwissenschaft und Werkstofftechnik Bachelor Quantum Engineering, Ing.-wis. Grundlagen		
Zulassungsvoraussetzungen	Keine formalen Voraussetzungen		
Leistungskontrollen / Prüfungen	benotete Klausur, zusätzlich benotete Hausaufgaben zum Erwerb von Bonuspunkten für die Klausur		
Lehrveranstaltungen / SWS	4 SWS, V3 Ü1		
Arbeitsaufwand	Vorlesung + Übungen 15 Wochen 4 SWS	60h	
	Vor- und Nachbereitung	60h	
	Klausurvorbereitung	60 h	
Modulnote	Klausurnote		

Lernziele/Kompetenzen

Erlangung von Grundkenntnissen über den Messvorgang an sich (Größen, Einheiten, Messunsicherheit) sowie über die wesentlichen Komponenten vor allem digitaler elektrischer Messsysteme. Kennenlernen verschiedener Methoden und Prinzipien für die Messung nicht-elektrischer Größen; Bewertung unterschiedlicher Methoden für applikationsgerechte Lösungen. Vergleich unterschiedlicher Messprinzipien für gleiche Messgrößen inkl. Bewertung der prinzipbedingten Messunsicherheiten und störender Quereinflüsse sowie ihrer Kompensationsmöglichkeiten durch konstruktive und schaltungstechnische Lösungen.

Inhalt

Messtechnik:

- Einführung: Was heißt Messen?; Größen und Einheiten (MKSA- und SI-System);
- Fehler, Fehlerquellen, Fehlerfortpflanzung, Messunsicherheit nach GUM;
- Messen von Konstantstrom, -spannung und Widerstand;
- Gleich- und Wechselstrombrücken;
- Mess- und Rechenverstärker (Basis: idealer Operationsverstärker);
- Grundlagen der Digitaltechnik (Logik, Gatter, Zähler);
- AD-Wandler (Flashwandler, sukzessive Approximation, Dual-Slope-Wandler);
- Digitalspeicheroszilloskop;

Sensorik:

- Temperaturmessung;
- Strahlungsmessung (berührungslose Temperaturmessung);
- magnetische Messtechnik: Hall- und MR-Sensoren;
- Messen physikalischer (mechanischer) Größen:
 - Weg & Winkel
 - Kraft & Druck (piezoresistiver Effekt in Metallen und Halbleitern)
 - Beschleunigung & Drehrate (piezoelektrischer Effekt, Corioliseffekt)
 - Durchfluss (Vergleich von 6 Prinzipien)

Weitere Informationen

Unterrichtssprache deutsch;

Vorlesungsfolien, Übungsaufgaben und Musterlösungen werden zum Download bereitgestellt
Regelmäßig Hörsaalübung sowie zusätzlich korrigierten Hausaufgaben zum Erwerb von
Bonuspunkten.

Literatur:

E. Schrüfer: „Elektrische Messtechnik“, Hanser Verlag, München, 2004

H.-R. Tränkler: „Taschenbuch der Messtechnik“, Verlag Oldenbourg München, 1996

W. Pfeiffer: „Elektrische Messtechnik“, VDE-Verlag Berlin, 1999

R. Lerch, Elektrische Messtechnik, Springer Verlag, neue Auflage 2006

J. Fraden: „Handbook of Modern Sensors“, Springer Verlag, New York, 1996

T. Elbel: „Mikrosensorik“, Vieweg Verlag, 1996

H. Schaumburg; „Sensoren“ und „Sensoranwendungen“, Teubner Verlag Stuttgart, 1992 und 1995

J.W. Gardner: „Microsensors – Principles and Applications“, John Wiley & Sons, Chichester, UK, 1994.

Ein besonderer Schwerpunkt in der Sensorik liegt auf der Betrachtung miniaturisierter Sensoren und
Sensortechnologien.

Theoretische Elektrotechnik 1					TET1
Studiensem.	Regelstudiensem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS-Punkte
4	6	jährlich	2 Semester	4,5	6

Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. R. Dyczij-Edlinger
Dozent/inn/en	Prof. Dr. R. Dyczij-Edlinger
Zuordnung zum Curriculum	Bachelor Systems Engineering, Fächergruppe Elektrotechnik Bachelor Mechatronik: Vertiefungspflicht: Elektrotechnik, Mechatronische Systeme Wahlpflicht: Mikrosystemtechnik Wahl: Maschinenbau Bachelor Quantum Engineering, Ing.-wis. Grundlagen
Zulassungsvoraussetzungen	Keine formalen Voraussetzungen
Leistungskontrollen / Prüfungen	Schriftliche Prüfung
Lehrveranstaltungen / SWS	2,5 +2 SWS (Vorlesung + Übung)
Arbeitsaufwand	Präsenz: 68 h Vor- / Nachbereitung 68 h Prüfungsvorbereitung 44 h GESAMT 180 h
Modulnote	Theoretische Elektrotechnik I: Klausur

Lernziele/Kompetenzen

Dieser Kurs lehrt die mathematischen und physikalischen Grundlagen der klassischen Elektrodynamik und versetzt Studierende in die Lage, physikalische Beobachtungen in feldtheoretische Modelle umzusetzen. Studierende werden mit Anfangsrandwertaufgaben und Energiebilanzen der Elektrodynamik vertraut gemacht und erlangen einen Überblick über die Maxwellsche Theorie mit einer Vertiefung in statischen und stationären Feldern.

