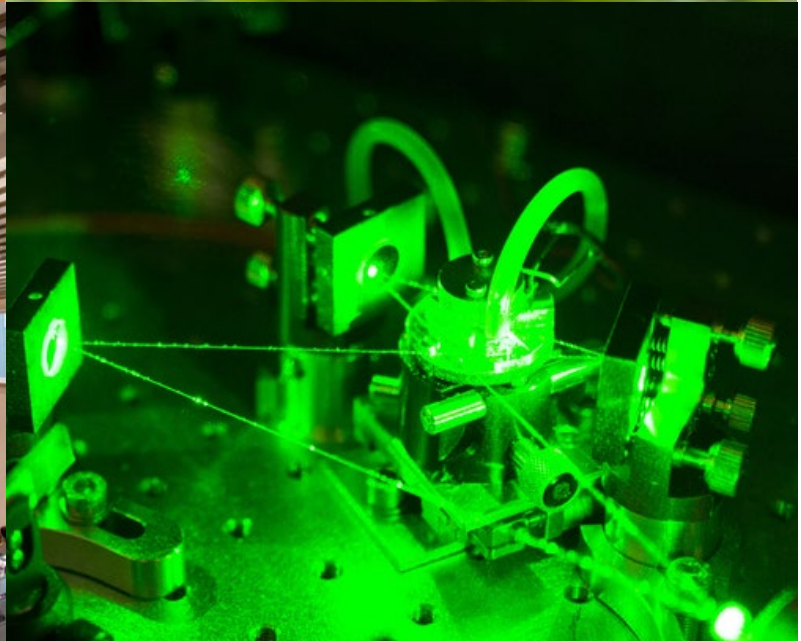


universität freiburg

# Modulhandbuch

## Bachelor-of-Science (B.Sc.) Physik

Physikalisches Institut  
Fakultät für Mathematik und Physik  
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg



Fach	Physik
Abschluss	Bachelor of Science (B.Sc.)
Prüfungsordnung	PO 2020
Art des Studiengangs	grundständig
Studienform	Vollzeitstudium
Studiendauer	6 Semester (Regelstudienzeit)
Unterrichtssprache	deutsch
Studienbeginn	Wintersemester
Hochschule	Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Fakultät	Fakultät für Mathematik und Physik
Institut	Physikalisches Institut
Homepage	<a href="http://www.physik.uni-freiburg.de">www.physik.uni-freiburg.de</a>
Profil des Studiengangs	<p>Der B.Sc. Studiengang in Physik ist wissenschaftsorientiert und vermittelt im Rahmen seiner aufeinander aufbauenden Kursvorlesungen die volle Breite der experimentellen und theoretischen Grundlagen der Physik. Ziel ist eine möglichst breite Physikausbildung und eine dadurch bedingte Berufsbefähigung. Diese wird durch eine begrenzte fachliche Schwerpunktsetzung und insbesondere durch die Vermittlung von Schlüsselqualifikationen innerhalb und außerhalb der fachlichen Ausbildung unterstützt. Der Bachelor-Studiengang ermöglicht somit einerseits einen frühen Einstieg ins Berufsleben und befähigt andererseits die Absolventen/innen zu einem weiterführenden Studium, etwa im Rahmen eines anschließenden Masterstudiums.</p>
Ausbildungsziele / Qualifikationsziele des Studiengangs	<p>Die wesentlichen Kompetenzen für eine spätere naturwissenschaftlich-technische Tätigkeit, die durch das Studium vermittelt werden, sind neben der fachlichen Ausgewiesenheit etwa das sichere Beherrschen der grundlegenden Mathematik, der vertraute Umgang mit Mess- und Gerätetechnik, die selbständige Bewertung und Einschätzung von Forschungsergebnissen, die konstruktive Mitarbeit in einem Team, sowie die Fähigkeit komplexe Sachverhalte analysieren, darstellen und erklären zu können. Neben dem fachspezifischen Wissen werden auch überfachliche und berufsfeldbezogene Kompetenzen vermittelt, um etwa den diversen Anforderungen auf dem Arbeitsmarkt zu begegnen.</p> <p>Fachliche Qualifikationsziele:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Absolvent:innen verfügen über Kenntnisse der Theoretischen und Experimentellen Physik und der Methoden der Mathematik</li> <li>■ Sie haben sich vertiefte Fachkompetenz in mindestens einem Spezialgebiet der Physik angeeignet</li> <li>■ Sie verfügen über praktisches Wissen, insbesondere Kenntnisse von Messverfahren und beherrschen den Umgang mit wissenschaftlich/technischem Gerät</li> <li>■ Sie haben die Regeln Guter Wissenschaftlicher Praxis verinnerlicht und beachten diese in ihrer Tätigkeit</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Absolvent:innen haben methodische Kenntnisse zur Rezeption und Interpretation von Fachliteratur und zur Bewertung publizierter wissenschaftlicher Ergebnisse</li> <li>■ Sie haben die Kompetenz, innerhalb einer vorgegebenen Frist ein Problem aus dem Bereich der Physik mit wissenschaftlichen Methoden zu bearbeiten und ihre Ergebnisse in Wort und Schrift zu präsentieren.</li> </ul> <p>Überfachliche Qualifikationsziele:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Absolvent:innen besitzen praxisnahe Fertigkeiten in den Bereichen Elektronik, Datenverarbeitung und Informatik/Programmierung</li> <li>■ Sie verfügen über berufsorientierte Fertigkeiten in selbst gewählten Kompetenzbereichen (z.B. EDV, Management oder Sprachen).</li> <li>■ Sie verfügen über Analyse-, Problemlöse- und Entscheidungskompetenz unter Berücksichtigung fachlicher, gesellschaftlicher und ethischer Aspekte.</li> <li>■ Absolvent:innen haben Kommunikationsfertigkeiten erworben, um wissenschaftliche Informationen mit Experten und Laien angemessen zu kommunizieren</li> <li>■ Sie haben Interkulturelle Kompetenz und können in multinationalen Teams arbeiten.</li> </ul>
Zugangsvoraussetzungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Hochschulzugangsberechtigung (Abitur) oder ausländischer Bildungsnachweis, der von der zuständigen staatlichen Stelle als gleichwertig anerkannt worden ist.</li> <li>■ Deutsche Sprachkenntnisse auf Niveau C1 entsprechend des Gemeinsamen Europäischen Referenzrahmens für Sprachen.</li> </ul>

## Vorbemerkungen:

Dieses Modulhandbuch ersetzt nicht das Vorlesungsverzeichnis, welches jedes Semester aktualisiert und veröffentlicht wird und jeweils aktuelle Informationen zu den Veranstaltungen enthält (z.B. Zeit, Ort und Dozent:in).

## Verzeichnis der Abkürzungen

<b>BOK</b>	Berufsfeldorientierte Kompetenzen
<b>B.Sc.</b>	Bachelor-of-Science
<b>HISinOne</b>	das Campus Management-Portal an der Universität Freiburg (enthält Vorlesungsverzeichnisse und Studienplaner, sowie Leistungsübersichten und Prüfungsanmeldemöglichkeit)
<b>PL</b>	Prüfungsleistung (benotete Leistungen; gehen in die Endnote ein)
<b>SL</b>	Studienleistung (unbenotete Leistungen; gehen nicht in die Endnote ein)
<b>V</b>	Vorlesung
<b>Ü</b>	Übungen
<b>S</b>	Seminar
<b>Lab</b>	Laborpraktika
<b>SoSe</b>	Sommersemester
<b>WiSe</b>	Wintersemester
<b>ECTS</b>	Leistungspunkte gemäß dem <i>European Credit Transfer System</i>
<b>SWS</b>	Semesterwochenstunden (1 SWS entspricht einer Veranstaltung von 45 Minuten Dauer, die im Semester wöchentlich stattfindet)

## Inhaltsverzeichnis

<b>1. Bachelor of Science (B.Sc.) Physik .....</b>	<b>3</b>
1.1. Struktur und Aufbau des Studiengangs .....	3
1.2. Prüfungs- und Studienleistungen .....	4
1.3. Arbeitsaufwand / ECTS-Punkte System .....	5
1.4. Pflicht- und Wahlpflichtmodule .....	5
1.5. Berufsfeldorientierte Kompetenzen (BOK) .....	5
1.6. Bachelorarbeit .....	6
1.7. Bildung der Gesamtnote .....	6
<b>2. Studienorganisation .....</b>	<b>7</b>
2.1. Zeitlicher Studienverlauf / Studienplan .....	7
2.2. Belegung von Lehrveranstaltungen .....	7
2.3. Anmeldung zu Studien- und Prüfungsleistungen .....	8
2.4. Wiederholung von Prüfungen .....	8
<b>3. Beschreibung der Module .....</b>	<b>9</b>
3.1. Pflichtbereich .....	9
3.1.1. Mathematik A (9 ECTS Punkte) .....	10
3.1.2. Mathematik B (9 ECTS Punkte) .....	12
3.1.4. Mathematik C (9 ECTS Punkte) .....	14
3.1.5. Mathematik D (9 ECTS Punkte) .....	16
3.1.6. Experimentalphysik A (16 ECTS Punkte) .....	18
3.1.7. Experimentalphysik B (7 ECTS Punkte) .....	20
3.1.8. Experimentalphysik C (7 ECTS Punkte) .....	21
3.1.9. Experimentalphysik D (7 ECTS Punkte) .....	22
3.1.10. Theoretische Physik A (18 ECTS Punkte) .....	23
3.1.11. Theoretische Physik B (8 ECTS Punkte) .....	26
3.1.12. Theoretische Physik C (8 ECTS Punkte) .....	28
3.1.13. Physiklabor A (17 ECTS Punkte) .....	30
3.1.14. Physiklabor B (12 ECTS Punkte) .....	33
3.1.15. Bachelormodul (12 ECTS Punkte) .....	35

3.2. Wahlpflichtbereich.....	37
3.2.1. Wahlpflichtmodul Physik (11 ECTS Punkte).....	37
3.2.2. Wahlpflichtmodul Physik oder Mathematik (5 ECTS Punkte).....	39
3.2.3. Fachfremdes Wahlpflichtmodul (8 ECTS Punkte) .....	40
<b>4. Physikveranstaltungen im Wahlpflichtbereich .....</b>	<b>41</b>
4.1.1. Grundlagen der Halbleiterphysik (5 ECTS Punkte) .....	42
4.1.2. Biophysik: Grundlagen und Konzepte (7 ECTS Punkte) .....	43
4.1.3. Datenanalyse für Naturwissenschaftler/innen: Statistische Methoden in Theorie und Praxis (7 ECTS Punkte) .....	45
4.1.4. Photovoltaische Energiekonversion (5 ECTS Punkte).....	47
4.1.5. Einführung in die Moderne Digitalelektronik (7 ECTS Punkte) .....	48
4.1.6. Einführung in die Astrophysik (7 ECTS Punkte) .....	49
4.1.7. Dynamische Systeme in der Biologie (7 ECTS Punkte) .....	50
4.1.8. Spezielle Relativitätstheorie (5 ECTS Punkte).....	51
4.1.9. Einführung in Maschinelles Lernen (7 ECTS Punkte).....	52



# 1. Bachelor of Science (B.Sc.) Physik

## 1.1. Struktur und Aufbau des Studiengangs

Der Gesamtumfang des Studiengangs B.Sc. Physik entspricht 180 ECTS-Punkten. Dabei entfallen 160 ECTS-Punkte auf das Hauptfach Physik, wobei mindestens 8 und höchstens 13 ECTS-Punkte davon in fachfremden Wahlmodulen erbracht werden. Die restlichen 20 ECTS-Punkte werden als Berufsfeldorientierte Kompetenzen (BOK) absolviert, wobei 12 ECTS-Punkte davon als interne BOK am Physikalischen Institut und weitere 8 ECTS-Punkte extern am Zentrum für Schlüsselqualifikationen (ZfS) erbracht werden.

### Pflichtbereich:

Modul	Lehrveranstaltung	Art	SWS	ECTS-Punkte	FS	Studienleistung/ Prüfungsleistung
<b>Mathematik A</b>	Analysis I	V+Ü	4 + 2	9	1	SL: Übungen SL: Klausur
<b>Mathematik B</b>	Lineare Algebra I	V+Ü	4 + 2	9	1	SL: Übungen SL: Klausur
<b>Mathematik C</b>	Mathematik I für Studierende der Physik	V+Ü	4 + 2	9	2	SL: Übungen PL: Klausur
<b>Mathematik D</b>	Mathematik II für Studierende der Physik	V+Ü	4 + 2	9	3	SL: Übungen und/oder Klausur
<b>Experimental- physik A</b>	Experimentalphysik I	V+Ü	4 + 2	8	1	SL: Übungen SL: Klausur
	Experimentalphysik II	V+Ü	4 + 2	8	2	SL: Übungen SL: Klausur
	Modulabschlussprüfung*) (Orientierungsprüfung)				2	PL: mündliche Prüfung
<b>Experimental- physik B</b>	Experimentalphysik III	V+Ü	4 + 2	7	3	SL: Übungen PL: Klausur
<b>Experimental- physik C</b>	Experimentalphysik IV	V+Ü	4 + 2	7	4	SL: Übungen PL: Klausur
<b>Experimental- physik D</b>	Experimentalphysik V	V+Ü	4 + 2	7	5	SL: Übungen PL: Klausur
<b>Theoretische Physik A</b>	Theoretische Physik I	V+Ü	4 + 2	9	2	SL: Übungen SL: Klausur
	Theoretische Physik II	V+Ü	4 + 2	9	3	SL: Übungen SL: Klausur
	Modulabschlussprüfung**)				3	PL: mündliche Prüfung
<b>Theoretische Physik B</b>	Theoretische Physik III	V+Ü	4 + 2	8	4	SL: Übungen PL: Klausur
<b>Theoretische Physik C</b>	Theoretische Physik IV	V+Ü	4 + 2	8	5	SL: Übungen PL: Klausur
<b>Physiklabor A***)</b>	Wissenschaftliches Programmieren	V+Ü	2 + 2	5	1	SL: Übungen und Klausur
	Physiklabor für Anfänger und Anfängerinnen Teil 1	Lab	5	6	2	PL: mündl. Prüfung, prakt. Leistung und schriftl. Ausarbeitung (Protokoll)

	Physiklabor für Anfänger und Anfängerinnen Teil 2	Lab	5	6	3	PL: mündl. Prüfung, prakt. Leistung und schriftl. Ausarbeitung (Protokoll)
<b>Physiklabor B</b>	Experimentelle Methoden	V+Ü	2 + 2	5	4	SL: Übungen und Klausur
	Physiklabor für Fortgeschrittene	Lab	10	7	5	PL: mündl. Prüfung, prakt. Leistung und schriftl. Ausarbeitung (Protokoll)
<b>Bachelormodul</b>	Bachelorarbeit			10	6	PL: schriftlich
	Bachelorkolloquium	K		2	6	SL: Vortrag

### Wahlpflichtbereich:

Modul	Lehrveranstaltung	Art	SWS	ECTS	Empf. FS	Studienleistung/ Prüfungsleistung
<b>Wahlpflichtmodul Physik</b>	Seminar	S	2	4	4-6	PL: Vortrag
	Spezialvorlesung	V+Ü	3 + 2	7	4-6	SL: Übungen PL: Klausur oder mündl. Prüfung
<b>Wahlpflichtmodul Physik oder Mathematik</b>	Geeignete Lehrveranstaltung nach Wahl	variabel	-	5	4-6	SL
<b>Fachfremdes Wahlpflichtmodul</b>	Geeignete Lehrveranstaltung nach Wahl	variabel	-	8	2-6	SL

Abkürzungen in den Tabellen:

Art = Art der Veranstaltung; SWS = vorgesehene Semesterwochenstundenzahl; Empf. FS = empfohlenes Fachsemester; K = Kolloquium; S = Seminar; V = Vorlesung; Ü = Übung; Lab = Labor; PL = Prüfungsleistung; SL = Studienleistung

\*) Die **Orientierungsprüfung** besteht aus der mündlichen *Modulabschlussprüfung Experimentalphysik A* und soll erstmalig am Ende des 2. Fachsemesters abgelegt werden, muss jedoch spätestens bis Ende des 3. Fachsemesters erfolgreich bestanden sein. Für die Teilnahme an der Prüfung bestehen keine Voraussetzungen. Prüfungsgegenstand ist der Inhalt der Lehrveranstaltungen Experimentalphysik I und II.

