

# **Modulhandbuch**

## **für den Bachelor Studiengang Quantum Engineering**

RS-Sem.	Modul	Modulelement	CP	SWS
Mathematische Grundlagen				
1	Theoretische PhysikIa	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		Tutortätigkeit	11	
6	Fachliche Erweiterung und Vertiefung	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. <b>1</b>	Regelstudiensem. <b>1</b>	Turnus <b>jährlich</b>	Dauer <b>1 Semester</b>	SWS <b>5</b>	ECTS-Punkte <b>7</b>

<b>Modulverantwortliche/r</b>	Wilhelm-Mauch		
<b>Dozent/inn/en</b>	Dozenten/Dozentinnen der Theoretischen Physik		
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>	Bachelor Quantum Engineering, Allgemeine Grundlagen		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine formalen Voraussetzungen		
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>	Klausur Prüfungsvorleistung: Erfolgreiche Bearbeitung der Übungsaufgaben		
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>	Vorlesung (3 SWS) Übung (2 SWS)		
<b>Arbeitsaufwand</b>	Präsenzzeit Vorlesung		45 h
	Präsenzzeit Übung		30 h
	Vor- und Nachbereitung, Übungsbearbeitung		
	Klausurvorbereitung		135 h
	<b>Summe (7 CP)</b>		<b>210 h</b>
<b>Modulnote</b>	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. <b>2</b>	Regelstudiensem. <b>2</b>	Turnus <b>jährlich</b>	Dauer <b>1 Semester</b>	SWS <b>6</b>	ECTS-Punkte <b>9</b>

<b>Modulverantwortliche/r</b>	Studiendekan bzw. Studienbeauftragter der NTF II
<b>Dozent/inn/en</b>	Dozenten/Dozentinnen der Mathematik
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>	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
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Zum Modul: keine
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>	benotete schriftliche Abschlussprüfung; Die Zulassung zur Prüfung erfordert die erfolgreiche Bearbeitung der Übungsaufgaben (Bekanntgabe der genauen Regeln zu Beginn der Lehrveranstaltung)
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>	Höhere Mathematik für Ingenieure II: Vorlesung: 4 SWS Übung: 2 SWS
<b>Arbeitsaufwand</b>	Präsenzzeit Vorlesung + Übungen 15 Wochen 6 SWS 90 h Vor- und Nachbereitung, Übungsbearbeitung 120 h Klausurvorbereitung 60 h  Summe 270 h (9 CP)
<b>Modulnote</b>	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. <b>3</b>	Regelstudiensem. <b>3</b>	Turnus <b>jährlich</b>	Dauer <b>1 Semester</b>	SWS <b>6</b>	ECTS-Punkte <b>9</b>

<b>Modulverantwortliche/r</b>	Studiendekan bzw. Studienbeauftragter der NTF II
<b>Dozent/inn/en</b>	Dozenten/Dozentinnen der Mathematik
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>	Bachelor Systems Engineering, Mathem.-naturwiss. Grundlagen Bachelor Mechatronik, Pflicht Bachelor Mikrotechnologie und Nanostrukturen, Pflicht Bachelor Quantum Engineering, Allgemeine Grundlagen
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Zum Modul: keine
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>	benotete schriftliche Abschlussprüfung; Die Zulassung zur Prüfung erfordert die erfolgreiche Bearbeitung der Übungsaufgaben (Bekanntgabe der genauen Regeln zu Beginn der Lehrveranstaltung)
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>	Höhere Mathematik für Ingenieure III: Vorlesung: 4 SWS, Übung: 2 SWS
<b>Arbeitsaufwand</b>	Präsenzzeit Vorlesung + Übungen 15 Wochen 6 SWS 90 h Vor- und Nachbereitung, Übungsbearbeitung 120 h Klausurvorbereitung 60 h  Summe 270 h (9 CP)
<b>Modulnote</b>	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 <b>Perspektiven des Quantum Engineering</b>					Abk. <b>PQE</b>
Studiensem. <b>1</b>	Regelstudiensem. <b>1</b>	Turnus <b>WS</b>	Dauer <b>1 Semester</b>	SWS <b>2</b>	CP-Punkte <b>2</b>

<b>Modulverantwortliche/r</b>	Dozent/inn/en der Physik, Systems Engineering
<b>Dozent/inn/en</b>	Dozent/inn/en der Physik, Systems Engineering
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>	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. Erweiterungslehrveranstaltungen.
- 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. <b>2</b>	Regelstudiensem. <b>2</b>	Turnus <b>jährlich</b>	Dauer <b>1 Semester</b>	SWS <b>5</b>	ECTS-Punkte <b>5' (8)</b>
<b>Modulverantwortliche/r</b>		ProfessorInnen der Fachrichtungen Physik und Systems Engineering			
<b>Dozent/inn/en</b>		Dozenten/Dozentinnen der Informatik			
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>		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			
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>		Keine			
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>		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			
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>		2SWS Vorlesung, 3SWS Übung Gruppengröße bei Übungen: <20 Studierende			
<b>Arbeitsaufwand</b>		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.			
<b>Modulnote</b>		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 Programmierungsumgebung 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, Quelletxt, 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. <b>2</b>	Regelstudiensem. <b>2</b>	Turnus <b>SoSe</b>	Dauer <b>1 Semester</b>	SWS <b>5</b>	ECTS-Punkte <b>8 (5)</b>