Inhalt

Mathematische Grundlagen (Vektoranalysis, Differenzialoperatoren der Elektrodynamik, partielle Differenzialgleichungen, Nabla-Kalkül). Elektrostatik (Coulombsches Gesetz, Feldstärke, Arbeit, Skalarpotenzial, Spannung, Dipol und Dipolmoment, Drehmoment, Polarisierung, Verschiebungsdichte, Suszeptibilität, Permittivität, Energie, Kapazität, Grenzflächenbedingungen, Randwertprobleme); analytische Verfahren zur Lösung der Potenzialgleichung; stationäres elektrisches Strömungsfeld (Stromdichte, Kontinuitätsgleichung, Leitfähigkeit, Ohmsches Gesetz, Grenzflächenbedingungen, Randwertprobleme); Magnetfelder stationärer Ströme (Kraftwirkung, Flussdichte, Durchflutungssatz, Vektorpotenzial, Biot-Savartsches Gesetz, Stromschleife, Drehmoment, Dipolmoment, Magnetisierung, Permeabilität, Erregung, Energie, Selbst- und Gegeninduktivität, Grenzflächenbedingungen, Randwertprobleme); Induktionsgesetz (Ruhe- und Bewegungsinduktion, allgemeiner Fall); Verschiebungsstrom (Konsistenz von Durchflutungssatz und Kontinuitätsgleichung); vollständiges System der Maxwellschen Gleichungen (Poyntingscher Satz, Eindeutigkeitssatz).

Weitere Informationen

Vorlesungsskripte erhältlich, Übungsbeispiele und alte Prüfungen im Internet abrufbar.
Lehner, G.: Elektromagnetische Feldtheorie für Ingenieure und Physiker; Cheng, D.K.: Field and Wave Electromagnetics; Henke, H.: Elektromagnetische Felder - Theorie und Anwendung; Sadiku, N.O.: Elements of Electromagnetics; Nolting, W.: Grundkurs Theoretische Physik, Bd. 3; Jackson, J.J.: Klassische Elektrodynamik, Simonyi, K.: Theoretische Elektrotechnik; Feynman, R.P. Leighton, R.B., Sands, M: Vorlesungen über Physik, Bd. 2.

Theoretische Elektrotechnik 2					TET2
Studiensem.	Regelstudiensem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS-Punkte
5	5	jährlich	2 Semester	4	5

Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. R. Dyczij-Edlinger
Dozent/inn/en	Prof. Dr. R. Dyczij-Edlinger
Zuordnung zum Curriculum	Bachelor Systems Engineering, Fächergruppe Elektrotechnik Bachelor Mechatronik: Vertiefungspflicht: Elektrotechnik Wahlpflicht: Mikrosystemtechnik Wahl: Mechatronische Systeme, Maschinenbau Bachelor Quantum Engineering, Ing.-wis. Grundlagen
Zulassungsvoraussetzungen	Keine formalen Voraussetzungen
Leistungskontrollen / Prüfungen	Mündliche oder schriftliche Prüfung
Lehrveranstaltungen / SWS	2+2 SWS (Vorlesung + Übung)
Arbeitsaufwand	Präsenz: 60 h Vor- / Nachbereitung 60 h Prüfungsvorbereitung 30 h GESAMT 150 h
Modulnote	Theoretische Elektrotechnik II: mündliche oder schriftliche Prüfung

Lernziele/Kompetenzen

Dieser Kurs lehrt die mathematischen und physikalischen Grundlagen der klassischen Elektrodynamik und versetzt Studierende in die Lage, physikalische Beobachtungen in feldtheoretische Modelle umzusetzen. Der Modul vermittelt grundsätzliches Verständnis für Diffusions- und Wellenausbreitungseffekte und befähigt Studierende, einfache Wirbelstromprobleme und Übertragungsleitungen zu berechnen, die modalen Eigenschaften einfacher Wellenleiter und Resonatoren zu bestimmen und die Strahlungsfelder von Antennenstrukturen zu berechnen.

Inhalt

Elektromagnetische Felder im Frequenzbereich (Phasoren, Maxwell-Gleichungen, Poynting-Satz); Wirbelströme (Felddiffusion im Zeit- und Frequenzbereich, Relaxationszeit, Eindringtiefe, Beispiele); homogene Übertragungsleitungen (Wellengleichung, Telegraphengleichungen im Zeit- und Frequenzbereich, Ausbreitungseigenschaften, Phasen- und Gruppengeschwindigkeit, Dispersion, Smith-Diagramm, Beispiele); Wellenausbreitung in quellenfreien Gebieten (ebene Wellen im Zeit- und Frequenzbereich, Reflexion und Brechung, Brechungsindex, Totalreflexion, Brewster-Winkel); Anregung elektromagnetischer Wellen (retardierte Potenziale, Freiraum-Lösungen im Zeit- und Frequenzbereich, elektrischer und magnetischer Dipol, Dualität, vektorielles Huygensches Prinzip, Fernfeldnäherungen, Gruppenstrahler); verlustfreie homogene Wellenleiter (axiale Separation, Wellentypen, Ein-Komponenten-Vektorpotenziale, Modenorthogonalität, Dispersionsgleichung, Ausbreitungseigenschaften, Beispiele); verlustfreie homogene Resonatoren (Modenorthogonalität, Störungsrechnung, Beispiele);

Weitere Informationen

Vorlesungsskripte erhältlich, Übungsbeispiele und alte Prüfungen im Internet abrufbar.

Harrington R.F.: Time-Harmonic Electromagnetic Fields; Ramo S., Whinnery J.R., Van Duzer T.: Fields and Waves in Communication Electronics; Unger, H.G.: Elektromagnetische Theorie für die Hochfrequenztechnik Bd. 1 & 2; Zhan, K., Li, D.: Electromagnetic Theory for Microwaves and Optoelectronics; Balanis, C.A., Advanced Engineering Electromagnetics; Collin, R.E.: Field Theory of Guided Waves; Pozar, D.M.: Microwave Engineering. Jackson, J.J.: Klassische Elektrodynamik, Simonyi, K.: Theoretische Elektrotechnik; Feynman, R.P. Leighton, R.B., Sands, M: Vorlesungen über Physik, Bd. 2.