\*\*) Voraussetzung für die Teilnahme an der mündlichen *Modulabschlussprüfung Theoretische Physik A* ist das Erbringen der Klausuren in Theoretischer Physik I und II. Die didaktischen Gründe für die Zulassungsvoraussetzung werden in der Modulbeschreibung erläutert. Prüfungsgegenstand ist der Lehrstoff beider Lehrveranstaltungen.

\*\*\*) Die Moduleile im **Physiklabor A** erstrecken sich formal über 3 Semester. Dies begründet sich darin, dass die Lehrveranstaltung *Wissenschaftliches Programmieren* in besonderer Weise auf die Physiklabore für Anfänger:innen vorbereitet, da sie dafür notwendige Programmier- und Datenauswertekenntnisse vermittelt und somit sinnvollerweise vor Beginn des ersten Laborteils absolviert werden soll. Da die beiden Moduleile *Physiklabor für Anfänger:innen Teil 1 und 2* aufeinander aufbauend strukturiert sind, müssen auch diese aus didaktischen Gründen in aufeinanderfolgenden Semestern absolviert werden.

## 1.2. Prüfungs- und Studienleistungen

Ein Modul ist dann erfolgreich absolviert, wenn alle darin enthaltenen Prüfungs- und Studienleistungen erbracht wurden.



**Prüfungsleistungen (PL)** sind schriftliche oder mündliche Modulprüfungen, in denen alle Komponenten eines Moduls abgeprüft werden. Prüfungsleistungen sind grundsätzlich benotet und gehen entsprechend der in 1.7. dargestellten Gewichtung in die Gesamtnote ein.

**Studienleistungen (SL)** sind individuelle Leistungen, die von den Studierenden im Zusammenhang mit Lehrveranstaltungen erbracht werden. In der Regel bestehen diese aus der regelmäßigen und erfolgreichen Teilnahme an schriftlichen Übungen oder an Klausuren. Studienleistungen sind nicht benotet und gehen somit nicht in die Endnote ein.

Die **erfolgreiche Teilnahme** an den Übungen erfordert das Erreichen von mindestens 50-60% der insgesamt für die Bearbeitung der Übungsblätter vergebenen Punkte und 1-2-maliges Vorrechnen im wöchentlichen Tutorat. Die **regelmäßige Teilnahme** an den Übungen ist in der Prüfungsordnung definiert und gilt als erfolgt, wenn nicht mehr als 15% der Übungsstunden versäumt wurden.

### 1.3. Arbeitsaufwand / ECTS-Punkte System

Das *European Credit Transfer System (ECTS)* ist ein System, das europaweit mehr Kompatibilität und Mobilität zwischen den Studiengängen der Hochschulen in den verschiedenen Ländern herstellen soll. Die im Studium zu erwerbenden ECTS-Punkte bestimmen den zeitlichen Aufwand der für ein Modul zu erbringen ist. Dabei entspricht ein ECTS-Punkt einem Arbeitsaufwand von etwa 30 Stunden pro Semester. Der Arbeitsaufwand beinhaltet die Teilnahme an den Lehrveranstaltungen, deren Vor- und Nachbereitung, Bearbeitung der Übungsaufgaben, sowie Prüfungsvorbereitung und Prüfungen. Das ECTS-System ermöglicht die Akkumulation von Punkten und Noten vom ersten Semester an und erleichtert damit die Dokumentation des Studienfortschritts.

### 1.4. Pflicht- und Wahlpflichtmodule

#### Pflichtmodule

Die Veranstaltungen im Pflichtbereich umfassen die Grundvorlesungen in Mathematik, Experimenteller und Theoretischer Physik, sowie die Physiklabore und die Bachelorarbeit. Außer bei der Wahl des Bachelorarbeitsthemas bestehen im Pflichtbereich keine Wahlmöglichkeiten.

#### Wahlpflichtmodul Physik

Die Veranstaltungen im Rahmen des Wahlpflichtmoduls Physik (ein Seminar und eine Spezialvorlesung) sind aus dem Angebot des B.Sc. Studiengangs Physik frei wählbar. Die erbrachten Leistungen sind benotet und gehen in die Endnote ein. Veranstaltungen aus den M.Sc. Studiengängen können nach Absprache mit dem jeweiligen Dozenten als Spezialvorlesung im B.Sc. Studiengang belegt werden.

#### Wahlpflichtmodul Physik oder Mathematik

In diesem Wahlpflichtmodul können beliebige Veranstaltungen aus den B.Sc. Studiengängen Physik und/o-der Mathematik gewählt werden, die noch nicht im Rahmen anderer Module belegt wurden. Außerdem können ausgewählte Veranstaltungen der M.Sc. Studiengänge belegt werden. Die erbrachten Leistungen sind unbenotet und gehen somit nicht in die Endnote ein.

#### Fachfremdes Wahlpflichtmodul

Veranstaltungen im Rahmen des Fachfremden Wahlmoduls werden stets nach den Modalitäten der anbietenden Lehreinheit behandelt. Belegfristen und Bedingungen zum Erwerb der Studienleistungen sind dabei zu beachten. In vielen Fällen sind Anmeldungen erforderlich. Man sollte sich absolvierte Studienleistungen bescheinigen lassen, so dass diese anschließend durch das Prüfungsamt des Physikalischen Instituts verbucht werden können.

### 1.5. Berufsfeldorientierte Kompetenzen (BOK)

Der Bereich „Berufsfeldorientierte Kompetenzen (BOK)“ bietet den Studierenden die Möglichkeit Zusatzqualifikationen mit einem persönlichen Profil zu erwerben. Dabei sollen insbesondere übergreifende

Schlüsselqualifikationen gefördert werden, um etwa den Anforderungen des Arbeitsmarktes zu begegnen. Zur Gestaltung und Organisation dieses Bereiches hat die Universität Freiburg eine eigene fakultätsübergreifende Einrichtung, das Zentrum für Schlüsselqualifikationen (ZfS), gegründet. Die BOK-Veranstaltungen des ZfS der Universität Freiburg gliedern sich in die Kompetenzfelder *Management, Kommunikation, Medien, EDV* und *Fremdsprachen*.

Im Bereich BOK sind insgesamt 20 ECTS-Punkte zu erwerben, wovon 12 ECTS bereits im Rahmen der Labore und eines Seminars am Physikalischen Institut erbracht werden („interne BOK“). Die übrigen 8 ECTS werden in Veranstaltungen des ZfS erbracht, wobei die Studierenden dabei frei wählen können, in welchen Bereichen sie Kompetenzen erwerben möchten.

Beachten Sie insbesondere auch das Angebot der BOK-Kurse des Physikalischen Instituts:

- Einführung in die Digitalelektronik
- Statistische Methoden der Datenanalyse

Das aktuelle Angebot ist den Vorlesungsverzeichnissen des Instituts und des ZfS zu entnehmen. Die Anmeldung muss in jedem Fall über das ZfS erfolgen. Das gesamte Angebot, die Teilnahmebedingungen, Anmeldemodalitäten und weitere Informationen entnehmen Sie bitte den Internetseiten des ZfS unter <http://www.zfs.uni-freiburg.de>.

## 1.6. Bachelorarbeit

Im Rahmen der Bachelorarbeit wird unter Anleitung ein Forschungsthema selbständig **nach wissenschaftlichen Methoden der Physik** bearbeitet und eine eigenständige wissenschaftliche Arbeit angefertigt. Die/der Studierende wählt dazu eine/n Betreuer/in und ein allgemeines Arbeitsgebiet. Das eigentliche Bearbeitungsthema wird dann mit der Anmeldung der Bachelorarbeit von dem/von der Betreuer/in vergeben. Die Bearbeitungszeit beträgt vom Tag der Bekanntgabe des Themas und der Anmeldung exakt 3 Monate. Mit der Bachelorarbeit kann erst begonnen werden, wenn 120 ECTS-Punkte im Pflichtbereich erfolgreich absolviert wurden.

## 1.7. Bildung der Gesamtnote

Die Gesamtnote errechnet sich aus den Noten der einzelnen Module gemäß folgender Gewichtung, die dem Arbeitsaufwand sowie der fachwissenschaftlichen Relevanz der jeweiligen Module Rechnung trägt:

Modul	Gewicht in der Gesamtnote
Mathematik C	13 Prozent
Experimentalphysik A	12 Prozent
Experimentalphysik B	5 Prozent
Experimentalphysik C	5 Prozent
Experimentalphysik D	5 Prozent
Theoretische Physik A	12 Prozent
Theoretische Physik B	6 Prozent
Theoretische Physik C	6 Prozent
Physiklabor A	8 Prozent
Physiklabor B	5 Prozent
Wahlpflicht Physik	9 Prozent
Bachelorarbeit	14 Prozent

## 2. Studienorganisation

### 2.1. Zeitlicher Studienverlauf / Studienplan

Der Verlauf des Studiums ist nicht vorgeschrieben, sofern die Rahmenbedingungen gemäß der Prüfungsordnung eingehalten werden. Es wird aber ein Studienverlauf entsprechend dem folgenden Plan empfohlen (Veranstaltungen eines Moduls tragen die gleiche Farbe):

FS	Mathematik Module		Theoretische Physik A - C	Experimentalphysik A - D	Physiklabore A + B	Mündl. Prüfungen	Wahlpflichtmodule	Σ ECTS
1	Lineare Algebra I 9 ECTS	Analysis I 9 ECTS		Experimentalphysik I 8 ECTS	Wissenschaftl. Programmieren 5 ECTS			31
2	Mathematik I für Studierende der Physik 9 ECTS		Theoretische Physik I 9 ECTS	Experimentalphysik II 8 ECTS	Physiklabor für Anfänger I 6 ECTS	Experimentalphysik A (Orientierungsprüfung)		32
3	Mathematik II für Studierende der Physik 9 ECTS		Theoretische Physik II 9 ECTS	Experimentalphysik III 7 ECTS	Physiklabor für Anfänger II 6 ECTS	Theoretische Physik A		31
4			Theoretische Physik III 8 ECTS	Experimentalphysik IV 7 ECTS	Experimentelle Methoden 5 ECTS		Fachfremdes Wahlpflichtmodul 8 ECTS	28
5			Theoretische Physik IV 8 ECTS	Experimentalphysik V 7 ECTS	Physiklabor für Fortgeschrittene 7 ECTS		Seminar 4 ECTS BOK 4 ECTS	30
6	Bachelorarbeit und Kolloquium 10+2 ECTS						Spezialvorlesungen 7 + 5 ECTS BOK 4 ECTS	28

Die Modulabschlussprüfung *Experimentalphysik A* ist die Orientierungsprüfung und muss bis spätestens Ende des 3. Fachsemesters erfolgreich abgelegt werden. Die mündlichen Modulabschlussprüfungen *Experimentalphysik A* und *Theoretische Physik A* finden in der Regel jeweils in einem 3-wöchigen Zeitraum zu Beginn eines Semesters statt. Die Physiklabore werden jeweils in der vorlesungsfreien Zeit durchgeführt.

### 2.2. Belegung von Lehrveranstaltungen

Für die Teilnahme an Vorlesungen wird eine Online-Belegung empfohlen. Belegungen sind über das Campus-Management System HISinOne <https://campus.uni-freiburg.de/> vor Vorlesungsbeginn bis Ende der Vorlesungszeit möglich. Die Belegung einer Vorlesung ist **nicht** bindend und verpflichtet **nicht** zur Teilnahme an den Übungen und der abschließenden Prüfung. Dafür sind separate Anmeldungen zu Studien- und Prüfungsleistungen notwendig (siehe 2.3).

Zur Teilnahme an den Physiklaboren ist zunächst eine Anmeldung bei der jeweiligen Laborleitung, z.B. online über die zentrale Lernplattform ILIAS <https://ilias.uni-freiburg.de/>, notwendig (Details siehe: [www.physik.uni-freiburg.de/studium/labore/](http://www.physik.uni-freiburg.de/studium/labore/)).

## 2.3. Anmeldung zu Studien- und Prüfungsleistungen

Zum Abschluss eines Moduls müssen alle darin enthaltenen Studien- und Prüfungsleistungen bestanden werden. **Studienleistungen** sind in der Regel die erfolgreiche Teilnahme an Übungen und/oder Klausuren. **Prüfungsleistungen** sind in der Regel Klausuren, mündl. Prüfungen, Seminarvorträge oder Laborpraktika. Für die Teilnahme an Studienleistungen oder studienbegleitenden Prüfungsleistungen ist eine fristgerechte Prüfungsanmeldung über das elektronische Campus-Management System HISinOne <https://campus.uni-freiburg.de/> notwendig. Der gemeinsame Anmeldezeitraum der Physik beginnt zu Vorlesungsbeginn und endet eine Woche vor der ersten Prüfung. Innerhalb dieses Zeitraums sind sowohl Anmeldungen als auch Stornierungen möglich. Die aktuellen Termine und Modalitäten werden auf der Homepage des Prüfungsamts Physik [www.physik.uni-freiburg.de/studium/pruefungen](http://www.physik.uni-freiburg.de/studium/pruefungen) bekannt gegeben.

Die Anmeldung zu Klausuren sollte für den ersten anberaumten Klausurtermin erfolgen. Abweichend davon ist es für die Prüfungen der Kursvorlesungen gestattet zum Zwecke des Entzerrens von Prüfungsterminen sich erst zur Nachholklausur als Erstversuch anzumelden. Davon wird jedoch abgeraten, da in diesem Fall eine Prüfungswiederholung erst wieder ein ganzes Jahr später möglich ist, was unter Umständen zu einer Studienzeitverlängerung führt.