<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Georg Frey
<b>Dozent/inn/en</b>	Prof. Kathrin Flaßkamp, Prof. Georg Frey
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>	Bachelor Systems Engineering, Systemtechnische Grundlagen, Pflicht (8 CP) Lehramt Technik, Pflicht (5 CP) Bachelor Quantum Engineering, Pflicht (5 CP)
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>	Benotete schriftliche Klausur
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>	5 SWS Vorlesung mit integrierter Übung
<b>Arbeitsaufwand</b>	Gesamtaufwand 240 Std. = 8 × 30 Std. = 8 CP <ul style="list-style-type: none"> <li>• 5 SWS × 15 Wochen = 75 Std</li> <li>• Vor- und Nachbereitung = 150 Stunden</li> <li>• Prüfungsvorbereitung = 15 Stunden</li> <li>• Anteilig reduzierter Aufwand für eine 5 CP-wertige Veranstaltung (5 SWS x 10 Wochen), Klausur in angepasstem Stoff- und Zeitumfang</li> </ul>
<b>Modulnote</b>	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 <b>Mikrocontroller-Projektpraktikum/-seminar</b>					Abk.
Studiensem. <b>3,4</b>	Regelstudiensem. <b>6</b>	Turnus <b>Jedes WS+SS</b>	Dauer <b>1 Semester</b>	SWS <b>2</b>	ECTS-Punkte <b>3</b>

<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr. Andreas Schütze
<b>Dozent/inn/en</b>	Mitarbeiter*innen des Lehrstuhls Messtechnik
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>	Bachelor Systems Engineering, Wahlpflicht Bachelor Quantum Engineering, Wahlmodul in den allgemeinen Grundlagen LAB Technik, Wahlpflicht (als stud. Teamprojekt)
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine formalen Voraussetzungen
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>	Abschlussvortrag und Dokumentation
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>	Mikrocontroller-Projektpraktikum bestehend aus einer Einführung, vorbereitenden Übungsaufgaben sowie individuellen, im Team von 2 oder 3 Studierenden zu lösenden Projektaufgaben nach Absprache. Ziel ist die selbstständige Erarbeitung eines mikrocontrollergesteuerten Demonstrationsprojektes.
<b>Arbeitsaufwand</b>	Präsenzzeit ca. 10 h + Bearbeitungszeit 20 h für die vorbereitenden Übungen + 60 h Projektarbeit mit Konzeption, Realisierung, Präsentation und Dokumentation.
<b>Modulnote</b>	unbenotet Basis für die Bewertung ist der individuelle Beitrag zum Teamprojekt (Eigenständigkeit, Lösungskompetenz, Präsentation und Dokumentation)

---

#### **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 vorbereitender Übungsblätter mit Inbetriebnahme eines Experimentierkits und Einrichten der Programmierumgebung
  - hardwarenahe Programmierung in C++
  - Auslesen von Sensoren mittels des Mikrocontrollers
  - Signalverarbeitung im Mikrocontroller
  - Anbindung des Mikrocontrollers an einen PC
  - selbstständiges Finden von Konzepten für eingebettete Systeme zur Lösung messtechnischer Problemstellungen
  - Definition von Schnittstellen und Koordination von Teilprojekten
  - koordinierte Verknüpfung von Teilprojekten
  - Präsentation der Ergebnisse als schriftliche Dokumentation und Kurzvortrag
-

---

Weitere Informationen

Unterrichtssprache: deutsch

Organisation:

- Einführungsveranstaltung (ca. 1,5 Stunden) zur Vorstellung des Konzepts und Einteilung der Gruppen
- 4 Präsenzveranstaltungen zu Einführung, Besprechung der Übungen und Koordination der Projektphase (jeweils ca. 1,5 h)
- Unterstützung bei der selbstständigen und selbst organisierten Bearbeitung der Teilprojekte
- Durchführung am Lehrstuhl und/oder eigenständig im Team
- Abschlussveranstaltung (ca. 2 Stunden)

Literaturhinweise:

- Webressourcen
    - <https://forum.arduino.cc>
    - <http://www.microcontroller.net>
  - Massimo Banzi: Arduino für Einsteiger, O'Reilly-Verlag
  - Erlenkötter: C++ Objektorientiertes Programmieren von Anfang an, Rowohlt Verlag
-

Experimentalphysik I					EP I
Studiensem. <b>1</b>	Regelstudiensem. <b>1.</b>	Turnus <b>WS</b>	Dauer <b>1 Semester</b>	SWS <b>8</b>	ECTS-Punkte <b>10</b>
<b>Modulverantwortliche/r</b>		Eschner			
<b>Dozent/inn/en</b>		1 Hochschullehrer(in) der Experimentalphysik 1 studentischer oder promovierter Betreuer pro Übungsgruppe			
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>		Bachelor Quantum Engineering, Experimentalphysik			
<b>Zugangsvoraussetzungen</b>		Keine formalen Voraussetzungen.			
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>		Eine benotete Klausur (auch in zwei Teilklausuren möglich) oder mündliche Prüfung. Prüfungsvorleistung: Erfolgreiche Bearbeitung der Übungsaufgaben.			
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesung „Experimentalphysik I“ (Mechanik, Schwingungen und Wellen) 4 SWS / 4 CP</li> <li>• Vorlesung und Präsenzübung "Mathematische Ergänzungen" 2 SWS / 2 CP</li> <li>• Übung zur Vorlesung (max. Gruppengröße: 15) 2 SWS / 4 CP</li> </ul>			
<b>Arbeitsaufwand</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Präsenzzeit Vorlesung 15 Wochen à 4 SWS 60 Stunden</li> <li>• Präsenzzeit Vorlesung und Präsenzübung 15 Wochen à 2 SWS 30 Stunden</li> <li>• Präsenzzeit Übung 15 Wochen à 2 SWS 30 Stunden</li> <li>• Vor- und Nachbereitung Vorlesung, Bearbeitung der Übungsaufgaben, Klausur- oder Prüfungsvorbereitung 180 Stunden</li> </ul> <p>-----</p> <p>Summe 300 Stunden</p>			
<b>Modulnote</b>		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/Oktobre 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. Llewellyn, *Moderne Physik*, 1. Auflage, Oldenbourg Verlag, 2003.