Elektronische Bauelemente					
Studiensem.	Regelstudiensem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS-Punkte
5	5	jährlich	1 Semester	2	3

Modulverantwortliche/r	Prof. Dr.-Ing. habil. Steffen Wiese
Dozent/inn/en	Prof. Dr.-Ing. habil. Steffen Wiese
Zuordnung zum Curriculum	Bachelor Systems Engineering, Fächergruppe Elektrotechnik Bachelor Mechatronik: Pflicht in Vertiefung Elektrotechnik und Mikrosystemtechnik Wahlpflicht in Vertiefung Mechatronische Systeme Bachelor Quantum Engineering, ing.-wis. Wahlpflicht
Zulassungsvoraussetzungen	Keine formalen Voraussetzungen
Leistungskontrollen / Prüfungen	Benotete Prüfung
Lehrveranstaltungen / SWS	2 SWS
Arbeitsaufwand	Bauelemente: Präsenzzeit Vorlesung und Übung 15 Wochen à 2 SWS zzgl. Vor- und Nachbereitung und Klausurvorbereitung insgesamt 90h
Modulnote	Note der Prüfung

Lernziele/Kompetenzen

Elektronische Bauelemente

Vorstellung von Konzepten und Aufbau aktiver und passiver elektronischer Bauelemente, Erlernung des Zusammenhangs zwischen physikalischem Grundprinzip, Kennlinie und schaltungstechnischer Funktion. Darstellung ausgewählter physikalischer Eigenschaften von charakteristischen Bauelement-Funktionswerkstoffen. Erlernen erster Bauelementanwendungen in einfachen Grundschaltungen. Vorstellung von Sonderbauelementen zur Energieversorgung und für die Leistungselektronik

Inhalt

- Einführung (Gegenstand der LV „Bauelemente“, Physikalische Funktionsbeschreibung von Bauelementen, Verarbeitung von Bauelementen, Zuverlässigkeit von Bauelementen)
- Diskrete aktive Bauelemente (Diode, Bipolartransistor, Feldeffekttransistor)
- Diskrete passive Bauelemente (Widerstände, Kapazitäten, Induktivitäten)
- Integrierte Schaltungen als Bauelemente (Analoge integrierte Schaltungen, Digitale integrierte Schaltungen)
- Bauelemente der Energieversorgung (Netzteil- und Spannungswandler-Komponenten, Elektrochemische Generatoren, Batterien, Akkumulatoren, Brennstoffzellen, Photovoltaische Generatoren, Thermoelektrische Generatoren, Elektromechanische Generatoren)
- Leistungsbauelemente (Der Logik- und der Leistungsteil in Schaltungen, Leistungstransistoren und -dioden, Thyristor, IGBT, Relais, Kühlkörper)

Weitere Informationen

Beuth, Klaus: Bauelemente (Elektronik 2), Würzburg: Vogel 2010, 19. Aufl.
Möschwitzer, Albrecht: Mikroelektronik, Berlin: Verlag Technik 1987, 1. Aufl.
Möschwitzer, Albrecht: Einführung in die Elektronik, Berlin: Verlag Technik 1988, 6. Aufl.

Modul Elektronische Systeme					ESYS
Studiensem.	Regelstudiensem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS-Punkte
5	5	jährlich	1 Semester	2	3

Modulverantwortliche/r	Prof. Dr.-Ing. Michael Möller
Dozent/inn/en	Prof. Dr.-Ing. Michael Möller
Zuordnung zum Curriculum	Wahlpflicht in Bachelor Systems Engineering Bachelor Quantum Engineering, ing.-wis. Wahlpflicht
Zulassungsvoraussetzungen	Keine formalen Voraussetzungen. Empfohlen werden die bestandenen Prüfungen der Veranstaltungen Grundlagen der Elektrotechnik I und II sowie die Kenntnis des Stoffes der Veranstaltung Elektronische Schaltungen wird vorausgesetzt.
Leistungskontrollen / Prüfungen	Benotete mündliche oder schriftliche Prüfung
Lehrveranstaltungen	2 SWS
Arbeitsaufwand	Präsenzzeit Vorlesung und Übung 15 Wochen à 2 SWS zzgl. Vor- und Nachbereitung und Klausurvorbereitung insgesamt 30h+30h+30h = 90h
Modulnote	Note der Prüfung

Lernziele/Kompetenzen

Die Veranstaltung verfolgt das Ziel, Studierende in die spezifischen Überlegungen und Methoden zur Entwicklung elektronischer Systeme einzuführen. Inhalt und Ablauf der Veranstaltung sind so konzeptioniert, dass Studierende Kompetenz in den folgenden Bereichen erwerben können:

Entwickeln, Beschreiben und Analysieren von elektronischen Systemen bestehend aus einzelnen Komponenten oder Baugruppen auf Datenblatt- und Blockschaltbildebene unter Berücksichtigung nichtidealer Eigenschaften, Wechselwirkungen und Entwicklungsvorgaben.

Zur Verdeutlichung und Motivation bedient sich die Veranstaltung aktueller, praxisorientierter Beispiele in Vorlesung, Übung und experimentellen Demonstrationen.

Inhalt

Eigenschaften und Grenzen Analoger, Digitaler und Hybrider elektronischer Systeme.

Partitionierungs- und Entwicklungskriterien elektronischer Systeme.

Problemspezifische Modellbildung, Modell-Konsistenz.

Entwicklung: Werkzeuge, Methoden, und Konzepte.

Realisierung: Strukturentwurf und Signalintegrität.

Anwendung: Test, Ausbeute, Qualifikation, Spezifikation/Datenblatt.

Weitere Informationen

-

Literatur

Wird zu Beginn der Veranstaltung bekannt gegeben.