Online-Anmeldung zu den mündlichen Modulabschlussprüfungen *Experimentalphysik A* und *Theoretische Physik A* haben getrennt zu erfolgen. Die Anmeldefristen dazu werden ebenfalls vom Prüfungsamt Physik bekanntgegeben.

Für eine rechtzeitige Anmeldung zu den Studien- und Prüfungsleistungen ist der/die Student:in verantwortlich. Das Versäumen der Anmeldefrist führt zum Ausschluss von der Prüfung.

## 2.4. Wiederholung von Prüfungen

Nicht bestandene Prüfungsleistungen können einmalig wiederholt werden. Die Wiederholungsprüfung muss zum nächstmöglichen Prüfungstermin stattfinden. Für **drei** Prüfungsleistungen wird zusätzlich eine zweite Wiederholung zugelassen. Ausgenommen davon ist die Bachelorarbeit, die nur einmal wiederholt werden darf.

Die Wiederholung bereits bestandener Prüfungsleistungen zum Zwecke der Notenverbesserung ist nicht gestattet.

## 3. Beschreibung der Module

### 3.1. Pflichtbereich

Im Rahmen des Pflichtbereichs sind insgesamt 148 ECTS-Punkte zu absolvieren. Diese sind in folgende Module unterteilt:

- Module der Mathematik im Umfang von 36 ECTS-Punkten,
- Module der Theoretischen Physik im Umfang von 34 ECTS-Punkten,
- Module der Experimentalphysik im Umfang von 37 ECTS-Punkten,
- Physik-Labore und zugehörige Veranstaltungen im Umfang von 29 ECTS-Punkten,
- Und die Bachelorarbeit mit Kolloquium im Umfang von 12 ECTS-Punkten

Im Pflichtbereich bestehen keine Wahlmöglichkeiten.

### 3.1.1. Mathematik A (9 ECTS Punkte)

Modul 07LE33M-BSc-MathA	Mathematik A						9 ECTS
Verantwortlich	Studiendekan:in Mathematik						
Lehrveranstaltungen	Veranstaltung	Art	SWS	ECTS	Prüfung	Semester	
	Analysis I	V	4	9	SL: Klausur	WiSe	
	Analysis I	Ü	2		SL: Übung	WiSe	
	Gesamt:		4+2	9			
Zu erbringende Prüfungs- und Studienleistungen	Die Studienleistungen bestehen aus einer schriftlichen Klausur (Dauer: 60-180 Minuten) und aus der regelmäßigen und erfolgreichen Teilnahme an den Übungen.						
Modulnote	-						
Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> <li>Die Studierenden lernen durch Vorlesung, Übung und selbständiges Nacharbeiten mathematische Inhalte zu erfassen. Sie kennen die Inhalte der Vorlesung – insbesondere die vermittelten Problemstellungen, Konzepte, Begriffe, Definitionen, Sätze, Beweise, Beweistechniken und Berechnungsverfahren.</li> <li>Sie erfahren den systematischen Aufbau der Mathematik aus axiomatischen Grundlagen und können diesen nachvollziehen und erklären.</li> <li>Sie kennen und verstehen die grundlegende mathematische Fach- und Formelsprache und können diese nutzen, um sich mündlich wie schriftlich mathematisch präzise und nachvollziehbar auszudrücken und korrekt zu argumentieren.</li> <li>Sie können typische Fragestellungen aus dem Bereich der Analysis I mit Hilfe der erlernten Konzepte analysieren, Lösungsstrategien entwickeln, Vermutungen überprüfen, mathematisch exakte Beweise führen, vorgelegte Beweisideen auf Korrektheit prüfen und typische Übungsaufgaben selbständig lösen.</li> <li>Sie nutzen Funktionen und analytische Methoden zur Bearbeitung von Problemen verschiedener mathematischer Gebiete, insbesondere zur Modellierung realer Phänomene. Sie erkennen Querverbindungen zur linearen Algebra und zur Physik und erhalten ein Grundverständnis für Probleme der Numerik.</li> </ul>						
Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> <li>Grundlagen der Mengenlehre, Äquivalenz- und Ordnungsrelationen</li> <li>Einführung in die komplexen Zahlen, Euler-Formel, Beziehungen zu trigonometrischen und hyperbolischen Funktionen.</li> <li>Beweisverfahren</li> <li>Funktionen, Umkehrfunktionen</li> <li>Folgen, Grenzwerte, Cauchy-Grenzwert, offene und geschlossene Mengen</li> <li>Reihen, Konvergenzkriterien, Stetigkeit von Funktionen</li> <li>Ableitung von Funktionen in einer Dimension, Ableitungsregeln</li> <li>Integration von Funktionen in einer Dimension, Integrationsregeln</li> <li>Taylor-Formel</li> <li>Extremwertprobleme</li> </ul>						



Arbeitsaufwand in Stunden	Veranstaltung	Art	Präsenz	Selbststudium	Summe
	Analysis I	V	60 h	120 h	180 h
	Analysis I	Ü	30 h	60 h	90 h
	<b>Gesamt:</b>		<b>90 h</b>	<b>180 h</b>	<b>270 h</b>
<b>Verwendbarkeit</b>	B.Sc. Physik, Pflichtbereich				
<b>Vorkenntnisse</b>	Empfohlen werden die Inhalte des Vorkurs Mathematik.				
<b>Sprache</b>	Deutsch				

### 3.1.2. Mathematik B (9 ECTS Punkte)

Modul 07LE33M-BSc-MathB	Mathematik B						9 ECTS
Verantwortlich	Studiendekan:in Mathematik						
Lehrveranstaltungen	Veranstaltung	Art	SWS	ECTS	Prüfung	Semester	
	Lineare Algebra I	V	4	9	SL: Klausur	WiSe	
	Lineare Algebra I	Ü	2		SL: Übung	WiSe	
	Gesamt:		4+2	9			
Zu erbringende Prüfungs- und Studienleistungen	Die Studienleistungen bestehen aus einer schriftlichen Klausur (Dauer: 60-180 Minuten) und aus der regelmäßigen und erfolgreichen Teilnahme an den Übungen.						
Modulnote	-						
Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> <li>Die Studierenden lernen durch Vorlesung, Übung und selbständiges Nacharbeiten mathematische Inhalte zu erfassen. Sie kennen die Inhalte der Vorlesung – insbesondere die vermittelten Problemstellungen, Konzepte, Begriffe, Definitionen, Sätze, Beweise, Beweistechniken und Berechnungsverfahren.</li> <li>Sie erfahren den systematischen Aufbau der Mathematik aus axiomatischen Grundlagen und können diesen nachvollziehen und erklären.</li> <li>Sie kennen und verstehen die grundlegende mathematische Fach- und Formelsprache und können diese nutzen, um sich mündlich wie schriftlich mathematisch präzise und nachvollziehbar auszudrücken und korrekt zu argumentieren.</li> <li>Sie können typische Fragestellungen aus dem Bereich der Linearen Algebra I mit Hilfe der erlernten Konzepte analysieren, Lösungsstrategien entwickeln, Vermutungen überprüfen, mathematisch exakte Beweise führen, vorgelegte Beweisideen auf Korrektheit prüfen und typische Übungsaufgaben selbständig lösen.</li> <li>Sie nutzen Werkzeuge der Linearen Algebra zur Bearbeitung von Problemen verschiedener mathematischer Gebiete, sowie zur Formulierung und Lösung geometrischer Probleme.</li> </ul>						
Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> <li>Grundbegriffe, Gruppen, Körper, Vektorräume über beliebigen Körpern, Basis und Dimension, lineare Abbildungen und darstellende Matrix, Matrizenkalkül</li> <li>lineare Gleichungssysteme, Gauß-Algorithmus, Linearformen, Dualraum, Quotientenvektorräume und Homomorphiesatz, Determinante, Eigenwerte, Polynome, charakteristisches Polynom, Hauptraumzerlegung, Jordan'sche Normalform, Diagonalisierbarkeit.</li> </ul>						
Arbeitsaufwand in Stunden	Veranstaltung	Art	Präsenz	Selbststudium	Summe		
	Lineare Algebra I	V	60 h	120 h	180 h		
	Lineare Algebra I	Ü	30 h	60 h	90 h		

	<b>Gesamt:</b>		<b>90 h</b>	<b>180 h</b>	<b>270 h</b>
<b>Verwendbarkeit</b>	B.Sc. Physik, Pflichtbereich				
<b>Vorkenntnisse</b>	Empfohlen werden die Inhalte des Vorkurs Mathematik.				
<b>Sprache</b>	Deutsch				

### 3.1.4. Mathematik C (9 ECTS Punkte)

Modul 07LE33M-BSc-MathC	Mathematik C						9 ECTS
Verantwortlich	Studiendekan:in Physik						
Lehrveranstaltungen	Veranstaltung	Art	SWS	ECTS	Prüfung	Semester	
	Mathematik I für Studierende der Physik	V	4	9	PL: Klausur	SoSe	
	Mathematik I für Studierende der Physik	Ü	2		SL: Übung	SoSe	
	Gesamt:		4+2	9			
Zu erbringende Prüfungs- und Studienleistungen	Die Prüfungsleistung besteht aus einer schriftlichen Klausur (Dauer: 60-180 Minuten). Die Studienleistung besteht aus der regelmäßigen und erfolgreichen Teilnahme an den Übungen.						
Modulnote	Die Modulnote entspricht der Note der abschließenden Prüfungsleistung.						
Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> <li>Die Studierenden beherrschen die Grundlagen der Linearen Algebra endlich dimensionaler Vektorräume und der Analysis. Sie können die Standardverfahren zum Lösen von gewöhnlichen Differentialgleichungen anwenden.</li> <li>Die Studierenden können Funktionen auch in mehreren Variablen ableiten und Taylor-Entwicklungen vornehmen. Sie können in höher dimensionalen Räumen integrieren und kennen die Grundlagen der Differentialgeometrie eingebetteter Räume.</li> <li>Die Studierenden können Matrizen invertieren, selbst-adjungierte Matrizen diagonalisieren und Orthonormalsysteme zu selbst-adjungierten linearen Abbildungen bestimmen.</li> <li>Die Studierenden kennen die Grundlagen der Funktionentheorie und können diese zur Bestimmung von Integralen, zum Lösen zweidimensionaler Laplace-Gleichungen und zur Bestimmung orthonormaler zweidimensionaler Koordinatensysteme anwenden. Sie kennen die mathematischen Grundlagen der Distributionen und können mit Distributionen rechnen.</li> </ul>						
Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> <li>Symmetrische Bilinearformen: Orthogonalbasen, Sylvester'scher Trägheitssatz.</li> <li>Euklidische und Hermiteische Vektorräume: Skalarprodukte, Kreuzprodukt, Gram'sche Determinante.</li> <li>Gram-Schmidt-Verfahren, orthogonale Transformationen, (selbst-) adjungierte Abbildungen, Spektralsatz, Hauptachsentransformation.</li> <li>Affine Räume, Bezugssysteme</li> <li>Topologien im <math>\mathbb{R}^n</math></li> <li>Ableitung (mehrkomponentiger) Funktionen, auch in mehreren Variablen, Ableitungsregeln</li> <li>Taylor-Entwicklung</li> <li>Gewöhnliche Differentialgleichungen</li> <li>Koordinatensysteme, speziell Polar-, Zylinder- und Kugelkoordinaten.</li> </ul>						

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Integration (mehrkomponentig), Wegintegration, Flächen- und Volumenintegration, Gauß'scher und Stokes'scher Satz</li> <li>• Funktionentheorie: Komplexe, holomorphe und meromorphe Funktionen, Laurent-Reihen. Cauchy-Riemann'sche Differentialgleichungen, Komplexe Integration, Satz von Cauchy, Satz von Liouville, Residuensatz.</li> <li>• Distributionen; Rechenregeln für Distributionen, Ableitungen, Variablenwechsel. Distributionen als Grenzwerte regulärer Funktionen und als Randwerte komplexer Funktionen. Funktionalableitung.</li> </ul>				
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	<b>Veranstaltung</b>	<b>Art</b>	<b>Präsenz</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Summe</b>
	Mathematik I für Studierende der Physik	V	60 h	120 h	180 h
	Mathematik I für Studierende der Physik	Ü	30 h	60 h	90 h
	<b>Gesamt:</b>		<b>90 h</b>	<b>180 h</b>	<b>270 h</b>
<b>Verwendbarkeit</b>	B.Sc. Physik, Pflichtbereich				
<b>Vorkenntnisse</b>	Die Inhalte der Grundvorlesungen Analysis I und Lineare Algebra I werden vorausgesetzt.				
<b>Sprache</b>	Deutsch				

### 3.1.5. Mathematik D (9 ECTS Punkte)

Modul 07LE33M-BSc-MathD	Mathematik D						9 ECTS
Verantwortlich	Studiendekan:in Physik						
Lehrveranstaltungen	Veranstaltung	Art	SWS	ECTS	Prüfung	Semester	
	Mathematik II für Studierende der Physik	V	4	9	SL: Klausur	WiSe	
	Mathematik II für Studierende der Physik	Ü	2		SL: Übung	WiSe	
	Gesamt:		4+2	9			
Zu erbringende Prüfungs- und Studienleistungen	Die Studienleistungen bestehen aus einer schriftlichen Klausur (Dauer: 60-180 Minuten) und aus der regelmäßigen und erfolgreichen Teilnahme an den Übungen.						
Modulnote	-						
Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> <li>Die Studierenden können inhomogene Differentialgleichungen mit Green'schen Funktionen lösen. Sie können die Fourier-Transformation zur Berechnung von Green'schen Funktionen anwenden.</li> <li>Sie kennen die Grundlagen von Banach- und Hilbert-Räumen. Sie können bestimmen, ob Operatoren beschränkt sind und kennen die wichtigsten Regeln für den Umgang mit unbeschränkten Operatoren. Sie beherrschen die Bra-Ket-Notation für Hilbert-Räume.</li> <li>Die Studierenden können Fourier-Reihen und Fourier-Transformationen berechnen und können diese Verfahren zum Lösen von Differentialgleichungen einsetzen.</li> <li>Die Studierenden können lineare homogene und inhomogene Differentialgleichungen auch in mehreren Variablen formal lösen. Sie erkennen die behandelten nicht-linearen gewöhnlichen Differentialgleichungen und wissen, welche Funktionen diese Gleichungen lösen. Sie können auch auf der Ebene von Funktionenräumen mit einer Vektorraumstruktur die Ergebnisse der Linearen Algebra (bezüglich der Eigenwerte und Eigenvektoren selbstadjungierter Operatoren) anwenden.</li> </ul>						
Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> <li>Green'sche Funktionen: Definition, der anharmonische Oszillator und die Poisson-Gleichung als einfache Beispiele. Freiheit der Randbedingungen.</li> <li>Banach und Hilbert-Räume: quadratsummierbare Folgen und quadratintegrierbare Funktionen; Dualräume, Entwicklung nach vollständigen Basissystemen, Fourier-Reihen. Kommutatorregeln, selbst-adjungierte und unitäre Operatoren in Hilbert-Räumen.</li> <li>Fourier-Analyse: für Testfunktionen, für Distributionen, im <math>L^2</math>. Anwendung zur Berechnung von Green'schen Funktionen und zum Lösen von Differentialgleichungen.</li> </ul>						