Experimentalphysik II: Elektromagnetismus					EP II
Studiensem. <b>2.</b>	Regelstudiensem. <b>2.</b>	Turnus <b>SoSe</b>	Dauer <b>1 Semester</b>	SWS <b>6</b>	ECTS-Punkte <b>8</b>

<b>Modulverantwortliche/r</b>	Jacobs				
<b>Dozent/inn/en</b>	1 Hochschullehrer(in) der Experimentalphysik 1 studentischer Betreuer pro Übungsgruppe				
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>	Bachelor Quantum Engineering, Experimentalphysik				
<b>Zugangsvoraussetzungen</b>	Keine formalen Voraussetzungen. Inhaltliche Voraussetzungen: grundlegende Kenntnisse aus dem Modul Experimentalphysik I				
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>	Prüfungsvorleistung: erfolgreiche Bearbeitung der Übungsaufgaben. (Bekanntgabe der genauen Regelung zu Beginn der Lehrveranstaltung)				
	Eine benotete Klausur oder mündliche Prüfung.				
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesung</li> <li>• Übung zur Vorlesung (max. Gruppengröße: 15)</li> </ul>				4 SWS / 4 CP  2 SWS / 4 CP
<b>Arbeitsaufwand</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Präsenzzeit Vorlesung 15 Wochen à 4 SWS</li> <li>• Präsenzzeit Übung 15 Wochen à 2 SWS</li> <li>• Vor- und Nachbereitung Vorlesung 15 Wochen à 2 SWS</li> <li>• Bearbeitung der Übungsaufgaben 15 Wochen à 6 SWS</li> <li>• Klausur- oder Prüfungsvorbereitung</li> </ul>				60 Stunden 30 Stunden 30 Stunden 90 Stunden 30 Stunden
	----- Summe				240 Stunden
<b>Modulnote</b>	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. Llewellyn, *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. <b>3.</b>	Regelstudiensem. <b>3</b>	Turnus <b>WS</b>	Dauer <b>1 Semester</b>	SWS <b>4</b>	ECTS-Punkte <b>5</b>

<b>Modulverantwortliche/r</b>	Becher				
<b>Dozent/inn/en</b>	1 Hochschullehrer(in) der Experimentalphysik 1 student. Betreuer pro Übungsgruppe				
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>	Bachelor Quantum Engineering, Experimentalphysik				
<b>Zugangsvoraussetzungen</b>	Keine formalen Voraussetzungen. Inhaltliche Voraussetzungen: Kenntnisse aus den Modulen Experimentalphysik I und Elektromagnetismus				
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>	Prüfungsvorleistung: Optik/Thermodynamik: erfolgreiche Bearbeitung der Aufgaben in den Übungen (Bekanntgabe der genauen Regelung zu Beginn der Lehrveranstaltung)  Klausur oder mündliche Prüfung:				
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesung</li> <li>• Übung zur Vorlesung (max. Gruppengröße: 15)</li> </ul>				3 SWS  1 SWS
<b>Arbeitsaufwand</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Präsenzzeit Vorlesung 15 Wochen à 3 SWS</li> <li>• Präsenzzeit Übung 15 Wochen à 1 SWS</li> <li>• Vor- und Nachbereitung Vorlesung, Bearbeitung der Übungsaufgaben, Klausur- oder Prüfungsvorbereitung</li> </ul>				45 Stunden  15 Stunden  90 Stunden  ----- Summe
					150 Stunden (5 CP)
<b>Modulnote</b>	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. <b>4.</b>	Regelstudiensem. <b>4</b>	Turnus <b>SoSe</b>	Dauer <b>1 Semester</b>	SWS <b>5</b>	ECTS-Punkte <b>6</b>

<b>Modulverantwortliche/r</b>	Becher				
<b>Dozent/inn/en</b>	1 Hochschullehrer(in) der Experimentalphysik 1 student. Betreuer pro Übungsgruppe				
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>	Bachelor Quantum Engineering, Experimentalphysik				
<b>Zugangsvoraussetzungen</b>	Keine formalen Voraussetzungen. Inhaltliche Voraussetzungen: Kenntnisse aus den Modulen Experimentalphysik I, Elektromagnetismus und Optik und Thermodynamik				
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>	Prüfungsvorleistung: erfolgreiche Bearbeitung der Aufgaben in den Übungen (Bekanntgabe der genauen Regelung zu Beginn der Lehrveranstaltung)  Klausur oder mündliche Prüfung:				
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesung</li> <li>• Übung zur Vorlesung (max. Gruppengröße: 15)</li> </ul>				4 SWS  1 SWS
<b>Arbeitsaufwand</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Präsenzzeit Vorlesung 15 Wochen à 4 SWS</li> <li>• Präsenzzeit Übung 15 Wochen à 1 SWS</li> <li>• Vor- und Nachbereitung Vorlesung, Bearbeitung der Übungsaufgaben, Klausur- oder Prüfungsvorbereitung</li> </ul>				60 Stunden  15 Stunden  105 Stunden
	----- Summe				180 Stunden (6 CP)
<b>Modulnote</b>	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.