Mikroelektronik 1					ME 1
Studiensem.	Regelstudiensem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS-Punkte
5	5	WS	1 Semester	3	4

Modulverantwortliche/r	Prof. Dr.-Ing. Chihao Xu
Dozent/inn/en	Prof. Dr.-Ing. Chihao Xu
Zuordnung zum Curriculum	Bachelor Mechatronik, Pflicht Bachelor Mikrotechnologie und Nanostrukturen, ing. wis. Vertiefung Bachelor Quantum Engineering, ing.-wis. Wahlpflicht
Zulassungsvoraussetzungen	Keine formalen Voraussetzungen
Leistungskontrollen / Prüfungen	Benotete Prüfung (Klausur)
Lehrveranstaltungen / SWS	Vorlesung: 2 SWS, Übung: 1 SWS
Arbeitsaufwand	Gesamt 120 Stunden, davon Präsenzzeit Vorlesung 15 Wochen à 2 SWS = 30 Stunden Präsenzzeit Übung 15 Wochen à 1 SWS = 15 Stunden Vor- und Nachbereitung Vorlesung und Übung = 45 Stunden Klausurvorbereitung = 30 Stunden
Modulnote	Klausurnote

Lernziele/Kompetenzen

Kenntnisse der Struktur und der Funktionsweise der MOSFETs
Entwurf und Berechnung einfaches OP-Verstärkers und anderer Schaltungen
Kenntnisse der wichtigsten Grundelemente digitaler Schaltungen
Aufbau grundlegender Systeme
Überblick mikroelektronischer Möglichkeiten

Inhalt

- Überblick und Entwicklungshistorie
- Charakteristiken und Modelle der wesentlichen Bauelemente insbes. MOS Transistoren (Vt, Gm, Sättigungsstrom... Dimensionierung)
- Grundlage der analogen IC (Inverter, Differenzstufe, Strom-Quelle und Spiegel)
- einfache Gatter und deren Layout, Übergänge und Verzögerung
- kombinatorische Logik und Sequentielle Logik
- Schieberegister, Zähler
- Tristate, Bus, I/O Schaltung
- Speicher: DRAM, SRAM, ROM, NVM
- PLA, FPGA
- Prozessor und digitaler Systementwurf

Weitere Informationen

Unterrichtssprache: deutsch
Literatur: Skriptum des Lehrstuhls zur Vorlesung, Vorlesungsfolien

Modul: Mikroelektronik 2					Abk.
Studiensem. 6	Regelstudiensem. 6	Turnus Jedes SS	Dauer 1 Semester	SWS 3	ECTS-Punkte 4

Modulverantwortliche/r Prof. Dr.-Ing. Chihao Xu

Dozent/inn/en Prof. Dr.-Ing. Chihao Xu

Zuordnung zum Curriculum
[Pflicht, Wahlpflicht, Wahlbereich] Bachelor Systems Engineering, Fächergruppe Elektrotechnik
Bachelor Mechatronik, Wahlpflichtbereich Vertiefung
Mikrosystemtechnik und Elektrotechnik
Master Mechatronik, Kernbereich der Vertiefungen Elektrotechnik
und Mikrosystemtechnik
Bachelor Quantum Engineering, ing.-wis. Wahlpflicht

Zulassungsvoraussetzungen Keine formalen Voraussetzungen

Leistungskontrollen / Prüfungen Klausur am Semesterende

Lehrveranstaltungen / SWS
[ggf. max. Gruppengröße] 1 Vorlesung: 2SWS
1 Übung: 1SWS

Arbeitsaufwand
Präsenzzeit Vorlesung: 15 Wochen à 2 SWS = 30h
Präsenzzeit Übung: 14 Wochen à 1 SWS = 14 Stunden
Vor- und Nachbereitung Vorlesung und Übung: 46 Stunden
Klausurvorbereitung: 30 Stunden

Modulnote Aus Klausurnote

Lernziele/Kompetenzen

Verständnis der Abläufe bei Herstellungs- und Entwicklungsprozessen von integrierten
Digitalschaltungen – CAD in der Mikroelektronik

Inhalt

- Wertschöpfungskette der Fertigung (Waferprozess, Montage, Testen)
- Einzelprozess-Schritte, Gehäuse, analoges Testen, Abgleich
- Abstraktionsebene in der ME (physikalisch, Symbol, Funktion), Y-Baum
- Entwurfsablauf, Entwurfsstile
- Tools für den Entwurf integrierter Schaltungen, Integration der Tools
- Schaltungssimulation (Prinzip, Numerik, Analysen incl. Sensitivity-, WC-, Monte-Carlo- und Stabilitätsanalyse)
- Logiksimulation (höhere Sprache, ereignisgesteuert, Verzögerung)
- Hardware Beschreibungssprache VHDL
- Logikoptimierung (Karnaugh Diagram, Technology Mapping) Test digitaler Schaltungen, design for testability, Testmuster, Autotest
- Layout: Floorplanning, Polygone, Pcell/Cells, Generators, Design Rules, Constraints
- Parasitics, Backannotation, Matching, Platzierung und Verdrahtung, OPC

Weitere Informationen [Unterrichtssprache, Literaturhinweise, Methoden, Anmeldung]

Unterrichtssprache: deutsch

Literatur: Skriptum des Lehrstuhls zur Vorlesung, Vorlesungsfolien

Modul Aufbau- und Verbindungstechnik 1					Abk.
Studiensem.	Regelstudiensem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS-Punkte
5	5	WS	1 Semester	3	4

Modulverantwortliche/r	Prof. Dr.-Ing. habil. Steffen Wiese
Dozent/inn/en	Prof. Dr.-Ing. habil. Steffen Wiese
Zuordnung zum Curriculum	Bachelor Mikrotechnologie und Nanostrukturen, Pflicht Bachelor Mechatronik, Wahlpflicht Bachelor Quantum Engineering, ing.-wis. Wahlpflicht
Zulassungsvoraussetzungen	Keine formalen Voraussetzungen
Leistungskontrollen / Prüfungen	Benotete schriftliche oder mündliche Prüfung
Lehrveranstaltungen / SWS	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Arbeitsaufwand	Vorlesung 15 Wochen à 2 SWS = 30 h Übung 15 Wochen à 1 SWS = 15 h Vor- und Nachbearbeitung = 45 h Prüfungsvorbereitung = 30 h Gesamtaufwand = 120 h
Modulnote	Note der Klausur bzw. der mündlichen Prüfung

Lernziele/Kompetenzen

Das Ziel der Lehrveranstaltung besteht darin, die Studierenden in das Gebiet der Aufbau- und Verbindungstechnik der Elektronik einzuführen. Dabei sollen grundlegende Kenntnisse über Verfahren und technologische Abläufe zur Herstellung elektronischer Aufbauten vermittelt werden sowie die Spezifika der in der industriellen Fertigung eingesetzten Verbindungstechnologien diskutiert werden.