	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gewöhnliche und partielle Differentialgleichungen: Separationsansatz, Wronski-Determinante, Verfahren von Frobenius; homogene und inhomogene Differentialgleichungen. Die wichtigsten Beispiele: Poisson-Gleichung, Helmholtz-Gleichung, Diffusionsgleichung, Wellengleichung, Schrödinger-Gleichung.</li> <li>• Ein-dimensionale Sturm-Liouville-Probleme, Eigenwertprobleme, Orthogonalsysteme</li> <li>• Spezielle Differentialgleichungen: Bessel, Hermite, Legendre, hypergeometrisch, konfluent hypergeometrisch und ihre Lösungen.</li> </ul>				
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	<b>Veranstaltung</b>	<b>Art</b>	<b>Präsenz</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Summe</b>
	Mathematik II für Studierende der Physik	V	60 h	120 h	180 h
	Mathematik II für Studierende der Physik	Ü	30 h	60 h	90 h
	<b>Gesamt:</b>	<b>h</b>	<b>90 h</b>	<b>180 h</b>	<b>270 h</b>
<b>Verwendbarkeit</b>	B.Sc. Physik, Pflichtbereich				
<b>Vorkenntnisse</b>	Die Inhalte der Grundvorlesungen Analysis I, Lineare Algebra I und Mathematik I für Studierende der Physik werden vorausgesetzt.				
<b>Sprache</b>	Deutsch				

### 3.1.6. Experimentalphysik A (16 ECTS Punkte)

Modul 07LE33M-BSc-ExpA	Experimentalphysik A 16 ECTS					
Verantwortlich	Studiendekan:in Physik					
Lehrveranstaltungen	Veranstaltung	Art	SWS	ECTS	Prüfung	Semester
	Experimentalphysik I	V	4	8	SL: Klausur	WiSe
	Experimentalphysik I	Ü	2		SL: Übung	WiSe
	Experimentalphysik II	V	4	8	SL: Klausur	SoSe
	Experimentalphysik II	Ü	2		SL: Übung	SoSe
	Modulabschlussprüfung	P	-		PL: mündliche Prüfung	WiSe/ SoSe
	<b>Gesamt:</b>		<b>8+4</b>	<b>16</b>		
Zu erbringende Prüfungs- und Studienleistungen	<p>Die Studienleistungen bestehen aus einer schriftlichen Klausur (Dauer: 60-180 Minuten) und aus der regelmäßigen und erfolgreichen Teilnahme an den Übungen. Die Studienleistungen sind <b>nicht</b> Voraussetzung für die Zulassung zur mündlichen Modulabschlussprüfung. Die Vorbereitung und erfolgreiche Teilnahme an den Klausuren fördert ein tieferes Verständnis der Inhalte und ist aus didaktischer Sicht die ideale Vorbereitung auf die benotete mündliche Modulabschlussprüfung, deren Gegenstand die Inhalte beider Lehrveranstaltungen sind.</p> <p>Die Prüfungsleistung besteht aus einer 30-minütigen mündlichen Prüfung (Prüfungsgespräch). Die Modulabschlussprüfung <i>Experimentalphysik A</i> gilt als Orientierungsprüfung und muss spätestens bis zum Ende des 3. Fachsemesters bestanden werden.</p>					
Modulnote	Die Note der mündlichen Modulabschlussprüfung bildet die Modulnote.					
Qualifikationsziele	<p><b>Experimentalphysik I</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Studierenden sind in der Lage rechnerische oder phänomenologische Lösungen von physikalischen Problemstellungen im Bereich der klassischen Mechanik und Thermodynamik eigenständig zu erarbeiten.</li> <li>Die Studierenden können eigene Lösungen vor der Gruppe vorrechnen und die Lösungswege diskutieren.</li> </ul> <p><b>Experimentalphysik II</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Studierenden sind in der Lage rechnerische oder phänomenologische Lösungen von physikalischen Problemstellungen im Bereich der Elektrodynamik und der geometrischen und Wellenoptik eigenständig zu erarbeiten.</li> <li>Die Studierenden können eigene Lösungen vor der Gruppe vorrechnen und die Lösungswege diskutieren.</li> </ul>					

<b>Lehrinhalte</b>	<p><b>Experimentalphysik I - Mechanik, Gase und Flüssigkeiten, Wärmelehre</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Kinematik des Massenpunktes &amp; Newtonsche Mechanik: Gleichförmige &amp; gleichmäßig beschleunigte Bewegung, Newtonsche Gesetze, Inertialsysteme, Galilei Transformation, kinetische &amp; potentielle Energie, Impuls</li> <li>Mechanik starrer und deformierbarer Körper: Schwerpunkt, Trägheitsmomente, Steinerscher Satz, Haft-/Gleitreibung</li> <li>Schwingungen und Wellen: erzwungene und gedämpfte Schwingung, Resonanz, gekoppelte Oszillatoren, Ausbreitung von Wellen, stehende Wellen, Akustik</li> <li>Gase und Flüssigkeiten: Kinetische Gastheorie, Geschwindigkeitsverteilung, Druck, Hydrostatik, Strömungen, Kontinuitätsgleichung</li> <li>Wärmelehre und Thermodynamik: Wärmekapazität, Wärmetransport, innere Energie, Erster Hauptsatz der Thermodynamik, ideales Gas, adiabatische Zustandsänderung, Zweiter Hauptsatz der Thermodynamik, Entropie, Carnot Prozess, Aggregatzustände</li> </ul> <p><b>Experimentalphysik II - Elektromagnetismus und Optik</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Elektrostatik: Coulombsches Gesetz, elektrische Felder, elektrostatisches Potential, elektrischer Dipol, Strom und Spannung,</li> <li>Magnetostatik: Lorentz-Kraft, Gesetz von Biot-Savart, magnetischer Dipol, Magnetismus</li> <li>Elektrodynamik: Elektromagnetische Induktion, Wechselstrom, Schwingkreis, Hertz'scher Dipol</li> <li>Elektromagnetische Wellen: Maxwell-Gleichungen, Wellenausbreitung, Interferenz, Dispersion, Polarisierung, Resonatoren, thermische Strahlung, Photonen</li> <li>Grundlagen der geometrischen und Wellenoptik: Fermat'sches Prinzip, optische Abbildung, optische Komponenten</li> </ul>				
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	<b>Veranstaltung</b>	<b>Art</b>	<b>Präsenz</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Summe</b>
	Experimentalphysik I	V	60 h	90 h	150 h
	Experimentalphysik I	Ü	30 h	60 h	90 h
	Experimentalphysik II	V	60 h	90 h	150 h
	Experimentalphysik II	Ü	30 h	60 h	90 h
	<b>Gesamt:</b>		<b>180 h</b>	<b>300 h</b>	<b>480 h</b>
<b>Verwendbarkeit</b>	B.Sc. Physik, Polyvalenter 2-Hauptfach Bachelor Physik				
<b>Vorkenntnisse</b>	<p><b>Experimentalphysik I:</b> Inhalte des Vorkurs Mathematik (Skript online)</p> <p><b>Experimentalphysik II:</b> Experimentalphysik I und Mathematikvorlesungen</p>				
<b>Sprache</b>	Deutsch				

### 3.1.7. Experimentalphysik B (7 ECTS Punkte)

Modul 07LE33M-BSc-ExpB	Experimentalphysik B						7 ECTS
Verantwortlich	Studiendekan:in Physik						
Lehrveranstaltungen	Veranstaltung	Art	SWS	ECTS	Prüfung	Semester	
	Experimentalphysik III	V	4	7	PL: Klausur	WiSe	
	Experimentalphysik III	Ü	2		SL: Übung	WiSe	
	Gesamt:		4+2	7			
Zu erbringende Prüfungs- und Studienleistungen	Die Prüfungsleistung besteht aus einer schriftlichen Klausur (Dauer: 60-180 Minuten). Die Studienleistung besteht aus der regelmäßigen und erfolgreichen Teilnahme an den Übungen.						
Modulnote	Die Modulnote entspricht der Note der abschließenden Prüfungsleistung.						
Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> <li>Die Studierenden sind in der Lage rechnerische oder phänomenologische Lösungen von physikalischen Problemstellungen im Bereich der fortgeschrittenen Optik, der Quantenphysik und der Atomphysik eigenständig zu erarbeiten.</li> <li>Die Studierenden können eigene Lösungen vor der Gruppe vorrechnen und die Lösungswege diskutieren.</li> </ul>						
Lehrinhalte	<b>Experimentalphysik III - Spezielle Relativitätstheorie, Optik, Quantenphysik und Atomphysik</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Grundlagen der speziellen Relativitätstheorie: Inertialsysteme, Lorentz-Transformation, Zeitdilatation, Längenkontraktion</li> <li>Fortgeschrittene Optik: Lichtpolarisation, Doppelbrechung, Polarisationsoptik, Gaußsche Strahlen, optische Resonatoren, Laser, Grundlagen nicht-lineare Optik</li> <li>Quantenphysik: Quantenphänomene, Unschärferelation, Schrödinger-Gleichung, Axiome der Quantenmechanik, Bahn-Drehimpulse, Wasserstoffatom</li> <li>Struktur einfacher atomarer Systeme, Periodensystem, Wechselwirkung Licht-Materie</li> </ul>						
Arbeitsaufwand in Stunden	Veranstaltung	Art	Präsenz	Selbststudium	Summe		
	Experimentalphysik III	V	60 h	80 h	140 h		
	Experimentalphysik III	Ü	30 h	40 h	70 h		
	Gesamt:		90 h	120 h	210 h		
Verwendbarkeit	B.Sc. Physik, Polyvalenter 2-Hauptfach Bachelor Physik						
Vorkenntnisse	Experimentalphysik I und II						
Sprache	Deutsch						

## 3.1.8. Experimentalphysik C (7 ECTS Punkte)

Modul 07LE33M-BSc-ExpC	Experimentalphysik C						7 ECTS
Verantwortlich	Studiendekan:in Physik						
Lehrveranstaltungen	Veranstaltung	Art	SWS	ECTS	Prüfung	Semester	
	Experimentalphysik IV	V	4	7	PL: Klausur	SoSe	
	Experimentalphysik IV	Ü	2		SL: Übung	SoSe	
	Gesamt:		4+2	7			
Zu erbringende Prüfungs- und Studienleistungen	Die Prüfungsleistung besteht aus einer schriftlichen Klausur (Dauer: 60-180 Minuten). Die Studienleistung besteht aus der regelmäßigen und erfolgreichen Teilnahme an den Übungen.						
Modulnote	Die Modulnote entspricht der Note der abschließenden Prüfungsleistung.						
Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> <li>Die Studierenden sind in der Lage rechnerische oder phänomenologische Lösungen von physikalischen Problemstellungen im Bereich der Atom-, Molekül- und Festkörperphysik eigenständig zu erarbeiten.</li> <li>Studierende können Lösungen vor Gruppe vorrechnen und diskutieren.</li> </ul>						
Lehrinhalte	<b>Experimentalphysik IV - Atom-, Molekül- und Festkörperphysik</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Komplexe atomare Systeme und periodisches System: Quantenmechanischer harmonischer Oszillator, He-Atom, Linienbreiten, Stern-Gerlach-Experiment, Elektronenspin und Bahndrehimpuls, Spin-Bahn-Kopplung, Zeeman-Effekt, Kernspin, Hyperfeinstruktur</li> <li>Struktur und Eigenschaften von Molekülen: Molekülbindung, elektronische Anregung, Franck-Condon Prinzip, Hybridisierung, Normalschwingungen</li> <li>Struktur und Eigenschaften von Festkörpern und Oberflächen: Bindungen im Festkörper, Kristallstruktur, Bloch-Theorem, Bragg-Streuung, Dynamik von Kristallgittern (Phononen)</li> </ul>						
Arbeitsaufwand in Stunden	Veranstaltung	Art	Präsenz	Selbststudium	Summe		
	Experimentalphysik IV	V	60 h	80 h	140 h		
	Experimentalphysik IV	Ü	30 h	40 h	70 h		
	Gesamt:		90 h	120 h	210 h		
Verwendbarkeit	B.Sc. Physik, Polyvalenter 2-Hauptfach Bachelor Physik						
Vorkenntnisse	Experimentalphysik I-III						
Sprache	Deutsch						

### 3.1.9. Experimentalphysik D (7 ECTS Punkte)

Modul 07LE33M-BSc-ExpD	Experimentalphysik D						7 ECTS
Verantwortlich	Studiendekan:in Physik						
Lehrveranstaltungen	Veranstaltung	Art	SWS	ECTS	Prüfung	Semester	
	Experimentalphysik V	V	4	7	PL: Klausur	WiSe	
	Experimentalphysik V	Ü	2		SL: Übung	WiSe	
	Gesamt:		4+2	7			
Zu erbringende Prüfungs- und Studienleistungen	Die Prüfungsleistung besteht aus einer schriftlichen Klausur (Dauer: 60-180 Minuten). Die Studienleistung besteht aus der regelmäßigen und erfolgreichen Teilnahme an den Übungen.						
Modulnote	Die Modulnote entspricht der Note der abschließenden Prüfungsleistung.						
Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> <li>Die Studierenden sind in der Lage rechnerische oder phänomenologische Lösungen von physikalischen Problemstellungen im Bereich der Kernphysik und Elementarteilchenphysik eigenständig zu erarbeiten.</li> <li>Die Studierenden können eigene Lösungen vor der Gruppe vorrechnen und die Lösungswege diskutieren.</li> </ul>						
Lehrinhalte	<b>Experimentalphysik V - Kern- und Elementarteilchenphysik</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Grundlagen von Streu- und Zerfallsprozessen</li> <li>Struktur und Eigenschaften von Atomkernen, Kernmodelle und Kernzerfälle</li> <li>Teilchenbeschleuniger und Teilchendetektoren</li> <li>Anwendungen der Kern- und Teilchenphysik</li> <li>Symmetrien, Spektrum der Elementarteilchen, elektromagnetische, starke und schwache Wechselwirkung</li> <li>Standardmodell der Teilchenphysik und seine Grenze</li> </ul>						
Arbeitsaufwand in Stunden	Veranstaltung	Art	Präsenz	Selbststudium	Summe		
	Experimentalphysik V	V	60 h	80 h	140 h		
	Experimentalphysik V	Ü	30 h	40 h	70 h		
	Gesamt:		90 h	120 h	210 h		
Verwendbarkeit	B.Sc. Physik, Polyvalenter 2-Hauptfach Bachelor Physik						
Vorkenntnisse	Experimentalphysik I-IV						
Sprache	Deutsch						