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

<b>Modulverantwortliche/r</b>	Professoren der Experimentalphysik				
<b>Dozent/inn/en</b>	1 Hochschullehrer(in) der Experimentalphysik 1 student. Betreuer pro Übungsgruppe				
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>	Bachelor Quantum Engineering, Experimentalphysik				
<b>Zugangsvoraussetzungen</b>	Keine formalen Voraussetzungen.				
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>	Prüfungsvorleistung: erfolgreiche Bearbeitung der Aufgaben in den Übungen (Bekanntgabe der genauen Regelung zu Beginn der Lehrveranstaltung)  Klausur oder mündliche Prüfung				
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesung 2 SWS</li> <li>• Übung zur Vorlesung (max. Gruppengröße: 15) 1 SWS</li> </ul>				
<b>Arbeitsaufwand</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Präsenzzeit Vorlesung 15 Wochen à 2 SWS 30 Stunden</li> <li>• Präsenzzeit Übung 15 Wochen à 1 SWS 15 Stunden</li> <li>• Vor- und Nachbereitung Vorlesung, Bearbeitung der Übungsaufgaben, Klausur- oder Prüfungsvorbereitung 75 Stunden</li> </ul> <hr/> Summe 120 Stunden (4 CP)				
<b>Modulnote</b>	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
- Kopitzki: 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. <b>3.</b>	Regelstudiensem. <b>3.</b>	Turnus <b>WS</b>	Dauer <b>1 Semester</b>	SWS <b>6</b>	ECTS-Punkte <b>8</b>

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

**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. <b>4.</b>	Regelstudiensem. <b>4.</b>	Turnus <b>SoSe</b>	Dauer <b>1 Semester</b>	SWS <b>6</b>	ECTS-Punkte <b>8</b>

<b>Modulverantwortliche/r</b>	Santen				
<b>Dozent/inn/en</b>	Hochschullehrer(innen) der Theoretischen Physik				
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>	Pflicht				
<b>Zugangsvoraussetzungen</b>	Keine formalen Voraussetzungen. Inhaltlich baut der Kurs auf die Module TP I und TP II auf.				
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>	Klausur oder mündliche Prüfung Prüfungsvorleistung: Erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben				
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesung (4 SWS)</li> <li>• Übung (2 SWS)</li> </ul>				
<b>Arbeitsaufwand</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Präsenzzeit Vorlesung 15 Wochen à 4 SWS 60 Stunden</li> <li>• Präsenzzeit Übung 15 Wochen à 2 SWS 30 Stunden</li> <li>• Vor- und Nachbereitung Vorlesung, Bearbeitung der Übungsaufgaben, Klausur- oder Prüfungsvorbereitung 150 Stunden</li> </ul>				
	-----				
	Summe 240 Stunden				
<b>Modulnote</b>	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. <b>5.</b>	Regelstudiensem. <b>5</b>	Turnus <b>WS</b>	Dauer <b>1 Semester</b>	SWS <b>4</b>	ECTS-Punkte <b>5</b>

<b>Modulverantwortliche/r</b>	Professoren der Experimentalphysik				
<b>Dozent/inn/en</b>	1 Hochschullehrer(in) der Experimentalphysik 1 student. Betreuer pro Übungsgruppe				
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>	Bachelor Quantum Engineering, Physikalische Wahlpflicht				
<b>Zugangsvoraussetzungen</b>	Keine formalen Voraussetzungen.				
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>	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				
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>	• Vorlesung „Nanostrukturphysik I“ 4 SWS				
<b>Arbeitsaufwand</b>	• 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)				
<b>Modulnote</b>	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 <b>Einführung in die Quanteninformationsverarbeitung</b>					Abk. <b>QIV</b>
Studiensem. <b>5</b>	Regelstudiensem. <b>5</b>	Turnus <b>jährlich</b>	Dauer <b>1 Sem</b>	SWS <b>4</b>	ECTS-Punkte <b>5</b>

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**

• 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
Summe	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. <b>1.</b>	Regelstudiensem. <b>1.</b>	Turnus <b>WS</b>	Dauer <b>1 Semester</b>	SWS <b>2</b>	ECTS-Punkte <b>2</b>

<b>Modulverantwortliche/r</b>	Wagner				
<b>Dozent/inn/en</b>	Tschöpe, Wolf, John 1 Betreuer(in) pro Praktikumsgruppe				
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>	Bachelor Quantum Engineering, Phys. Praktika				
<b>Zugangsvoraussetzungen</b>	Keine formalen Voraussetzungen				
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Praktikum: für jeden Versuch Eingangsgespräch mit Versuchsbetreuer, Durchführung und Protokollierung, Versuchsauswertung und Testat, Abschlussgespräch mit dem Versuchsbetreuer</li> </ul>				
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b> [ggf. max. Gruppengröße]	<ul style="list-style-type: none"> <li>Physikalisches Grundpraktikum Ia (Gruppengröße: 2)</li> </ul>				2SWS
<b>Arbeitsaufwand</b>	Physikalisches Grundpraktikum Ia				
	Durchführung der Versuche				16Stunden
	Vorbereitung und Auswertung				44 Stunden
	Summe				----- 60 Stunden
<b>Modulnote</b>	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. <b>2.</b>	Regelstudiensem. <b>2.</b>	Turnus <b>SoSe</b>	Dauer <b>1 Semester</b>	SWS <b>3</b>	ECTS-Punkte <b>5</b>

<b>Modulverantwortliche/r</b>	Wagner				
<b>Dozent/inn/en</b>	Tschöpe, Wolf, John 1 Betreuer(in) pro Praktikumsgruppe				
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>	Bachelor Quantum Engineering, Phys. Praktika				
<b>Zugangsvoraussetzungen</b>	Keine formalen Voraussetzungen				
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Praktikum: für jeden Versuch Eingangsgespräch mit Versuchsbetreuer, Durchführung und Protokollierung, Versuchsauswertung und Testat, Abschlussgespräch mit dem Versuchsbetreuer</li> </ul>				
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b> [ggf. max. Gruppengröße]	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Physikalisches Grundpraktikum Ib (Gruppengröße: 2)</li> </ul>				3 SWS
<b>Arbeitsaufwand</b>	Physikalisches Grundpraktikum Ib				
	Durchführung der Versuche				28 Stunden
	Vorbereitung und Auswertung				122 Stunden
	Summe				150 Stunden
<b>Modulnote</b>	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/>