Inhalt

- Einführung in die Problematik der Herstellung elektronischer Aufbauten
- Architektur elektronischer Aufbauten (Hierarchischer Aufbau, Funktion der Verbindungsebenen)
- Erste Verbindungsebene (Die-Bonden, Drahtbonden, Flip-Chip- und Trägerfilmtechnik)
- Zweite Verbindungsebene (Bauelementeformen, Leiterplatten, Dickschichtsubstrate, 3D-MID)
- Verbindungstechniken (Kaltpressschweißen, Löten, Kleben)

Weitere Informationen

Unterrichtssprache: deutsch

Literaturhinweise: Bekanntgabe zu Beginn der Vorlesung

Einführung in die Materialwissenschaft					
Studiensem.	Regelstudiensem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS-Punkte
1	1	Jedes WS	1 Semester	5	6

Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Eduard Arzt
Dozent/inn/en	Prof. Dr. Eduard Arzt und Mitarbeiter/innen des Instituts für Neue Materialien
Zuordnung zum Curriculum	Bachelor Systems Engineering, Modulgruppe Mikrosystemtechnik Bachelor Mikrotechnologie und Nanostrukturen, Pflicht Bachelor Mechatronik, Wahlpflicht Mikrosystemtechnik Bachelor Quantum Engineering, ing.-wis. Wahlpflicht
Zulassungsvoraussetzungen	Keine formalen Voraussetzungen
Leistungskontrollen / Prüfungen	Klausur/mündliche Prüfung/sonstige Leistungsnachweise
Lehrveranstaltungen / SWS	V2 Ü2 D1
Arbeitsaufwand	Vorlesung + Übungen + Lab-Demo 15 Wochen 5 SWS 75 h Vor- und Nachbereitung 75 h Prüfungsvorbereitung 30 h
Modulnote	Prüfungsnote

Lernziele / Kompetenzen

- Fundamentale Kenntnisse der Materialklassen und ihrer spezifischen Eigenschaften
- Beziehungen zwischen Mikrostruktur und Eigenschaften von Materialien
- Mechanische Eigenschaften von spröden und duktilen Materialien
- Elektronische Eigenschaften von Leitern, Halbleitern und Isolatoren

Inhalt

- Aufbau von verschiedenen Materialien (Gefüge, Kristallstruktur, Bindung...)
- Charakteristische Eigenschaften der unterschiedlichen Werkstoffklassen
- Phasendiagramme und thermisch aktivierte Vorgänge
- Verformungs- und Härtungsmechanismen von Werkstoffen
- Bruch-, Kriech- und Ermüdungsfestigkeit
- Elektronische, magnetische, thermische und optische Eigenschaften
- Größen- und Skalierungseffekte

Weitere Informationen

Unterrichtssprache: deutsch

Literaturhinweise:

- Ashby und Jones: Engineering Materials I und II (engl.)
- Gottstein: Physikalische Grundlagen der Materialkunde
- Iltschner und Singer: Werkstoffwissenschaften und Fertigungstechnik: Eigenschaften, Vorgänge, Technologien
- Courtney: Mechanical Behavior of Materials (engl.)
- Hummel: Electronic Properties of Materials (engl.)

Praktikum Grundlagen der Elektrotechnik					PGdE
Studiensem.	Regelstudiensem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS-Punkte
3	3	WS	1 Semester	2	3

Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. tech. Romanus Dyczij-Edlinger				
Dozent/inn/en	Prof. Dr. tech. Romanus Dyczij-Edlinger				
Zuordnung zum Curriculum	Bachelor Mechatronik, Pflicht Bachelor Mikrotechnologie und Nanostrukturen und Ingenieurwissenschaftliche Praktika Bachelor Quantum Engineering, ing.-wis. Praktika				
Zulassungsvoraussetzungen	Keine formalen Voraussetzungen				
Leistungskontrollen / Prüfungen	Schriftliche Vorausarbeiten Versuchsdurchführungen Protokolle				
Lehrveranstaltungen / SWS	Praktikum/5 SWS				
Arbeitsaufwand	Vorausarbeiten	5 x 4 h	=	20 h	
	Vorbereitung	5 x 4 h	=	20 h	
	Protokolle	5 x 7h	=	35 h	
	Gesamtaufwand		=	90 h	
					30 h

Modulnote

Lernziele/Kompetenzen

Studierende sind in der Lage, einfache elektrotechnische Experimente durchzuführen, zu bewerten und zu dokumentieren. Sie besitzen praktische Fertigkeiten im Umgang mit wichtigen Laborgeräten insbesondere Spannungs- und Stromversorgen, Spannungs- und Strommessgeräten, Oszilloskopen und Magnetometern

Inhalt

- Elektrisches Feld
- Elektrisches Strömungsfeld
- Magnetfeld
- Elektrische Maschinen
- Transiente elektromagnetische Felder

Weitere Informationen

Unterrichtssprache: Deutsch

Medienformen:

Praktische Versuchsaufbauten, schriftliche Praktikumsunterlagen

Literatur:

Praktikumsunterlagen unter

<https://www.uni-saarland.de/lehrstuhl/lte/lehre-de.html>

Modul Praktikum Schaltungstechnik					PSCH
Studiensem.	Regelstudiensem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS-Punkte
4	4	jährlich	1 Semester	2	3 - 4

Modulverantwortliche/r	Prof. Dr.-Ing. Michael Möller
Dozent/inn/en	Prof. Dr.-Ing. Michael Möller
Zuordnung zum Curriculum	Bachelor Mechatronik und Bachelor Systems Engineering: Pflicht für die Vertiefung Elektrotechnik, sonstige Vertiefungen sowie Bachelor MuN und CuK Wahlpflicht. Bachelor Quantum Engineering, ing.-wis. Praktika
Zulassungsvoraussetzungen	Keine formalen Voraussetzungen
Leistungskontrollen / Prüfungen	Testate
Lehrveranstaltungen / SWS	2 SWS
Arbeitsaufwand	5 Wochen à 6 SWS Präsenz- + Vorbereitung und Ausarbeitung Bericht 30h+30h+30h = 90h (3 CP) Wahlweise können Studierende in Bachelor MuN eine Zusatzaufgabe (30 h) bekommen. Bei erfolgreicher Absolvierung erhält man 1 CP mehr für das Praktikum.
Modulnote	unbenotet

Lernziele/Kompetenzen

Die Studierenden erwerben die Fähigkeit insbesondere die im Modul Schaltungstechnik vermittelten Konzepte und Methoden experimentell durch die Dimensionierung, Realisierung und Charakterisierung elektronischer Schaltungen anzuwenden. In Verbindung mit der praktischen Durchführung werden Ingenieur-typische Vorgehensweisen wie z.B. aufgabenspezifische Modellreduktion, Abschätzung, kritische Bewertung der Ergebnisse (Erwartungswerte, vgl. Theorie mit Experiment, Fehlerbetrachtung) und zielorientierte Iteration der Arbeitsabläufe eingesetzt. Die Studierenden erlernen komplexe Aufgabenstellungen im Team eigenverantwortlich planerisch und zielorientiert zu bearbeiten.

Inhalt

Die Arbeiten erfolgen anhand von einer Anwendung, die unterschiedliche elektronische Schaltungen sowie Methoden und Kriterien zu deren Auslegung und Charakterisierung aus einem möglichst weiten Bereich der Vorlesung Schaltungstechnik kombinieren. .

Die Durchführung gliedert sich in drei Phasen:

- 1) Anhand der Versuchsanleitung machen sich die Studierenden mit dem Inhalt und der Zielsetzung vertraut und planen die notwendigen Arbeiten. In einer Vorbesprechung zur Versuchsdurchführung werden die notwendigen Voraussetzungen überprüft und die Vorgehensweise festgelegt.
- 2) In der Versuchsdurchführung werden die geplanten und vorbereiteten Arbeiten ausgeführt, ggf. korrigiert und die erzielten Ergebnisse dokumentiert.
- 3) In der schriftlichen Ausarbeitung werden die Ergebnisse ausgewertet, bewertet, ggf. korrigiert und in Zusammenhang gebracht.

Weitere Informationen

werden in den Veranstaltungen des Moduls Schaltungstechnik bekanntgegeben.

Literatur

- Praktikumsunterlagen
- Analoge Schaltungen, M. Seifart, Verlag Technik
- P. Horowitz, W. Hill, The Art of Electronics, Cambridge University Press
- M.T. Thompson Intuitive Analog Circuit Design, Elsevier
- U. Tietze, Ch. Schenk, Halbleiterschaltungstechnik, Springer

Modul Ingenieurwissenschaftliches Projektseminar					Abk. IwT
Studiensem. 6	Regelstudiensem. 6	Turnus jährlich	Dauer 1 Semester	SWS	ECTS-Punkte 4

Modulverantwortliche/r	Professoren der Fachrichtung Systems Engineering
Dozent/inn/en	Dozenten und wiss. Mitarbeiter der Fachrichtung Systems Engineering
Zuordnung zum Curriculum	Bachelor Quantum Engineering, ing.-wis. Praktika

Zulassungsvoraussetzungen	Keine
Leistungskontrollen / Prüfungen	Projektdokumentation und Seminarvortrag
Lehrveranstaltungen / SWS	Projektpraktikum im Team: 4 SWS, jeweils 2 - 4 Teilnehmer pro Projekt, nach Absprache
Arbeitsaufwand	Präsenzzeit: nach Absprache mit betreuendem Lehrstuhl Projektpraktikum: 100 h Dokumentation und Präsentation: 20 h Gesamt: 120 h (4 CP)
Modulnote	Unbenotet

Lernziele/Kompetenzen

Studierende werden in die Lage versetzt, eine komplexe ingenieurwissenschaftliche Problemstellung im Team zu strukturieren, gemeinsam zu lösen und ihre Methodik und Ergebnisse einer Zuhörerschaft mit fachlicher Vorbildung innerhalb eines vorgegebenen Zeitrahmens mit modernen Medien zu vermitteln.

Inhalt

Studierende erhalten eine praxisnahe ingenieurwissenschaftliche Aufgabenstellung, für die sie in Kleingruppen mit 2 bis 4 Studierenden selbst Lösungswege finden und die sie in den Laboren/Messräumen der Lehrstühle praktisch umsetzen. Am ingenieurwissenschaftlichen Teamprojekt beteiligen sich alle Lehrstühle der Mechatronik, indem sie mögliche Themenstellungen anbieten, deren Ausarbeitung betreuen, und ihre Infrastruktur (Labore, Messräume...) zur praktischen Umsetzung zur Verfügung stellen. Thema, Umfang und Durchführung werden individuell abgestimmt zwischen den Studierenden und dem betreuenden Lehrstuhl, dabei sind Themenvorschläge seitens der Studierenden ausdrücklich erwünscht. Ergänzt wird das Projekt durch eine Dokumentation und eine Abschlusspräsentation, wobei die Studierenden kritisches Feedback nicht nur zum Inhalt, sondern auch zur Präsentationstechnik erhalten.