**3.1.10. Theoretische Physik A (18 ECTS Punkte)**

Modul 07LE33M-BSc-TheoA	Theoretische Physik A 18 ECTS					
Verantwortlich	Studiendekan:in Physik					
Lehrveranstaltungen	Veranstaltung	Art	SWS	ECTS	Prüfung	Semester
	Theoretische Physik I	V	4	9	SL: Klausur	SoSe
	Theoretische Physik I	Ü	2		SL: Übung	SoSe
	Theoretische Physik II	V	4	9	SL: Klausur	WiSe
	Theoretische Physik II	Ü	2		SL: Übung	WiSe
	Modulabschlussprüfung	P			PL: mündliche Prüfung	WiSe/ SoSe
	<b>Gesamt:</b>		<b>8+4</b>	<b>18</b>		
Zu erbringende Prüfungs- und Studienleistungen	<p>Die Studienleistungen bestehen aus einer schriftlichen Klausur (Dauer: 60-180 Minuten) und aus der regelmäßigen und erfolgreichen Teilnahme an den Übungen.</p> <p>Die Prüfungsleistung besteht aus einer 30-minütigen mündlichen Prüfung (Prüfungsgespräch). Das Bestehen der beiden in den Lehrveranstaltungen <i>Theoretischer Physik I und II</i> als Studienleistungen geforderten Klausuren sind Voraussetzung*) für die Zulassung zur mündlichen Modulabschlussprüfung.</p> <p>*) Begründung: Die Zulassungsvoraussetzungen zur Modulabschlussprüfung sind didaktisch begründet: Erst in ihrem Zusammenhang und durch die Wiederholung in einem zeitlichen Abstand lassen sich die Inhalte der beiden Veranstaltungen Theoretische Physik I und II tiefergehend verstehen. Die Zulassungsvoraussetzungen bewirken zudem eine Senkung der Durchfallquote.</p>					
Modulnote	Die Note der mündlichen Modulabschlussprüfung bildet die Modulnote.					
Qualifikationsziele	<p><b>Theoretische Physik I</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Studierenden sind in der Lage, zu mechanischen Problemstellungen die Lagrange-Funktion und die Bewegungsgleichung aufzustellen. Sie kennen den Zusammenhang zwischen Symmetrien und Erhaltungsgrößen und können diese in einfachen Fällen zur Reduktion der Freiheitsgrade nutzen. Sie können bei rotationsinvarianten Potenzialen das effektive Potenzial ableiten und daraus quantitativ die Form möglicher Bahnkurven bestimmen.</li> <li>Die Studierenden kennen die Methode der Lagrange-Parameter zur Behandlung von Zwangsbedingungen und können diese auf einfache Probleme auch außerhalb der Mechanik anwenden.</li> <li>Sie kennen die Zusammenhänge zwischen Nicht-Inertialsystemen und Scheinkräften und können die Phänomene im Zusammenhang mit den Coriolis-Kräften erklären. Sie kennen die Bewegungsgleichungen des starren Körpers, können die-</li> </ul>					

	<p>sen für den symmetrischen Fall lösen und können die verschiedenen Bewegungsformen (Präzession und Nutation) beschreiben und im Zusammenhang mit dem System Erde beschreiben.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Studierenden können eigene Lösungen vor der Gruppe vorrechnen und die Lösungswege diskutieren.</li> </ul> <p><b>Theoretische Physik II</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Studierenden kennen die Maxwell-Gleichungen und können die phänomenologische Bedeutung der einzelnen Terme beschreiben.</li> <li>Die Studierenden sind in der Lage, einfache Randwertprobleme in der Elektrostatik und Magnetostatik zu lösen. Sie können die allgemeinen Lösungen mithilfe des skalaren Potentials bzw. Vektorpotentials in Poisson- und Wellengleichungen umformen. Sie können die Lösungen linearer Gleichungen mit Quelltermen mithilfe Green'scher Funktionen ausdrücken. Sie kennen die kovariante Formulierung der Maxwelltheorie.</li> <li>Die Studierenden können eigene Lösungen vor der Gruppe vorrechnen und die Lösungswege diskutieren.</li> </ul>
<b>Lehrinhalte</b>	<p><b>Theoretische Physik I - Mechanik und Spezielle Relativitätstheorie</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Kinematik des Massenpunktes und Newton'sche Mechanik, Erhaltungsgrößen, Schwingungen und Wellen, erzwungene Schwingungen, Resonanz.</li> <li>Lagrange-Funktion und Hamilton'sches Prinzip, Beziehungen zwischen Invarianzen und Erhaltungsgrößen (Noether-Theorem)</li> <li>allgemeine rotationsinvariante Potentiale, effektive Potentiale, speziell das Kepler-Problem</li> <li>Inertialsysteme, Bezugssysteme, beschleunigte Bezugssysteme und Scheinkräfte, Coriolis-Kraft</li> <li>starrer Körper, Trägheitstensor, Lösung des achsensymmetrischen Falls; Präzession und Nutation.</li> <li>Hamilton'sche Mechanik, Phasenraum, Legendre-Transformation.</li> <li>relativistische Mechanik des freien Punktteilchens, Minkowski-Raum, Raumzeit-Diagramme, relativistischer Doppler-Effekt (transversal und longitudinal)</li> </ul> <p><b>Theoretische Physik II - Elektrodynamik</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Grundlagen der Vektoranalysis; Gradient, Divergenz, Rotation, Laplace-Operator auch in (orthogonalen) verallgemeinerten Koordinaten; Dirac-Funktion, Testfunktionen, Distributionen, Ableitungen von Distributionen; Green'sche Funktionen zum Laplace-Operator, zur Laplace-, Helmholtz- und Wellengleichung; retardierte und avancierte Green'sche Funktionen.</li> <li>Maxwell-Gleichungen im Vakuum und in Materie in differentieller und integraler Form, Kontinuitätsgleichung, Lorentz-Kraft.</li> <li>Elektrostatik, skalares Potential, Randwertprobleme, Multipolentwicklung</li> <li>Magnetostatik, Vektorpotential, Eichfreiheit und Coulomb-Eichung</li> <li>freie elektromagnetische Wellen</li> <li>Energie des elektromagnetischen Feldes, Poynting-Vektor, Maxwell'scher Spannungstensor.</li> <li>kovariante Formulierung der Maxwell-Gleichungen, Feldstärketensor und dualer Tensor, Viererstrom und Viererpotential.</li> <li>Grundlagen der Maxwell-Gleichungen in Medien.</li> </ul>

Arbeitsaufwand in Stunden	Veranstaltung	Art	Präsenz	Selbststudium	Summe
	Theoretische Physik I	V	60 h	110 h	170 h
	Theoretische Physik I	Ü	30 h	70 h	100 h
	Theoretische Physik II	V	60 h	110 h	170 h
	Theoretische Physik II	Ü	30 h	70 h	100 h
	<b>Gesamt</b>		<b>180 h</b>	<b>360 h</b>	<b>540 h</b>
<b>Verwendbarkeit</b>	B.Sc. Physik, Polyvalenter 2-Hauptfach Bachelor Physik				
<b>Vorkenntnisse</b>	Experimentelle Physik I, Analysis für Physiker und Lineare Algebra I. Die Studierenden sollten parallel zur Theoretischen Physik I die Lineare Algebra II hören.				
<b>Sprache</b>	Deutsch				

### 3.1.11. Theoretische Physik B (8 ECTS Punkte)

Modul 07LE33M-BSc-TheoB	Theoretische Physik B <span style="float: right;">8 ECTS</span>					
Verantwortlich	Studiendekan:in Physik					
Lehrveranstaltungen	Veranstaltung	Art	SWS	ECTS	Prüfung	Semester
	Theoretische Physik III	V	4	8	PL: Klausur	SoSe
	Theoretische Physik III	Ü	2		SL: Übung	SoSe
	<b>Gesamt:</b>		<b>4+2</b>	<b>8</b>		
Zu erbringende Prüfungs- und Studienleistungen	Die Prüfungsleistung besteht aus einer schriftlichen Klausur (Dauer: 60-180 Minuten). Die Studienleistung besteht aus der regelmäßigen und erfolgreichen Teilnahme an den Übungen.					
Modulnote	Die Modulnote entspricht der Note der abschließenden Prüfungsleistung.					
Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> <li>Die Studierenden kennen die Schrödinger-Gleichung sowie die Grundaxiome der Quantentheorie. Sie können die Schrödinger-Gleichung in einfachen Fällen (Kastenpotenzial und harmonischer Oszillator) lösen und kennen die Lösungen für das Coulomb-Problem.</li> <li>Die Studierenden kennen den mathematischen Rahmen der Quantentheorie (Hilbertraum, lineare Operatoren). Sie können zu einem gegebenen klassischen Newton'schen System die zugehörige Quantentheorie formulieren. Sie kennen die Interpretation des Quantenzustands, die Born'sche Regel, die Heisenberg'sche Formulierung der Quantenmechanik sowie die Quantenmechanik einfacher Vielteilchensysteme.</li> <li>Sie kennen den Formalismus der zeitunabhängigen Störungstheorie und können diesen in niedrigster nicht-trivialer Ordnung auf einfache Probleme anwenden.</li> </ul>					
Lehrinhalte	<b>Theoretische Physik III - Quantenmechanik</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Hilbertraum, Bra-Ket-Notation, spezielle lineare Operatoren (selbst-adjungierte Operatoren, Projektionsoperatoren, unitäre Operatoren), Eigenwerte, Eigenvektoren und Spektrum. Der Raum <math>L^2</math>.</li> <li>deBroglie-Beziehungen zwischen Energie und Frequenz bzw. Impuls und Wellenzahl, Doppelspaltexperiment, Schrödinger-Gleichung. Allgemeine Quantisierungsbedingungen.</li> <li>Lösungen der Schrödinger-Gleichung für unendliches Kastenpotenzial, endliches Kastenpotenzial (Tunneleffekt, Anschlussbedingungen), harmonischer Oszillator.</li> <li>allgemeines rotationsinvariantes Potenzial, gequantelter Bahndrehimpuls und magnetische Quantenzahl, Spin und Pauli-Prinzip. Speziell Coulomb-Problem.</li> <li>Zeitabhängige und zeitunabhängige Störungsrechnung, Einführung in die Streutheorie.</li> <li>Mehrteilchensysteme; Tensorprodukt, symmetrisierte bzw. antisymmetrisierte Zustände bei identischen Bosonen bzw. Fermionen. Begriff der Verschränkung.</li> </ul>					

Arbeitsaufwand in Stunden	Veranstaltung	Art	Präsenz	Selbststudium	Summe
	Theoretische Physik III	V	60 h	90 h	150 h
	Theoretische Physik III	Ü	30 h	60 h	90 h
	<b>Gesamt</b>		<b>90 h</b>	<b>150 h</b>	<b>240 h</b>
<b>Verwendbarkeit</b>	B.Sc. Physik				
<b>Vorkenntnisse</b>	Theoretische Physik I und II				
<b>Sprache</b>	Deutsch				

### 3.1.12. Theoretische Physik C (8 ECTS Punkte)

Modul 07LE33M-BSc-TheoC	Theoretische Physik C <span style="float: right;">8 ECTS</span>					
Verantwortlich	Studiendekan:in Physik					
Lehrveranstaltungen	Veranstaltung	Art	SWS	ECTS	Prüfung	Semester
	Theoretische Physik IV	V	4	8	PL: Klausur	WiSe
	Theoretische Physik IV	Ü	2		SL: Übung	WiSe
	Gesamt:		4+2	8		
Zu erbringende Prüfungs- und Studienleistungen	Die Prüfungsleistung besteht aus einer schriftlichen Klausur (Dauer: 60-180 Minuten). Die Studienleistung besteht aus der regelmäßigen und erfolgreichen Teilnahme an den Übungen.					
Modulnote	Die Modulnote entspricht der Note der abschließenden Prüfungsleistung.					
Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> <li>Die Studierenden kennen die Grundlagen der Thermodynamik (Hauptsätze, Gibb'sche Fundamentalform) und können einfache Beziehungen zwischen den Zustandsgrößen ableiten. Sie kennen die Zustandsgleichungen für das freie klassische Gas.</li> <li>Die Studierenden kennen die wichtigsten thermodynamischen Potenziale und wissen, unter welchen physikalischen Bedingungen sie anzuwenden sind. Die können die Potenziale ineinander umrechnen.</li> <li>Die Studierenden kennen die wichtigsten Zusammenhänge beim freien Bose- und Fermi-Gas, sie kennen die van der Waals-Gleichung und das Weiss'sche Modell des Magnetismus. Sie können zu einfachen Problemen die kanonische bzw. großkanonische Zustandssumme formulieren. Die kennen die Bedeutung kritischer Exponenten.</li> </ul>					
Lehrinhalte	<b>Theoretische Physik IV - Statistische Physik:</b> <b>Statistische Mechanik und theoretische Thermodynamik</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Grundlagen der theoretischen Thermodynamik. Nullter, erster, zweiter und dritter Hauptsatz der Thermodynamik, Gibb'sche Fundamentalform, statistischer Entropiebegriff, thermodynamische Potenziale, Legendre-Transformationen; thermische und kalorische Zustandsgleichung, Maxwell-Relationen, einfache Beziehungen zwischen Materialgrößen; speziell die Zustandsgrößen und Beziehungen beim freien Gas. Zyklische Prozesse (Carnot-Prozess, Stirling-Prozess), Wirkungsgrad.</li> <li>klassische und quantenmechanische Beschreibung von thermodynamischen Gleichgewichtszuständen (Gesamtheiten). Zustandssummen der kanonischen und Großkanonischen Gesamtheit. Maxwell-Verteilung, barometrische Höhenformel, Virialsatz, klassische Störungsrechnung.</li> <li>Freie Quantengase: Bose-Gas, Bose-Einstein-Kondensation; Fermi-Gas bei tiefen Temperaturen, Photonen (Planck'sche Strahlungsformel), Phononen, thermodynamische Freiheitsgrade. Dia-, Para- und Ferromagnetismus.</li> <li>Einführung in die Theorie der Phasenübergänge, Landau-Theorie des Phasenübergangs, kritische Exponenten.</li> </ul>					



Arbeitsaufwand in Stunden	Veranstaltung	Art	Präsenz	Selbststudium	Summe
	Theoretische Physik IV	V	60 h	90 h	150 h
	Theoretische Physik IV	Ü	30 h	60 h	90 h
	Gesamt		90 h	150 h	240 h
Verwendbarkeit	B.Sc. Physik				
Vorkenntnisse	Theoretische Physik I-III				
Sprache	Deutsch				