<b>Fortgeschrittenenpraktikum für Quantum Engineering I</b>					<b>FP QE</b>
Studiensem. <b>6.</b>	Regelstudiensem. <b>6</b>	Turnus <b>WS+SoSe</b>	Dauer <b>1 Semester</b>	SWS <b>3</b>	ECTS-Punkte <b>6</b>
<b>Modulverantwortliche/r</b>	Birringer/Hartmann				
<b>Dozent/inn/en</b>	1 Praktikumsleiter/-in 1 student. Betreuer/-in pro Praktikumsgruppe				
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>	Bachelor Quantum Engineering, Phys. Praktika				
<b>Zugangsvoraussetzungen</b>	Keine formalen Voraussetzungen.				
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>	Für jeden Versuch: Eingangsgespräch mit Versuchsbetreuer, Durchführung und Protokollierung der Versuche, Versuchsauswertung und Testat, Abschlussgespräch mit Versuchsbetreuer				
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>	Phys. Praktikum für Fortgeschrittene (Gruppengröße: 2)				4 SWS / 6 CP
<b>Arbeitsaufwand</b>	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
<b>Modulnote</b>	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 <https://www.uni-saarland.de/fakultaet-nt/fopra.html>

### **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 <https://www.uni-saarland.de/fakultaet-nt/fopra.html>)

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

<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr. tech. Romanus Dyczij-Edlinger				
<b>Dozent/inn/en</b>	Prof. Dr. tech. Romanus Dyczij-Edlinger				
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>	Bachelor Mechatronik, Pflicht Bachelor Mikrotechnologie und Nanostrukturen, Pflicht Bachelor Systems Engineering, Pflicht Bachelor Quantum Engineering, ing.-wis. Grundlagen				
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine formalen Voraussetzungen				
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>	benotete schriftliche Abschlussprüfung				
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>	Grundlagen der Elektrotechnik I: 3 SWS, V2 Ü1				
<b>Arbeitsaufwand</b>	Grundlagen der Elektrotechnik I:				
	Vorlesung + Übungen 15 Wochen 3 SWS				45 h
	Vor- und Nachbereitung				45 h
	Klausurvorbereitung				60 h
	Gesamt:				150 h
					30 h
<b>Modulnote</b>	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. <b>2</b>	Regelstudiensem. <b>2</b>	Turnus <b>SoSe</b>	Dauer <b>1 Semester</b>	SWS <b>3</b>	ECTS-Punkte <b>5</b>

<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr.-Ing. M. Möller				
<b>Dozent/inn/en</b>	Prof. Dr.-Ing. M. Möller und Mitarbeiter				
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>	Bachelor Systems Engineering, Ingenieurwiss. Grundlagen Bachelor Mechatronik, Pflicht Bachelor Mikrotechnologie und Nanostrukturen, Pflicht Bachelor Quantum Engineering, ing.-wis. Grundlagen				
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine formalen Voraussetzungen				
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>	benotete schriftliche Abschlussprüfung				
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>	Grundlagen der Elektrotechnik II: 3 SWS, V2 Ü1				
<b>Arbeitsaufwand</b>	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
<b>Modulnote</b>	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 <b>Mikrotechnologien - Mikrosystemtechnik</b>					Abk.
Studiensem. <b>3</b>	Regelstudiensem. <b>3</b>	Turnus <b>WS</b>	Dauer <b>1 Semester</b>	SWS <b>3</b>	ECTS-Punkte <b>4</b>

<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr. Andreas Schütze				
<b>Dozent/inn/en</b>	Prof. Dr. Andreas Schütze sowie Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Lehrstuhls Messtechnik				
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>	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				
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine formalen Voraussetzungen				
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>	benotete Klausur				
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>	3 SWS, V2 Ü1				
<b>Arbeitsaufwand</b>	Vorlesung + Übungen 15 Wochen 3 SWS				45 h
	Vor- und Nachbereitung Vorlesung und Übung				45 h
	Klausurvorbereitung				30 h
<b>Modulnote</b>	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 Mikroaktuatorik, 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. <b>3</b>	Regelstudiensem. <b>3</b>	Turnus <b>jährlich</b>	Dauer <b>1 Semester</b>	SWS <b>4</b>	ECTS-Punkte <b>6</b>

<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr.-Ing. Michael Möller
<b>Dozent/inn/en</b>	Prof. Dr.-Ing. Michael Möller
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>	Bachelor Mechatronik: Pflicht in Vertiefung Elektrotechnik und Mikrosystemtechnik Wahlpflicht in Vertiefung Mechatronische Systeme Bachelor Mikrotechnologie und Nanostrukturen, Pflicht Bachelor Quantum Engineering, Ing.-wis. Grundlagen
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine formalen Voraussetzungen
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>	Benotete Prüfungen Modulelementprüfungen
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>	4 SWS
<b>Arbeitsaufwand</b>	Präsenzzeit Vorlesung und Übung 15 Wochen à 4 SWS zzgl. Vor- und Nachbereitung und Klausurvorbereitung insgesamt 180h
<b>Modulnote</b>	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](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 <b>Schaltungstechnik</b>					<b>ELSA+ELNE</b>
Studiensem. <b>4</b>	Regelstudiensem. <b>4</b>	Turnus <b>jährlich</b>	Dauer <b>1 Semester</b>	SWS <b>4</b>	ECTS-Punkte <b>6</b>