Weitere Informationen: Anmeldung zu Semesterbeginn erforderlich

Unterrichtssprache: nach Absprache

Literaturhinweise: individuell je nach vereinbarter Aufgabenstellung

Mikroelektronik-Praktikum (FPGA-Programmierung)					
Studiensem.	Regelstudiensem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS-Punkte
6	6	Jährlich, SS	1 Semester	4	4

Modulverantwortliche/r	Prof. Dr.-Ing. Chihao Xu
Dozent/inn/en	Prof. Dr.-Ing. Chihao Xu und Mitarbeiter des Lehrstuhls für Mikroelektronik
Zuordnung zum Curriculum	Bachelor Quantum Engineering, ing.-wis. Praktika
Zulassungsvoraussetzungen	Keine formalen Voraussetzungen. Empfohlen wird Besuch der Vorlesung Mikroelektronik I.
Leistungskontrollen / Prüfungen	Regelmäßige Projekttreffen, Vortrag und Dokumentation
Lehrveranstaltungen / SWS	Projektpraktikum Mikroelektronik bestehend i.d.R. aus einer individuellen, im Team von 2 bis max. 4 Studierenden zu lösenden Projektaufgabe nach individueller Absprache.
Arbeitsaufwand	Konzeption, Realisierung, Präsentation und Dokumentation. Zeiteinteilung und Durchführung 120 h
Modulnote	Unbenotet

Lernziele/Kompetenzen

Umsetzung einfacher Aufgabenstellung aus dem Gebiet der Mikroelektronik. Erfahrung in berufsnaher Arbeitsweise und Problemlösung sammeln. Dies schließt ein: Formulierung des Problems, Auswahl der geeigneten Lösungsmethoden, Ausführung der Methode, Interpretation und Dokumentation der Ergebnisse.

Je nach Aufgabenstellung Hardware-basiert und/oder Software-basiert.

Inhalt

Teams erhalten Aufgabenstellungen aus aktuellen Arbeitsgebieten der Mikroelektronik die mit FPGA-Programmierung gelöst werden.
Die Projektteams werden laufend betreut und bei der Durchführung begleitet u.a. bei regelmäßigen Projekttreffen.

Weitere Informationen

Interessenten werden gebeten, sich als Team am Lehrstuhl für Mikroelektronik zu melden um Aufgabenstellung sowie spezifische Durchführungsbedingungen frühzeitig abzusprechen.

Freie Wahlpflicht					Abk. WP
Studiensem. 6	Regelstudiensem. 6	Turnus Jährlich	Dauer 1 Semester je Veranstaltung	SWS je nach Modulelement	ECTS-Punkte Es können max. 7 CP angerechnet werden

Modulverantwortliche/r	Dozente/inn/en der Fachrichtungen Physik, Systems Engineering
Dozent/inn/en	Dozent/inn/en der Fachrichtungen Physik, Systems Engineering, Dozent/inn/en der Philosophischen Fakultäten, Dozent/inn/en der Wirtschaftswissenschaften, Dozent/inn/en des Sprachenzentrums
Zuordnung zum Curriculum	Bachelor Quantum Engineering, Freie Wahlpflicht
Zulassungsvoraussetzungen	Keine formalen Zugangsvoraussetzungen außer für das Modulelement Tutortätigkeit (s. separate Beschreibung). Hier wird nur zugelassen, wer das zu betreuende Modulelement bereits erfolgreich abgeschlossen hat.
Leistungskontrollen / Prüfungen	Klausuren oder mündliche Prüfungen
Lehrveranstaltungen / SWS	Vorlesungen, Praktika, Übungen
Arbeitsaufwand	Abhängig von den gewählten Veranstaltungen in den verschiedenen Wahlpflichtbereichen, müssen noch Leistungen in der freien Wahlpflicht erbracht werden. Es können max. 7 CP angerechnet werden.
Modulnote	Bei benoteten Prüfungen: gewichtete Summe der Modulelementprüfungen nach Prüfungsordnung §13 Abs. 4

Lernziele/Kompetenzen

- Vertiefter Einblick in das Fachgebiet, auch in den einzelnen Teilbereichen Physik und Systems Engineering
- Einblick in die Arbeitsmethodik und Denkweise angrenzender Fachgebiete
- Fähigkeit zur Bearbeitung interdisziplinärer Forschungsthemen
- Erwerb fachübergreifender Kompetenzen

Inhalt

Zugelassene Veranstaltungen:

- Vertiefungsvorlesungen der Ingenieurwissenschaften oder der Physik
- Praktika der Ingenieurwissenschaften oder der Physik gem. § 5 der Studienordnung
- Sprachkurse: s. Sprachenzentrum
- Tutortätigkeit: s. gesonderte Beschreibung
- Folgende Beispielveranstaltungen sind ebenfalls möglich:
 - Stochastische Bewertungsmethoden in der Technik
 - Effizientes Lernen/Wissenschaftliche Darstellung
 - Unternehmensgründung
 - Patent- und Innovationsmanagement
 - Betriebswirtschaftslehre

Weitere Veranstaltungen mit ähnlichen Inhalten können auf Antrag vom Prüfungsausschuss zugelassen werden.

Weitere Informationen

Es wird in der Regel in deutscher oder englischer Sprache unterrichtet.