### 3.1.13. Physiklabor A (17 ECTS Punkte)

Modul 07LE33M-BSc-LabA	Physiklabor A 17 ECTS					
Verantwortlich	Studiendekan:in Physik, Leitung des Physiklabors					
Lehrveranstaltungen	Veranstaltung	Art	SWS	ECTS	Prüfung	Semester
	Wissenschaftliches Programmieren	V	2	5	SL: Klausur	WiSe
	Wissenschaftliches Programmieren	Ü	2		SL: Übung	WiSe
	Physiklabor für Anfänger und Anfängerinnen - Teil 1	Lab	5	6	PL: mündl. Prüfung, schriftl. Ausarbeitung und prakt. Leistung	SoSe
	Physiklabor für Anfänger und Anfängerinnen - Teil 2	Lab	5	6	PL: mündl. Prüfung, schriftl. Ausarbeitung und prakt. Leistung	WiSe
	<b>Gesamt:</b>			<b>17</b>		
Organisation	<p>Die Physiklabore 1, 2 finden als Blockveranstaltungen in der vorlesungsfreien Zeit statt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Teil 1: nach SoSe (Anfang Sept. bis Ende Okt.)</li> <li>- Teil 2: nach WiSe (Ende Feb. bis Anfang April)</li> </ul> <p>Die Anmeldung zu den Laboren erfolgt in der Regel bis etwa 3 Monate vor Beginn online gemäß Angaben auf <a href="https://www.physik.uni-freiburg.de/studium/labore/">https://www.physik.uni-freiburg.de/studium/labore/</a></p>					
Zu erbringende Prüfungs- und Studienleistungen	<p>Im Teilmodul <b>Wissenschaftliches Programmieren</b> bestehen die Studienleistungen aus einer schriftlichen Klausur (Dauer: 120 Minuten) und aus der regelmäßigen und erfolgreichen Teilnahme an den Übungen.</p> <p>Im Teilmodul <b>Physiklabor Teil 1</b> sind folgende Teilleistungen zu erbringen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Vorlesung zur Fehlerrechnung (Teilleistung, unbenotet)</li> <li>- Einführungsversuch (Teilleistung, unbenotet)</li> <li>- 13 Versuche (Teilleistungen, benotet)</li> </ul> <p>Zu jedem Versuch findet jeweils ein Eingangstestat mit dem/der Betreuer:in statt, in dem der Nachweis erbracht wird, dass die Teilnehmer sich ausreichende Grundkenntnisse zur physikalischen Fragestellung des Versuchs, den physikalischen Grundlagen und dem experimentellen Aufbau angeeignet haben. Des Weiteren wird zu jedem Versuch ein schriftliches Protokoll angefertigt. Das arithmetische Mittel der Bewertungen der benoteten Versuchsprotokolle ergibt die Note der Prüfungsleistung des Teilmoduls.</p> <p>Im Teilmodul <b>Physiklabor Teil 2</b> sind folgende Teilleistungen zu erbringen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 15 Versuche (Teilleistungen, benotet)</li> </ul> <p>Zu jedem Versuch findet jeweils ein Eingangstestat mit dem/der Betreuer:in statt, in dem der Nachweis erbracht wird, dass die Teilnehmer sich ausreichende Grundkenntnisse zur physikalischen Fragestellung des Versuchs, den physikalischen Grundlagen und dem experimentellen Aufbau angeeignet ha-</p>					

	ben. Des Weiteren wird zu jedem Versuch ein schriftliches Protokoll angefertigt. Das arithmetische Mittel der Bewertungen der benoteten Versuchsprotokolle ergibt die Note der Prüfungsleistung des Teilmoduls.				
<b>Modulnote</b>	Das arithmetische Mittel der beiden Prüfungsleistungen zu den Physiklaboren für Anfänger Teil 1 und Teil 2 ergibt die Modulnote.				
<b>Wiederholungsprüfung</b>	Einzelne Versuche können in der Regel innerhalb eines Jahres erfolgen. Ist ein gesamter Laborteil zu wiederholen ist dies erst wieder nach einem Jahr möglich.				
<b>Qualifikationsziele/ Kompetenzen</b>	<p><b>Wissenschaftliches Programmieren</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Studierenden können einfache Programme in der höheren Programmiersprache <i>Python</i> erstellen.</li> <li>Die Studierenden können einfache analytische und numerische Rechnungen am Rechner durchführen.</li> <li>Sie können Datensätze erzeugen, numerisch bearbeiten und graphisch darstellen.</li> <li>Die Studierenden haben die grundsätzlichen Möglichkeiten und Schwierigkeiten der Numerik kennen gelernt.</li> </ul> <p><b>Physiklabor für Anfänger und Anfängerinnen (Teil 1 und Teil 2)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Studierenden können grundlegende wissenschaftliche Experimente unter Anleitung aufbauen, durchführen, eigenständig protokollieren und auswerten.</li> <li>Die Studierenden beherrschen die Grundlagen der Datenanalyse, Fehlerrechnung und Fehlerabschätzung.</li> </ul>				
<b>Lehrinhalte</b>	<p><b>Wissenschaftliches Programmieren</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Einführung in die Programmiersprache <i>Python</i></li> <li>Analytisches und numerisches Rechnen, so wie Grundlagen der elektronischen Datenanalyse und der graphischen Darstellung</li> <li>Einführung in numerische und graphische Bibliotheken (<i>numpy</i> und <i>matplotlib</i>)</li> </ul> <p><b>Physiklabor für Anfänger und Anfängerinnen (Teil 1)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Grundlagen der Datenanalyse und Fehlerabschätzung anhand labornaher experimenteller Beispiele, Einführung in die Fehlerrechnung (Einführungsveranstaltung)</li> <li>1 Einführungsversuch + 13 Versuche zur Mechanik, Hydrodynamik, Akustik, und Wärmelehre</li> </ul> <p><b>Physiklabor für Anfänger und Anfängerinnen (Teil 2)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>15 Versuche zu Elektromagnetismus und Elektronik, Optik, Atom- und Kernphysik</li> </ul>				
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	<b>Veranstaltung</b>	<b>Art</b>	<b>Präsenz</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Summe</b>
	Wissensch. Programm.	V	30 h	40 h	70 h
	Wissensch. Programm.	Ü	30 h	50 h	80 h
	Physiklabor für Anfänger:innen Teil 1	Lab	80 h	100 h	180 h
	Physiklabor für Anfänger:innen Teil 2	Lab	80 h	100 h	180 h
	<b>Gesamt:</b>		<b>220 h</b>	<b>290 h</b>	<b>510 h</b>

<b>Verwendbarkeit</b>	B.Sc. Physik
<b>Vorkenntnisse</b>	Erforderliche Kenntnisse für die Teilnahme am <i>Physiklabor für Anfänger und Anfängerinnen Teil 2</i> sind die Inhalte des <i>Physiklabors für Anfänger und Anfängerinnen Teil 1</i> .
<b>Sprache</b>	Deutsch

## 3.1.14. Physiklabor B (12 ECTS Punkte)

Modul 07LE33M-BSc-LabB	Physiklabor B 12 ECTS					
Verantwortlich	Studiendekan:in Physik, Leitung des Physiklabors					
Lehrveranstaltungen	Veranstaltung	Art	SWS	ECTS	Prüfung	Semester
	Experimentelle Methoden	V	2	5	SL: Übung und Klausur	SoSe
	Experimentelle Methoden	Ü	2			SoSe
	Physiklabor für Fortgeschrittene	Lab	10	7	PL: mündl. Prüfung, schriftl. Ausarbeitung und prakt. Leistung	WiSe
	Gesamt:			12		
Organisation	<p>Das <b>Physiklabor für Fortgeschrittene</b> findet grundsätzlich als Blockveranstaltung in der vorlesungsfreien Zeit statt (Anfang Sept. bis Mitte Okt.).</p> <p>Die Online-Anmeldung zum Labor hat in der Regel bis etwa 10 Wochen vor Beginn zu erfolgen gemäß Angaben auf <a href="https://www.physik.uni-freiburg.de/studium/labore/">https://www.physik.uni-freiburg.de/studium/labore/</a></p>					
Zu erbringende Prüfungs- und Studienleistungen	<p>Im Teilmodul <b>Experimentelle Methoden</b> bestehen die Studienleistungen aus der regelmäßigen und erfolgreichen Teilnahme an den Übungen und einer schriftlichen Klausur (Dauer: 60-180 Minuten).</p> <p>Im Teilmodul <b>Physiklabor für Fortgeschrittene</b> sind 7 Versuche als Teilleistungen zu erbringen. Die einzelnen Teilleistungen (Versuche) bestehen jeweils aus einem Eingangstestat, in dem der Nachweis erbracht wird, dass die Teilnehmer sich ausreichende Grundkenntnisse zur physikalischen Fragestellung des Versuchs, den physikalischen Grundlagen und dem experimentellen Aufbau angeeignet haben. Zu jedem Versuch wird eine Datenanalyse und -auswertung angefertigt. Versuchsvorbereitung und -durchführung werden mitbewertet. Die Details zur Benotung werden vor Beginn des Praktikums bekanntgegeben.</p>					
Modulnote	Die Prüfungsleistung im Physiklabor für Fortgeschrittene ergibt die Modulnote.					
Wiederholungsprüfung	Einzelne Versuche müssen/können an den angebotenen Nachholterminen unmittelbar nach Ende des regulären Praktikums nachgeholt werden. Ist das gesamte Physiklabor zu wiederholen, so ist dies erst nach einem Jahr wieder möglich.					
Qualifikationsziele	<p><b>Experimentelle Methoden</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Studierenden sind in der Lage adäquate statistische Methoden zur Auswertung der Versuche einschließlich der Berechnung bzw. Abschätzung statistischer und systematischer Fehler anzuwenden.</li> <li>Den Studierenden werden Aufbau und Funktionsweise wichtiger Detektorkomponenten sowie analoger und digitaler Elektronikschaltungen vermittelt.</li> </ul>					

	<b>Physiklabor für Fortgeschrittene</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Studierenden sind in der Lage fortgeschrittene wissenschaftliche Experimente durchzuführen, zu protokollieren und auszuwerten.</li> <li>Moderne physikalische Messtechnik kann fachgerecht bedient und für Messarbeiten verwendet werden.</li> <li>Fortgeschrittene Auswertemethoden, insbesondere unter Einsatz von Auswerteprogrammen werden beherrscht.</li> </ul>				
<b>Lehrinhalte</b>	<b>Experimentelle Methoden</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Statistische Methoden der Datenanalyse</li> <li>Datenanalyse mit moderner Software</li> <li>Grundlagen der Elektronik</li> <li>Digitale und analoge Messtechnik</li> <li>Grundlagen von Detektoren</li> </ul> <b>Physiklabor für Fortgeschrittene</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Durchführung von fortgeschrittenen physikalischen Experimenten aus den Bereichen Kern- und Teilchenphysik, Atom- und Molekülphysik, Festkörperphysik und Optik</li> </ul>				
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	<b>Veranstaltung</b>	<b>Art</b>	<b>Präsenz</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Summe</b>
	Experimentelle Methoden	V	30 h	40 h	70 h
	Experimentelle Methoden	Ü	30 h	50 h	80 h
	Physiklabor für Fortgeschrittene	Lab	150 h	60 h	210 h
	<b>Gesamt:</b>		<b>210 h</b>	<b>150 h</b>	<b>360 h</b>
<b>Verwendbarkeit</b>	B.Sc. Physik				
<b>Vorkenntnisse</b>	Voraussetzung für die Teilnahme am <i>Physiklabor für Fortgeschrittene</i> ist die bestandene Veranstaltung <i>Experimentelle Methoden</i> .				
<b>Sprache</b>	Deutsch				

## 3.1.15. Bachelormodul (12 ECTS Punkte)

Modul 07LE33M-BSc-BM	Bachelormodul 12 ECTS					
Verantwortlich	Dozent:innen der Physik					
Lehrveranstaltungen	Veranstaltung	Art	SWS	ECTS	Prüfung	Semester
	Bachelorarbeit			10	PL: schriftlich	-
	Bachelorkolloquium	K		2	SL: Vortrag	-
	Gesamt:			12		
Organisation	<p>Der/die Studierende wählt eine/n Dozent:in und ein allgemeines Arbeitsgebiet. Der/die Dozent:in muss mit der Betreuung einverstanden sein. Die Bekanntgabe des Bearbeitungsthemas erfolgt am Tag der Anmeldung. Die Dauer der Bachelorarbeit beträgt vom Tag der Bekanntgabe des Themas und der Anmeldung exakt 3 Monate.</p> <p>Der Kolloquiumvortrag sollte zeitnah zur Abgabe der Bachelorarbeit erfolgen, in jedem Fall jedoch nicht früher als 4 Wochen vor Abgabe und nicht später als 6 Wochen nach Abgabe der Arbeit. Der Vortrag ist öffentlich. Nach dem Vortrag dürfen Fragen zum Thema der Arbeit gestellt werden.</p>					
Zu erbringende Prüfungs- und Studienleistungen	Die Prüfungsleistung ist die schriftliche Abschlussarbeit. Die Studienleistung besteht aus einer mündlichen Präsentation (ca. 45 Minuten, inkl. Fragen). Die Anmeldung zur Bachelorarbeit und zum Kolloquium erfolgt nach Angaben des Prüfungsamts.					
Modulnote	Die Modulnote ist die Note der Bachelorarbeit. Die Bewertung der Bachelorarbeit erfolgt durch zwei Prüfer:innen wovon mindestens einer/eine als hauptamtliche/r Professor:in am Physikalischen Institut der Albert-Ludwigs-Universität tätig sein muss. Das Modul Bachelorarbeit darf höchstens einmal wiederholt werden.					
Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> <li>Die Studierenden können unter Anleitung eine einfache Forschungsarbeit planen und durchführen. Sie können die theoretischen Grundlagen, den Stand der Forschung anhand einer Literaturrecherche, sowie die Ergebnisse ihrer eigenen Forschungsarbeit in wissenschaftlicher Form schriftlich darstellen.</li> <li>Die Studierenden sind in der Lage, einen wissenschaftlichen Vortrag über die Ergebnisse ihrer Forschungstätigkeit zu halten und Fragen zu dem Thema zu beantworten.</li> </ul>					
Inhalte	Im Rahmen der Bachelorarbeit wird unter Anleitung ein Forschungsthema selbständig nach <b>wissenschaftlichen Methoden der Physik</b> bearbeitet und eine eigenständige wissenschaftliche Arbeit angefertigt. Das Thema der Bachelorarbeit und des anschließenden Kolloquiums wird vom/von der betreuenden Dozent:in vergeben.					
Arbeitsaufwand in Stunden	360 h, davon entfallen ca. 300 h auf die Erstellung der Bachelorarbeit und ca. 60 h auf die Vorbereitung und Durchführung des Kolloquiumvortrags.					

<b>Dauer</b>	Die Bearbeitungszeit beträgt 3 Monate (von Themenstellung bis Abgabe der Arbeit)
<b>Verwendbarkeit</b>	B.Sc. Physik
<b>Zulassungs- voraussetzungen</b>	Aus dem Pflichtbereich des B.Sc. Physik müssen mindestens 120 ECTS erfolgreich abgeschlossen sein.
<b>Sprache</b>	Die Bachelorarbeit kann in deutscher oder englischer Sprache abgefasst werden.



## 3.2. Wahlpflichtbereich

Der Wahlpflichtbereich umfasst das Wahlpflichtmodul Physik, das Wahlpflichtmodul Mathematik oder Physik, sowie das fachfremde Wahlpflichtmodul.