**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.
  - Transistorgrundsaltungen, 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 <b>Messtechnik und Sensorik</b>					<b>MTS</b>
Studiensem. <b>4</b>	Regelstudiensem. <b>4</b>	Turnus <b>Jährlich im SoSe</b>	Dauer <b>1 Semester</b>	SWS <b>4</b>	ECTS-Punkte <b>6</b>

<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr. rer. nat. Andreas Schütze		
<b>Dozent/inn/en</b>	Prof. Dr. rer. nat. Andreas Schütze und Mitarbeitende des Lehrstuhls Messtechnik		
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>	Bachelor Systems Engineering, Block ing.- wis. Grundlagen Bachelor Quantum Engineering, Block ing.-wiss. Grundlagen Lehramt Technik, Modul ingenieurwissenschaftliche Grundlagen Bachelor Materialwissenschaft und Werkstofftechnik andere Studiengänge (Physik, Informatik, Embedded Systems, DSAI) nach den jeweiligen Vorgaben		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine formalen Voraussetzungen		
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>	benotete Klausur, zusätzlich Erwerb von Bonuspunkten für die Klausur durch Abgabe von Übungen möglich		
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>	Vorlesung Messtechnik und Sensorik mit begleitenden Übungen, 4 SWS, V3 Ü1		
<b>Arbeitsaufwand</b>	Vorlesung + Übungen 15 Wochen 4 SWS		60h
	Vor- und Nachbereitung		60h
	Klausurvorbereitung		60 h
<b>Modulnote</b>	Klausurnote unter Berücksichtigung der in den Übungen erworbenen Bonuspunkte		

### **Lernziele/Kompetenzen**

Erlangung von Grundkenntnissen über metrologischen Grundgrößen und den Messvorgang an sich (Größen, Einheiten, Messunsicherheit) sowie über die wesentlichen Komponenten und Prinzipien elektrischer Messsysteme (Messtrukturen, Verstärker, Wandler). Kennenlernen verschiedener Methoden und Prinzipien für die Messung nicht-elektrischer Größen; Bewertung unterschiedlicher Methoden für applikationsgerechte Lösungen.

Die Studierenden können...

- wichtige Konzepte der Messtechnik verstehen und anwenden (statistisches Auswerten von Messreihen, Berechnen und Dimensionieren von Messbrücken sowie Messverstärkern, Auswählen geeigneter A/D-Umsetzer für eine gegebene Aufgabe, Übertragungsverhalten von Sensoren).
- Messsysteme analysieren, indem sie diese in Subsysteme zerlegen und diese hinsichtlich ihres Übertragungsverhaltens und relevanter Einflussgrößen beschreiben.
- Messaufgaben analysieren, indem sie Messgrößen, messtechnische Anforderungen sowie mögliche Quereinflüsse beschreiben, um die Auswahl bzw. die Konzeptionierung eines Messsystems zu ermöglichen.
- die Güte von Messungen bewerten, indem sie das Messsystem geeignet modellieren, Messabweichungen und Messunsicherheiten beschreiben und das Standard-GUM-Verfahren anwenden, um damit die Aussagekraft der Messdaten im Kontext einer Messaufgabe zu beurteilen.
- unterschiedliche Messprinzipien für gleiche Messgrößen vergleichen inkl. der Bewertung prinzipbedingter Messunsicherheiten und störender Quereinflüsse sowie Kompensationsmöglichkeiten durch konstruktive und schaltungstechnische Lösungen beurteilen.

---

## **Inhalt**

### **Messtechnik:**

- Einführung: Was heißt Messen?; Größen und Einheiten (MKSA- und SI-System);
- Normale und Kalibrierung, Fehler, Fehlerquellen, Fehlerfortpflanzung, Messunsicherheit nach GUM;
- Messen von Konstantstrom, -spannung und Widerstand;
- Beschreibung zeitlich veränderlicher Größen, Verzögerungsglieder 1. und 2. Ordnung;
- Gleich- und Wechselstrombrücken;
- Mess- und Rechenverstärker (Basis: idealer Operationsverstärker);
- Grundlagen der Digitaltechnik (Logik, Gatter, Zähler); Boolesche Algebra;
- AD-Wandler (Flashwandler, sukzessive Approximation, Single- und Dual-Slope-Wandler);
- Digitalspeicheroszilloskop;

### **Sensorik:**

- Temperaturmessung und Temperatursensoren;
- 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**

Unterrichts- und Prüfungssprache ist deutsch.

Vorausgesetzt werden elektrotechnische Grundkenntnisse (Strom, Spannung, Widerstand, Ohmsches Gesetz, Parallel- und Reihenschaltung), die großteils im Schulunterricht erworben wurden, diese Kenntnisse können im Rahmen der 0. Übung überprüft und aufgefrischt werden.

Vorlesungsfolien, Übungsaufgaben und Musterlösungen werden digital bereitgestellt, ebenso Aufzeichnungen früherer Vorlesungen für das Selbststudium.

Regelmäßige Hörsaalübung sowie zusätzlich Erwerb von Bonuspunkten durch Korrektur abgegebener Übungen.

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

## **Literaturhinweise:**

(alle Bücher können am Lehrstuhl für Messtechnik nach Rücksprache eingesehen werden)

- E. Schröder, L.M. Reindl, B. Zagar: „Elektrische Messtechnik“, Hanser Verlag, 13. Auflage, 2022
- H.-R. Tränkler: „Taschenbuch der Messtechnik“, Verlag De Gruyter, 4. Auflage, 2015
- W. Pfeiffer: „Elektrische Messtechnik“, VDE-Verlag Berlin, 1999
- R. Lerch, Elektrische Messtechnik, Springer Verlag, 2016
- J. Fraden: „Handbook of Modern Sensors“, Springer Verlag, 2010
- T. Elbel: „Mikrosensorik“, Vieweg Verlag, 1996
- H. Schaumburg: „Sensoren“ und „Sensoranwendungen“, Teubner Verlag, 1992 und 1995
- J.W. Gardner: „Microsensors – Principles and Applications“, John Wiley&Sons, 1994.