Tutortätigkeit (Wahlpflicht)					AWP-TT
Studiensem. 5. + 6.	Regelstudiensem. 6.	Turnus Jedes Semester	Dauer 1 Semester	SWS 2	ECTS-Punkte 2

Modulverantwortliche/r	Studiendekan/in	
Dozent/inn/en	Dozenten der Physik bzw. Systems Engineering	
Zuordnung zum Curriculum	Bachelor Quantum Engineering, Freie Wahlpflicht	
Zulassungsvoraussetzungen	Erfolgreicher Abschluss des zu betreuenden Moduls	
Leistungskontrollen / Prüfungen	Hospitation der von den Tutoren abgehaltenen Lehrveranstaltungen	
Lehrveranstaltungen / SWS	Betreuung von Übungen	
Arbeitsaufwand	Präsenzzeit	15 Stunden
	Vorbereitung der Übungen/Praktika	45 Stunden
	Summe	60 Stunden
Modulnote	Keine	

Lernziele / Kompetenzen

- Einblick in die Organisation von Lehrveranstaltungen und Umsetzung methodischer Ziele
- Didaktische Aufbereitung komplexer physikalischer bzw. ing.-wiss. Sachverhalte
- Fähigkeit zur Ausrichtung eines Fachvortrags am Vorwissen des Auditoriums

Inhalt

- Einführung in die fachdidaktischen Aspekte der jeweiligen Lehrveranstaltung
- Moderieren von Übungsgruppen / Betreuung von Praktikumsversuchen
- Korrektur von schriftlichen Ausarbeitungen
- Teilnahme an den Vorbesprechungen der Übungsgruppenleiter/Praktikumsbetreuer

Weitere Informationen

Bachelor-Seminar					BS
Studiensem. 6.	Regelstudiensem. 6.	Turnus Jedes Semester	Dauer 1 Semester	SWS 2	ECTS-Punkte 6

Modulverantwortliche/r	DozentInnen der Physik bzw. Systems Engineering	
Dozent/inn/en	DozentInnen der Physik bzw. Systems Engineering	
Zuordnung zum Curriculum	Bachelor Quantum Engineering, Pflicht	
Zulassungsvoraussetzungen	Studienleistungen im Umfang von mind. 150 CPs sollten erbracht sein	
Leistungskontrollen / Prüfungen	Mündliche Präsentation von wissenschaftlichen Artikeln bzw. Ergebnissen aus dem Themengebiet der Bachelor-Arbeit	
Lehrveranstaltungen / SWS	Seminar (2 SWS), max. Gruppengröße 15	
Arbeitsaufwand	Präsenzzeit	30 Stunden
	Vorbereitung des Vortrags, Literaturstudium	150 Stunden
	Summe	180 Stunden
Modulnote	Aus der Beurteilung des Vortrags	

Lernziele / Kompetenzen

- Einarbeitung in die Themenstellung der Bachelor-Arbeit
- Erlernen der in der Bachelor-Arbeit verwendeten Methodik
- Vermittlung von Fähigkeiten des wissenschaftlichen Diskurses

Inhalt

Erarbeitung und didaktische Aufbereitung der für die Bachelor-Arbeit relevanten Fachliteratur und Fragestellung

Weitere Informationen

Kandidaten stimmen Thema und Inhalt der Bachelor-Arbeit und des vorgelagerten Seminars mit dem/der betreuenden Prüfer/Prüferin ab; mögliche Aufgabenstellungen sowie spezifische Durchführungsbedingungen sollten frühzeitig abgesprochen werden. Finden Kandidaten keinen Prüfer/keine Prüferin, der/die bereit ist, ein Thema für Bachelor-Seminar und -Arbeit zu vergeben, so wird der Studiendekan/die Studiendekanin einen Prüfer beauftragen.

Unterrichtssprache: deutsch oder englisch, auf Antrag an den Prüfungsausschuss auch in einer anderen Fremdsprache möglich.

Literaturhinweise:

- Je nach Aufgabenstellung, z.B. Journalpublikationen und Konferenzbände.

Bachelor-Arbeit					BA
Studiensem. 6.	Regelstudiensem. 6.	Turnus Jedes Semester	Dauer 1 Semester	SWS	ECTS-Punkte 12

Modulverantwortliche/r	DozentInnen der Physik bzw. Systems Engineering
Dozent/inn/en	DozentInnen der Physik bzw. Systems Engineering
Zuordnung zum Curriculum	Bachelor Quantum Engineering, Pflicht
Zulassungsvoraussetzungen	Gemäß Prüfungsordnung, §17: <ul style="list-style-type: none"> • Erwerb von mindestens 150 CP gemäß der Studienordnung;
Leistungskontrollen / Prüfungen	Anfertigung der Bachelor-Arbeit
Lehrveranstaltungen / SWS	
Arbeitsaufwand	Bearbeitung der Fragestellung und Anfertigung der Arbeit (Bearbeitungszeit 11 Wochen) 360 Stunden
Modulnote	Aus der Beurteilung der Bachelor-Arbeit

Lernziele / Kompetenzen

- Zielgerichtete Bearbeitung eines wissenschaftlichen Projektes unter Anleitung
- Einblick in ein aktuelles Forschungsgebiet
- Fähigkeit reproduzierbare wissenschaftliche Ergebnisse zu erzielen

Inhalt

- Literaturstudium zum vorgegebenen Thema
- Erarbeitung der relevanten Methodik
- Bearbeitung der Themenstellung
- Dokumentation des Projektverlaufs
- Anfertigung der Bachelor-Arbeit und Präsentation der Ergebnisse

Weitere Informationen

Kandidaten stimmen Thema und Inhalt der Bachelor-Arbeit und des vorgelagerten Seminars mit dem betreuenden Prüfer ab; mögliche Aufgabenstellungen sowie spezifische Durchführungsbedingungen sollten frühzeitig abgesprochen werden. Finden Kandidaten keinen Prüfer/keine Prüferin, der/die bereit ist, ein Thema für Bachelor-Seminar und -Arbeit zu vergeben, so wird der Studiendekan/die Studiendekanin einen Prüfer beauftragen.

Unterrichtssprache: deutsch oder englisch, auf Antrag an den Prüfungsausschuss auch in einer anderen Fremdsprache möglich.

Literaturhinweise:

- Je nach Aufgabenstellung, z.B. Journalpublikationen und Konferenzbände.