### 3.2.1. Wahlpflichtmodul Physik (11 ECTS Punkte)

Modul 07LE33K-BSc-WPPhys	Wahlpflichtmodul Physik						11 ECTS
Verantwortlich	Studiendekan:in Physik						
Lehrveranstaltungen	Veranstaltung	Art	SWS	ECTS	Prüfung	Semester	
	Seminar	S	2	4	PL: Vortrag	WiSe + SoSe	
	Spezialvorlesung Physik	V+Ü	3+2	7	SL: Übung PL: Klausur oder mündl. Prüfung	WiSe + SoSe	
	Gesamt:		7	11			
Organisation	<p><b>Seminar:</b> Eine Vorstellung der angebotenen Seminare und die Einteilung erfolgt in einer gemeinsamen Einführungsveranstaltung jeweils zu Semesterbeginn.</p> <p><b>Spezialvorlesung:</b> Studierende wählen eine weiterführende Vorlesung zu einem speziellen Thema der Physik (siehe Abschnitt 4). Veranstaltungen aus dem Bereich "Elective Subjects" des M.Sc. Studienganges können nach Absprache mit dem/der jeweiligen Dozent:in als B.Sc. Spezialvorlesung belegt werden.</p>						
Zu erbringende Prüfungs- und Studienleistungen	<p><b>Seminar:</b> Die Prüfungsleistung besteht aus einem wissenschaftlichen Vortrag mit anschließender Diskussion (mündl. Präsentation, ca. 60 Minuten). Die regelmäßige und aktive Teilnahme an allen Vorträgen des Seminars wird vorausgesetzt.</p> <p><b>Spezialvorlesung:</b> Die Prüfungsleistung besteht aus einer abschließenden Klausur (Dauer: 60-180 Minuten) oder einer mündlichen Prüfung (Prüfungsgespräch, max. Dauer: 30 Minuten). Die Studienleistung besteht aus der regelmäßigen und erfolgreichen Teilnahme an den Übungen.</p>						
Modulnote	Die Modulnote errechnet sich als der nach ECTS-Punkten gewichtete Mittelwert der beiden Prüfungsleistungen, dabei müssen beide Prüfungen mit mindestens der Note 4 bestanden sein.						
Qualifikationsziele	<p><b>Physikalisches Seminar</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Studierende sind in der Lage sich in ein Thema durch entsprechende Literaturrecherche und der Auswahl geeigneter Quellen einzuarbeiten.</li> </ul>						

	<ul style="list-style-type: none"> <li>Die Studierenden können einen fachlichen Vortrag ausarbeiten und in Form einer mündlichen Präsentation halten.</li> </ul> <b>Spezialvorlesung</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Studierenden sind in der Lage rechnerische oder phänomenologische Lösungen von physikalischen Problemstellungen aus dem Bereich der Spezialvorlesung zu erarbeiten.</li> <li>Die Studierenden können eigene Lösungen vor der Gruppe vorrechnen und die Lösungswege diskutieren.</li> </ul>				
<b>Lehrinhalte</b>	<b>Physikalisches Seminar</b> Im Seminar werden Vorträge aus einem zusammenhängenden Gebiet der Physik oder eines Nachbargebiets von verschiedenen Vortragenden gehalten.  <b>Spezialvorlesung</b> Inhalte entsprechen den Inhalten der jeweiligen Spezialvorlesung und den Vorgaben des/der jeweiligen Dozent:in.				
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	<b>Veranstaltung</b>	<b>Art</b>	<b>Präsenz</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Summe</b>
	Physikalisches Seminar	S	30 h	90 h	120 h
	Spezialvorlesung	V+Ü	75 h	135 h	210 h
	<b>Gesamt:</b>		<b>105 h</b>	<b>225 h</b>	<b>330 h</b>
<b>Verwendbarkeit</b>	B.Sc. Physik				
<b>Vorkenntnisse</b>	Vorkenntnisse gemäß Vorlesungsankündigung.				
<b>Sprache</b>	Deutsch oder Englisch				

### 3.2.2. Wahlpflichtmodul Physik oder Mathematik (5 ECTS Punkte)

<b>Modul</b> 07LE33K-BSc- WPPHysMath	<b>Wahlpflichtmodul Physik oder Mathematik</b>						<b>5 ECTS</b>
<b>Verantwortlich</b>	Studiendekan:in Physik, Studiendekan:in Mathematik						
<b>Lehrveranstaltungen</b>	<b>Veranstaltung</b>	<b>Art</b>	<b>SWS</b>	<b>ECTS</b>	<b>Prüfung</b>	<b>Semester</b>	
	Lehrveranstaltung der Physik oder Mathematik	variabel	variabel	5	SL	WiSe + SoSe	
<b>Organisation</b>	Studierende wählen eine weiterführende Lehrveranstaltung aus dem Bereich der Physik (siehe Abschnitt 4) oder der Mathematik (Angaben entsprechend dem Modulhandbuch des B.Sc. Studiengangs Mathematik). Veranstaltungen aus dem Bereich "Elective Subjects" des M.Sc. Studienganges können nach Absprache mit dem/der jeweiligen Dozent:in als B.Sc. Wahlpflichtvorlesung belegt werden. Es sind die Bedingungen zum Erwerb der Studienleistungen der anbietenden Lehreinheit zu beachten.						
<b>Modulnote</b>	unbenotet						
<b>Qualifikationsziele</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>Die Studierenden sind in der Lage rechnerische oder phänomenologische Lösungen von physikalischen/mathematischen Problemstellungen aus dem Bereich der Spezialvorlesung eigenständig zu erarbeiten.</li><li>Die Studierenden können eigene Lösungen vor der Gruppe vorrechnen und die Lösungswege diskutieren.</li></ul>						
<b>Lehrinhalte</b>	Inhalte entsprechen den Inhalten der jeweiligen Lehrveranstaltung und den Vorgaben des jeweiligen Dozenten (siehe Abschnitt 4). <ul style="list-style-type: none"><li>Inhalte der Mathematikveranstaltungen gemäß dem Modulhandbuch des B.Sc. Studiengangs Mathematik.</li></ul>						
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	<b>Veranstaltung</b>						
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b> <b>Verwendbarkeit</b>	Lehrveranstaltung der Physik oder Mathematik	<b>Art</b>	<b>Präsenz</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Summe</b>		
	B.Sc. Physik		variabel	variabel	150 h		
<b>Vorkenntnisse</b>	Vorkenntnisse gemäß Vorlesungsankündigung						
<b>Sprache</b>	Deutsch						

### 3.2.3. Fachfremdes Wahlpflichtmodul (8 ECTS Punkte)

<b>Modul</b> 07LE33M-BSc-WPFF	<b>Fachfremdes Wahlpflichtmodul</b>						<b>8 ECTS</b>
<b>Verantwortlich</b>	Lehrpersonen der anbietende Lehreinheit						
<b>Lehrveranstaltungen</b>	<b>Veranstaltung</b>	<b>Art</b>	<b>SWS</b>	<b>ECTS</b>	<b>Prüfung</b>	<b>Semester</b>	
	Fachfremde Lehrveranstaltungen nach Wahl	Gemäß anbietender Lehreinheit		8	SL	WiSe + SoSe	
<b>Organisation</b>	Studierende wählen eine Veranstaltung eines anderen Studiengangs. Dabei sind die Teilnahmebedingungen, Belegfristen und Bedingungen zum Erwerb der Studienleistungen der anbietenden Lehreinheit zu beachten.						
<b>Modulnote</b>	unbenotet						
<b>Qualifikationsziele</b>	Die Studierenden erwerben fachübergreifende und interdisziplinäre Kenntnisse nach individuellen Neigungen und Bedarf.						
<b>Lehrinhalte</b>	Gemäß anbietender Lehreinheit						
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Gemäß anbietender Lehreinheit						
<b>Verwendbarkeit</b>	B.Sc. Physik						
<b>Vorkenntnisse</b>	Gemäß anbietender Lehreinheit						
<b>Sprache</b>	Gemäß anbietender Lehreinheit						

## 4. Physikveranstaltungen im Wahlpflichtbereich

Im Bereich der Wahlpflichtmodule Physik bzw. Physik oder Mathematik können verschiedene Veranstaltungen nach Interesse und Verfügbarkeit gewählt werden. Mögliche Veranstaltungen finden teilweise jährlich oder auch in unregelmäßigem Rhythmus statt. Die Auswahl der aktuell angebotenen Veranstaltungen entnehmen Sie bitte dem jeweils gültigen Vorlesungsverzeichnis.

In der Folge finden Sie eine Auswahl wiederkehrender Veranstaltungen für den B.Sc. Physik. Neben diesen regulär für den B.Sc. Studiengang angebotenen Lehrveranstaltungen können nach vorheriger Absprache mit dem/der jeweiligen Dozent:in auch Veranstaltungen des „Elective Subjects“ Moduls des M.Sc. Studiengangs Physik oder Applied Physics gewählt werden.

#### 4.1.1. Grundlagen der Halbleiterphysik (5 ECTS Punkte)

Modul Nr. 07LE33M-HL	Grundlagen der Halbleiterphysik / Fundamentals of Semiconductors					5 ECTS
Dozent:innen	Dr. Stefan Janz (Fraunhofer ISE), Prof. Andreas Bett (Fraunhofer ISE)					
Veranstaltungsdetails	Art	SWS	ECTS	Prüfung	Semester	
	Vorlesung (V)	2	5	SL	WiSe	
	Übung (Ü)	1				
Häufigkeit	In der Regel jedes Jahr im Wintersemester					
Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> <li>Die Studierenden sind in der Lage rechnerische oder phänomenologische Lösungen von physikalischen/mathematischen Problemstellungen aus dem Bereich der Spezialvorlesung eigenständig zu erarbeiten.</li> <li>Die Studierenden können eigene Lösungen vor der Gruppe vorrechnen und die Lösungswege diskutieren.</li> </ul>					
Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inorganic crystalline semiconductor materials (e.g. Si, SiC and III-V materials)</li> <li>Fabrication of bulk semiconductor crystals, epitaxial layers and other semiconductor thin films (e.g. Perovskites and a-Si)</li> <li>Electronic band structure, tight-binding vs. nearly free electron approach</li> <li>Effective mass of electrons and holes, n- and p-type doping</li> <li>Density of states, statistics of electrons and holes</li> <li>Electrical transport by electrons and holes, electric fields and currents</li> <li>Quantization effects in semiconductors, quantum films and superlattices</li> </ul>					
Verwendbarkeit	Wahlpflichtmodul Physik/Mathematik (SL), Polyvalenter 2-Hauptfach Bachelor Physik: Modul Physik (SL)					
Vorkenntnisse	Experimentalphysik IV (Kondensierte Materie)					
Sprache	Englisch					

#### 4.1.2. Biophysik: Grundlagen und Konzepte (7 ECTS Punkte)

Modul Nr. 11LE50V-5380	Biophysik: Grundlagen und Konzepte					7 ECTS
Dozent:innen	Prof. Alexander Rohrbach (IMTEK)					
Veranstaltungsdetails	Art	SWS	ECTS	Prüfung	Semester	
	Vorlesung (V)	3	7	SL oder PL	WiSe	
	Übung (Ü)	2				
Häufigkeit	In der Regel jedes Jahr im Wintersemester					
Qualifikationsziele	<p>Die Vorlesung stellt einen Streifzug durch die moderne Zellbiophysik dar, adressiert Fragen der aktuellen Forschung und stellt moderne Untersuchungsmethoden vor. Dies beinhaltet klassische, aber auch neueste physikalische Modelle und Theorien, welche in Kombination mit experimentellen Messmethoden einen erheblichen Fortschritt in der Biophysik, ermöglicht haben.</p> <p>Die Studierenden sollen lernen, wie Methoden aus der klassischen Mechanik mit denen der statistischen Physik verknüpft werden, um das Verhalten biologischer Strukturen in Zeit und Raum zu verstehen. Dies beinhaltet die Reduktion und Abstraktion komplexer biologischer Probleme, damit diese mathematisch und durch Computersimulationen beschrieben und so durch den Vergleich mit Messungen und Analysemethoden besser verstanden werden können.</p> <p>Die Vorlesung (3 ECTS) richtet sich an Physiker:innen und Ingenieur:innen im Masterstudium. Der Vorlesungsstoff wird mit wöchentlichen Übungen (zusätzlich 3-4 ECTS) veranschaulicht und gefestigt.</p>					
Lehrinhalte	<p>Die Vorlesung stellt Grundlagen und moderne Konzepte der Biophysik und der Physik der weichen Materie dar. Vielfältiges Anschauungsmaterial wird mit mathematischen Konzepten der statistischen Mechanik vorgestellt - im Ortsraum wie im Frequenzraum.</p> <p>Inhalte:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Aufbau der Zelle oder Das Rezept für biophysikalische Forschung</li> <li>2. Diffusion und Fluktuationen</li> <li>3. Mess- und Manipulationstechniken</li> <li>4. Biologisch relevante Kräfte</li> <li>5. Biophysik der Proteine</li> <li>6. Polymerphysik einzelner Filamente</li> <li>7. Visko-Elastizität und Mikro-Rheologie</li> <li>8. Die Dynamik des Zytoskeletts</li> <li>9. Molekulare Motoren</li> <li>10. Membran-Biophysik</li> <li>11. Anhang</li> </ol>					
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rob Phillips: Physical Biology of the Cell</li> <li>• Joe Howard: Mechanics of Motor Proteins and the Cytoskeleton</li> <li>• Gary Boal: Mechanics of the Cell</li> <li>• Erich Sackmann &amp; Rudolf Merkel: Lehrbuch der Biophysik</li> </ul>					

<b>Verwendbarkeit</b>	BSc Physik: Wahlpflichtmodul Physik (PL), Wahlpflichtmodul Physik/Mathematik (SL), Polyvalenter 2-Hauptfach Bachelor Physik: Modul Physik (SL)
<b>Vorkenntnisse</b>	-
<b>Sprache</b>	Deutsch