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

<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr. R. Dyczij-Edlinger				
<b>Dozent/inn/en</b>	Prof. Dr. R. Dyczij-Edlinger				
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>	Bachelor Systems Engineering, Fächergruppe Elektrotechnik Bachelor Mechatronik: Vertiefungspflicht: Elektrotechnik, Mechatronische Systeme Wahlpflicht: Mikrosystemtechnik Wahl: Maschinenbau Bachelor Quantum Engineering, Ing.-wis. Grundlagen				
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine formalen Voraussetzungen				
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>	Schriftliche Prüfung				
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>	2,5 +2 SWS (Vorlesung + Übung)				
<b>Arbeitsaufwand</b>	Präsenz: 68 h Vor- / Nachbereitung 68 h Prüfungsvorbereitung 44 h GESAMT 180 h				
<b>Modulnote</b>	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. <b>5</b>	Regelstudiensem. <b>5</b>	Turnus <b>jährlich</b>	Dauer <b>2 Semester</b>	SWS <b>4</b>	ECTS-Punkte <b>5</b>

<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr. R. Dyczij-Edlinger
<b>Dozent/inn/en</b>	Prof. Dr. R. Dyczij-Edlinger
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>	Bachelor Systems Engineering, Fächergruppe Elektrotechnik Bachelor Mechatronik: Vertiefungspflicht: Elektrotechnik Wahlpflicht: Mikrosystemtechnik Wahl: Mechatronische Systeme, Maschinenbau Bachelor Quantum Engineering, Ing.-wis. Grundlagen
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine formalen Voraussetzungen
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>	Mündliche oder schriftliche Prüfung
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>	2+2 SWS (Vorlesung + Übung)
<b>Arbeitsaufwand</b>	Präsenz: 60 h Vor- / Nachbereitung 60 h Prüfungsvorbereitung 30 h GESAMT 150 h
<b>Modulnote</b>	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. <b>5</b>	Regelstudiensem. <b>5</b>	Turnus <b>jährlich</b>	Dauer <b>1 Semester</b>	SWS <b>2</b>	ECTS-Punkte <b>3</b>

**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 <b>Elektronische Systeme</b>					<b>ESYS</b>
Studiensem. <b>5</b>	Regelstudiensem. <b>5</b>	Turnus <b>jährlich</b>	Dauer <b>1 Semester</b>	SWS <b>2</b>	ECTS-Punkte <b>3</b>

<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr.-Ing. Michael Möller
<b>Dozent/inn/en</b>	Prof. Dr.-Ing. Michael Möller
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>	Wahlpflicht in Bachelor Systems Engineering Bachelor Quantum Engineering, ing.-wis. Wahlpflicht
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	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.
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>	Benotete mündliche oder schriftliche Prüfung
<b>Lehrveranstaltungen</b>	2 SWS
<b>Arbeitsaufwand</b>	Präsenzzeit Vorlesung und Übung 15 Wochen à 2 SWS zzgl. Vor- und Nachbereitung und Klausurvorbereitung insgesamt 30h+30h+30h = 90h
<b>Modulnote</b>	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 konzipiert, 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 Blockschaltebene 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 Analoges, 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. <b>5</b>	Regelstudiensem. <b>5</b>	Turnus <b>WS</b>	Dauer <b>1 Semester</b>	SWS <b>3</b>	ECTS-Punkte <b>4</b>

<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr.-Ing. Chihao Xu
<b>Dozent/inn/en</b>	Prof. Dr.-Ing. Chihao Xu
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>	Bachelor Mechatronik, Pflicht Bachelor Mikrotechnologie und Nanostrukturen, ing. wis. Vertiefung Bachelor Quantum Engineering, ing.-wis. Wahlpflicht
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine formalen Voraussetzungen
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>	Benotete Prüfung (Klausur)
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>	Vorlesung: 2 SWS, Übung: 1 SWS
<b>Arbeitsaufwand</b>	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
<b>Modulnote</b>	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 ( $V_t$ ,  $G_m$ , 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: <b>Mikroelektronik 2</b>					Abk.
Studiensem. <b>6</b>	Regelstudiensem. <b>6</b>	Turnus <b>Jedes SoSe</b>	Dauer <b>1 Semester</b>	SWS <b>3</b>	ECTS-Punkte <b>4</b>

**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 <b>Aufbau- und Verbindungstechnik 1</b>					Abk.
Studiensem. <b>5</b>	Regelstudiensem. <b>5</b>	Turnus <b>WS</b>	Dauer <b>1 Semester</b>	SWS <b>3</b>	ECTS-Punkte <b>4</b>

<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr.-Ing. habil. Steffen Wiese
<b>Dozent/inn/en</b>	Prof. Dr.-Ing. habil. Steffen Wiese
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>	Bachelor Mikrotechnologie und Nanostrukturen, Pflicht Bachelor Mechatronik, Wahlpflicht Bachelor Quantum Engineering, ing.-wis. Wahlpflicht
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine formalen Voraussetzungen
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>	Benotete schriftliche oder mündliche Prüfung
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
<b>Arbeitsaufwand</b>	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
<b>Modulnote</b>	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