### 4.1.3. Datenanalyse für Naturwissenschaftler/innen: Statistische Methoden in Theorie und Praxis (7 ECTS Punkte)

Modul Nr. 07LE33M-STATMETH	Datenanalyse für Naturwissenschaftler/innen: Statistische Methoden in Theorie und Praxis					7 ECTS
Dozent:innen	Dozent:innen der experimentellen Teilchenphysik					
Veranstaltungsdetails	Art	SWS	ECTS	Prüfung	Semester	
	Vorlesung (V)	3	7	SL oder PL	WiSe	
	Übung (Ü)	2				
Häufigkeit	In der Regel jedes Jahr im Wintersemester					
Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> <li>Die Studierenden beherrschen die wichtigen Methoden der Datenanalyse, können diese auf verschiedene Probleme anwenden und die Lösungen analytisch oder computerunterstützt bestimmen.</li> <li>Die Studierenden können Kenngrößen von Stichproben bestimmen.</li> <li>Die Studierenden können Zufallszahlen gemäß einer vorgegebenen Funktion mit Hilfe des Computers erzeugen und die Simulation von einfachen Messungen durchführen.</li> <li>Die Studierenden können die geeignete Methode verwenden, um gesuchte Parameter und deren Unsicherheit aus einer Stichprobe zu bestimmen. Sie können einfache Problemstellungen analytisch und komplexere mit Hilfe von Computerunterstützung lösen.</li> <li>Die Studierenden können die Verträglichkeit von Messergebnissen mit verschiedenen Hypothesen bewerten und verschiedene Testmethoden anwenden.</li> <li>Die Studierenden können Vertrauensintervalle auf unterschiedliche Art für geschätzte Parameter bestimmen und verstehen deren Bedeutung.</li> </ul>					
Lehrinhalte	<p>In den Übungen, die vor allem am Computer stattfinden, werden die erlernten Konzepte vertieft. Mit einfachen Programmierbeispielen wird die Anwendung für die Laborpraxis geübt. Das Programmpaket ROOT und die Programmiersprache C(++) werden hierzu verwendet.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Deskriptive Statistik: Mittelwert, Median, Modalwert. Varianz, Standardabweichung, höhere Momente, Kovarianz, Korrelation</li> <li>Grundlagen der Statistik: Wahrscheinlichkeitsdefinitionen, Frequentistische und Bayesianische Schule, Wahrscheinlichkeitsdichtefunktionen, Transformation von Zufallsvariablen, Faltung, Fehlerfortpflanzung</li> <li>Ausgewählte Wahrscheinlichkeitsverteilungen, deren Bedeutung und Zusammenhang, Zentraler Grenzwertsatz und dessen Anwendung,</li> <li>Die Monte-Carlo-Methode: Transformationsmethode und von Neumannsche Zurückweisungsmethode</li> <li>Grundlagen der Parameterschätzung: Zielsetzung, Eigenschaften von Schätzer (Konsistenz, Effizienz, Erwartungstreue)</li> <li>Methode der Maximum-Likelihood: Prinzip, Eigenschaften der Schätzer, Bestimmung der Varianz für den Schätzer</li> <li>Die Methode der Kleinsten Quadrate: Prinzip, Eigenschaften, Varianz</li> </ul>					

	<ul style="list-style-type: none"><li>• Hypothesentest: Grundprinzip, Signifikanz und Mächtigkeit, P-Wert, Neyman-Pearson-Lemma, Teststatistiken aus Likelihoodverhältnis, Multivariate Klassifizierungsmethoden</li><li>• Vertrauensintervalle: Frequentistische und Bayesianische Interpretation und Konstruktion, Vertrauensintervalle an Grenzen von Parameterräumen und bei kleinen Stichproben</li></ul>
<b>Verwendbarkeit</b>	BSc Physik: Wahlpflichtmodul Physik (PL), Wahlpflichtmodul Physik/Mathematik (SL), Polyvalenter 2-Hauptfach Bachelor Physik: Modul Physik (SL)
<b>Vorkenntnisse</b>	Grundlagen der Analysis
<b>Sprache</b>	Deutsch

#### 4.1.4. Photovoltaische Energiekonversion (5 ECTS Punkte)

Modul Nr. 07LE33M-PHOTOVOLT	Photovoltaic Energy Conversion / Photovoltaische Energiekonversion					5 ECTS
Dozent:innen	Dr. Uli Würfel (Fraunhofer ISE), Prof. Dr. Andreas Bett (Fraunhofer ISE)					
Veranstaltungsdetails	Art	SWS	ECTS	Prüfung	Semester	
	Vorlesung (V)	2	5	SL	SoSe	
	Übung (Ü)	1				
Häufigkeit	In der Regel jedes Jahr im Wintersemester					
Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> <li>Students have a profound understanding of the working principles of solar cells and are thus able to apply these principles to different kinds of solar cell configurations</li> <li>Students are familiar with state-of-the-art solar cells, the processes limiting their conversion efficiency, how these factors can be identified and if they could (in principle) be overcome</li> </ul>					
Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fundamentals of semiconductors, intrinsic and extrinsic, Fermi-Dirac statistics, bands</li> <li>Generation, recombination and transport of charge carriers</li> <li>Lifetime, diffusion length, pn-junction, ideal solar cell</li> <li>Real solar cell structures, carrier selectivity &amp; semi-permeable membranes</li> <li>Characterisation methods</li> <li>Overview about different PV technologies: Si-based, thin film, Organic, Perovskite, Concentrator-PV</li> </ul>					
Verwendbarkeit	BSc Physik: Wahlpflichtmodul Physik/Mathematik (SL), Polyvalenter 2-Hauptfach Bachelor Physik: Modul Physik (SL) MSc Physics: Modul Elective Subjects (SL) MSc Applied Physics: Modul Elective Subjects (SL), Modul Applied Physics (PL or SL)					
Vorkenntnisse	Basic knowledge of semiconductor physics is helpful but not mandatory					
Sprache	Englisch					

#### 4.1.5. Einführung in die Moderne Digitalelektronik (7 ECTS Punkte)

Modul Nr. 07LE33M-DIGIELEC	Einführung in die Moderne Digitalelektronik					7 ECTS
Dozent:innen	apl. Prof. Horst Fischer					
Veranstaltungsdetails	Art	SWS	ECTS	Prüfung	Semester	
	Vorlesung (V)	2	7	SL oder PL	SoSe	
	Übung (Ü)	3				
Häufigkeit	In der Regel jedes Jahr im Sommersemester					
Qualifikationsziele	Die Teilnehmenden erhalten einen Überblick über die wesentlichen Anwendungsgebiete und Methoden in der heutigen Digitalelektronik. Sie lernen an Hand von Beispielen die Konzepte und Funktionsweise digitaler Schaltkreise kennen und werden in die Programmierung von logischen Bausteinen eingeführt.					
Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> <li>Anwendungsfelder der Digitalelektronik</li> <li>Grundlagen und logische Verknüpfungen</li> <li>Schaltkreisfamilien</li> <li>Rechenschaltungen</li> <li>programmierbare Bausteine (FPGA und CPLD)</li> <li>Zahlen und Speicher</li> <li>Automaten</li> <li>Systeme zur Datenaufzeichnung</li> </ul> <p>In der praktischen Übung werden Logikbausteine (FPGA) selbst programmiert.</p>					
Verwendbarkeit	Wahlpflichtmodul Physik/Mathematik (SL), Polyvalenter 2-Hauptfach Bachelor Physik: Modul Physik (SL)					
Vorkenntnisse	-					
Sprache	Deutsch					

**4.1.6. Einführung in die Astrophysik (7 ECTS Punkte)**

<b>Modul Nr.</b> 07LE33M-ASTROPHYS	<b>Einführung in die Astrophysik</b>					<b>7 ECTS</b>
<b>Dozent:innen</b>	Dr. Rolf Schlichenmaier (Institut für Sonnenphysik, KIS)					
<b>Veranstaltungsdetails</b>	<b>Art</b>	<b>SWS</b>	<b>ECTS</b>	<b>Prüfung</b>	<b>Semester</b>	
	Vorlesung (V)	3	7	SL oder PL	SoSe	
	Übung (Ü)	2				
<b>Häufigkeit</b>	In der Regel jedes Jahr im Wintersemester					
<b>Qualifikationsziele</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Die Studierenden sind vertraut mit wesentlichen Zielen und Ergebnissen der modernen Astrophysik.</li> <li>Die Studierenden beherrschen die Grundlagen der physikalischen Eigenschaften der Sonne und des Planetensystems, des Aufbaus und der Entwicklung von Sternen, sowie die Grundlagen der Physik von Sternsystemen und des modernen kosmologischen Weltbildes.</li> </ul>					
<b>Lehrinhalte</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Koordinatensysteme</li> <li>Das Sonnensystem</li> <li>Teleskope und Instrumente</li> <li>Photometrie</li> <li>Aufbau und Entwicklung von Sternen</li> <li>Die Sonne</li> <li>Veränderliche Sterne</li> <li>Die Milchstraße</li> <li>Das Interstellare Medium</li> <li>Extragalaktische Physik</li> <li>Strukturen im Universum und Kosmologie</li> </ul>					
<b>Verwendbarkeit</b>	BSc Physik: Wahlpflichtmodul Physik (PL), Wahlpflichtmodul Physik/Mathematik (SL), Polyvalenter 2-Hauptfach Bachelor Physik: Modul Physik (SL)					
<b>Vorkenntnisse</b>	Experimentalphysik I-III, Theoretische Physik I-III					
<b>Sprache</b>	Deutsch					

#### 4.1.7. Dynamische Systeme in der Biologie (7 ECTS Punkte)

Modul Nr. 07LE33M-DYNBIO	Dynamische Systeme in der Biologie					7 ECTS
Dozent:innen	Prof. Jens Timmer					
Veranstaltungsdetails	Art	SWS	ECTS	Prüfung	Semester	
	Vorlesung (V)	3	7	SL oder PL	unregelmäßig	
	Übung (Ü)	2				
Häufigkeit	unregelmäßig					
Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> <li>Die Studierenden kennen Grundlagen der physikalisch motivierten mathematischen Modellierung biologischer Systeme.</li> <li>Die Studierenden können anhand ausgewählter exemplarischer Modelle die biologischen Grundlagen und ihre mathematischen und physikalischen Eigenschaften diskutieren.</li> </ul>					
Lehrinhalte	<p>Mathematische Biologie:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Populationsdynamik</li> <li>Neuronenmodelle</li> <li>Strukturbildung</li> <li>Enzymdynamik</li> </ul> <p>Systembiologie:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Metabolische Netzwerke</li> <li>Signaltransduktionskaskaden</li> <li>Genregulation</li> <li>Slides der letzten Woche: Chemotaxis, JAK-STAT Signalling, Epo Rezeptor, und Identifizierbarkeit</li> </ul>					
Verwendbarkeit	BSc Physik: Wahlpflichtmodul Physik (PL), Wahlpflichtmodul Physik/Mathematik (SL), Polyvalenter 2-Hauptfach Bachelor Physik: Modul Physik (SL)					
Vorkenntnisse	Klassische Mechanik, Differentialgleichungen					
Sprache	Deutsch					

#### 4.1.8. Spezielle Relativitätstheorie (5 ECTS Punkte)

Modul Nr. 07LE33M-SR	Spezielle Relativitätstheorie / Special Relativity					7 ECTS
Dozent:innen	Jun.-Prof. Dr. Simone Biondini, Prof. Stefan Dittmaier					
Veranstaltungsdetails	Art	SWS	ECTS	Prüfung	Semester	
	Vorlesung (V)	2	5	SL	unregelmäßig	
	Übung (Ü)	1				
Häufigkeit	unregelmäßig					
Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> <li>Die Studierenden kennen die mathematischen Grundlagen der Speziellen Relativitätstheorie und können diese in der klassischen Feldtheorie anwenden.</li> <li>Die Studierenden gewinnen erste Einblicke in die Grundlagen der Allgemeinen Relativitätstheorie.</li> </ul>					
Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> <li>Das Relativitätsprinzip (Gallilei Invarianz, Lorentz Invarianz)</li> <li>Struktur der Lorentztransformationen (Lorentzgruppe, Poincaregruppe)</li> <li>Relativistische Mechanik (Vierervektoren und Tensoren, Viererimpuls, Relativistische Stoßprozesse, Wirkungsprinzip, Minkowski-Kraft)</li> <li>Relativistische Feldtheorie und Elektrodynamik (Kovariante Formulierung der Lorentz-Kraft, Maxwellgleichungen, Klassische Feldtheorie, Wirkungsprinzip der Elektrodynamik)</li> <li>Beschleunigte Bezugssysteme und Ausblick auf die allgemeine Relativitätstheorie (Beschleunigte Bezugssysteme in der Speziellen Relativitätstheorie, Äquivalenzprinzip, Bewegung in gekrümmter Raumzeit)</li> </ul>					
Verwendbarkeit	BSc Physik: Wahlpflichtmodul Physik/Mathematik (SL), Polyvalenter 2-Hauptfach Bachelor Physik: Modul Physik (SL)					
Vorkenntnisse	Theoretische Physik I-III					
Sprache	Deutsch oder Englisch					

#### 4.1.9. Einführung in Maschinelles Lernen (7 ECTS Punkte)

Modul Nr. 07LE33M-MLEARN	Einführung in Maschinelles Lernen					7 ECTS
Dozent:innen	Prof. Markus Schumacher, Dr. Michael Böhler					
Veranstaltungsdetails	Art	SWS	ECTS	Prüfung	Semester	
	Vorlesung (V)	3	7	SL	unregelmäßig	
	Übung (Ü)	2				
Häufigkeit	unregelmäßig					
Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> <li>Die Studierenden kennen verschiedene Arten des Maschinellen Lernens und Grundlagen, Aufgaben und Methoden des überwachten Lernens</li> <li>Die Studierenden kennen verschiedene Methoden des Überwachten Lernens wie lineare Methoden, baumbasierte Methoden und verschiedene Netzwerkstrukturen, wann diese angewendet werden, wie diese trainiert werden und wie die Güte des Modells bewertet wird.</li> <li>Sie kennen unterschiedliche Regularisierungsmethoden und deren Anwendung und Methoden der Minimierung basierend auf dem Gradientenabstieg.</li> <li>Die Studierenden sind in der Lage einfache Probleme des überwachten Lernens für Regression und Klassifizierung mit den verschiedenen Methoden (Lineare, Baumbasierte, Neuronale Netzwerke) in einfachen Pythonprogrammen zu lösen.</li> <li>Die Studierenden sind in der Lage die Güte des gelernten Modells kritisch zu bewerten, Hinweise auf Übertraining zu erkennen und geeignete Regularisierungsmethoden ebenfalls in Python zu implementieren.</li> </ul>					
Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> <li>Übersicht über Maschinelles Lernen</li> <li>Grundlagen des überwachten Lernens für Regression und Klassifizierung, Varianz-Bias-Zerlegung bzw. -kompromiss</li> <li>Lineare Modelle: Lineare Regression, Logistische Regression, Lineare Diskriminantenanalyse, Ridge- und LASSO-Regularisierung</li> <li>Gradientenabstieg und dessen Erweiterungen, Kreuzvalidierung</li> <li>Einfache Regressions- und Entscheidungsbäume, Ensemblemethoden (Bagging, Boosting, Random Forests) und Anwendung auf Bäume</li> <li>Klassische und Tiefe Neuronale Netzwerke, Fehlerrückpropagation, Regularisierungsoptionen (Early Stopping, Dropout, Batch Normalisation, ...)</li> <li>Konvolutionelle und Rekurrente Netzwerke und deren Anwendung</li> </ul>					
Verwendbarkeit	BSc Physik: Wahlpflichtmodul Physik (PL), Wahlpflichtmodul Physik/Mathematik (SL), Polyvalenter 2-Hauptfach Bachelor Physik: Modul Physik (SL)					
Sprache	Deutsch					