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

<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr. Eduard Arzt
<b>Dozent/inn/en</b>	Prof. Dr. Eduard Arzt und Mitarbeiter/innen des Instituts für Neue Materialien
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>	Bachelor Systems Engineering, Modulgruppe Mikrosystemtechnik Bachelor Mikrotechnologie und Nanostrukturen, Pflicht Bachelor Mechatronik, Wahlpflicht Mikrosystemtechnik Bachelor Quantum Engineering, ing.-wis. Wahlpflicht
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine formalen Voraussetzungen
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>	Klausur/mündliche Prüfung/sonstige Leistungsnachweise
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>	V2 Ü2 D1
<b>Arbeitsaufwand</b>	Vorlesung + Übungen + Lab-Demo 15 Wochen 5 SWS 75 h Vor- und Nachbereitung 75 h Prüfungsvorbereitung 30 h
<b>Modulnote</b>	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
- Ilchner 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. <b>3</b>	Regelstudiensem. <b>3</b>	Turnus <b>WS</b>	Dauer <b>1 Semester</b>	SWS <b>2</b>	ECTS-Punkte <b>3</b>

<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr. tech. Romanus Dyczij-Edlinger
<b>Dozent/inn/en</b>	Prof. Dr. tech. Romanus Dyczij-Edlinger
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>	Bachelor Mechatronik, Pflicht Bachelor Mikrotechnologie und Nanostrukturen und Ingenieurwissenschaftliche Praktika Bachelor Quantum Engineering, ing.-wis. Praktika

<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine formalen Voraussetzungen
----------------------------------	--------------------------------

<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>	Schriftliche Vorausarbeiten Versuchsdurchführungen Protokolle
--	---

<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>	Praktikum/5 SWS
----------------------------------	-----------------

<b>Arbeitsaufwand</b>	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/ite/lehre-de.html>

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

<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr.-Ing. Michael Möller
<b>Dozent/inn/en</b>	Prof. Dr.-Ing. Michael Möller
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>	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
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine formalen Voraussetzungen
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>	Testate
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>	2 SWS
<b>Arbeitsaufwand</b>	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.
<b>Modulnote</b>	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 <b>Ingenieurwissenschaftliches Projektseminar</b>					Abk. <b>IwT</b>
Studiensem. <b>6</b>	Regelstudiensem. <b>6</b>	Turnus <b>jährlich</b>	Dauer <b>1 Semester</b>	SWS	ECTS-Punkte <b>4</b>

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

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

<b>Modulnote</b>	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. <b>6</b>	Regelstudiensem. <b>6</b>	Turnus <b>Jährlich, SoSe</b>	Dauer <b>1 Semester</b>	SWS <b>4</b>	ECTS-Punkte <b>4</b>

<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr.-Ing. Chihao Xu
<b>Dozent/inn/en</b>	Prof. Dr.-Ing. Chihao Xu und Mitarbeiter des Lehrstuhls für Mikroelektronik
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>	Bachelor Quantum Engineering, ing.-wis. Praktika
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine formalen Voraussetzungen. Empfohlen wird Besuch der Vorlesung Mikroelektronik I.
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>	Regelmäßige Projekttreffen, Vortrag und Dokumentation
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>	Projektpraktikum Mikroelektronik bestehend i.d.R. aus einer individuellen, im Team von 2 bis max. 4 Studierenden zu lösenden Projektaufgabe nach individueller Absprache.
<b>Arbeitsaufwand</b>	Konzeption, Realisierung, Präsentation und Dokumentation. Zeiteinteilung und Durchführung 120 h
<b>Modulnote</b>	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. <b>6</b>	Regelstudiensem. <b>6</b>	Turnus <b>Jährlich</b>	Dauer <b>1 Semester je Veranstaltung</b>	SWS <b>je nach Modulelement</b>	ECTS-Punkte <b>Es können max. 7 CP angerechnet werden</b>

<b>Modulverantwortliche/r</b>	Dozente/inn/en der Fachrichtungen Physik, Systems Engineering
<b>Dozent/inn/en</b>	Dozent/inn/en der Fachrichtungen Physik, Systems Engineering, Dozent/inn/en der Philosophischen Fakultäten, Dozent/inn/en der Wirtschaftswissenschaften, Dozent/inn/en des Sprachenzentrums
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>	Bachelor Quantum Engineering, Freie Wahlpflicht
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine formalen Zugangsvoraussetzungen außer für das Modulelement Tutortätigkeit (s. separate Beschreibung). Hier wird nur zugelassen, wer das zu betreuende Modulelement bereits erfolgreich abgeschlossen hat.
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>	Klausuren oder mündliche Prüfungen
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>	Vorlesungen, Praktika, Übungen
<b>Arbeitsaufwand</b>	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.
<b>Modulnote</b>	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. <b>5. + 6.</b>	Regelstudiensem. <b>6.</b>	Turnus <b>Jedes Semester</b>	Dauer <b>1 Semester</b>	SWS <b>2</b>	ECTS-Punkte <b>2</b>

<b>Modulverantwortliche/r</b>	Studiendekan/in	
<b>Dozent/inn/en</b>	Dozenten der Physik bzw. Systems Engineering	
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>	Bachelor Quantum Engineering, Freie Wahlpflicht	
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Erfolgreicher Abschluss des zu betreuenden Moduls	
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>	Hospitation der von den Tutoren abgehaltenen Lehrveranstaltungen	
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>	Betreuung von Übungen	
<b>Arbeitsaufwand</b>	Präsenzzeit	15 Stunden
	Vorbereitung der Übungen/Praktika	45 Stunden
	Summe	60 Stunden
<b>Modulnote</b>	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. <b>6.</b>	Regelstudiensem. <b>6.</b>	Turnus <b>Jedes Semester</b>	Dauer <b>1 Semester</b>	SWS <b>2</b>	ECTS-Punkte <b>6</b>

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

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

**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:  

- 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.