

universität freiburg

Modulhandbuch

Polyvalenter 2-Hauptfächer Bachelor
(mit Option Lehramt)

Physik

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



Fach	Physik (Hauptfach)
Abschluss	Polyvalenter Zwei-Hauptfach Bachelor (B.Sc. oder B.A.)
Prüfungsordnung	PO 2015
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	www.physik.uni-freiburg.de
Profil des Studiengangs	<p>Der polyvalente Zwei-Hauptfächer-Bachelorstudiengang mit Hauptfach Physik umfasst zwei Optionen. Die Option „Lehramt“ ist lehramtsorientiert und vermittelt die experimentellen und theoretischen Grundlagen der Physik sowie einführende Aspekte der Bildungswissenschaft und der Fachdidaktik. Die Option „individuelle Studiengestaltung“ ermöglicht die Wahl von zusätzlichen Physikveranstaltungen und damit eine individuelle Schwerpunktsetzung. Die Pflichtveranstaltungen vermitteln eine möglichst breite Physikausbildung und eine dadurch bedingte Berufsbefähigung. Der polyvalente Zwei-Hauptfächer-Bachelorstudiengang ermöglicht einen frühen Einstieg ins Berufsleben (Berufsbefähigung) entsprechend der individuellen Schwerpunktsetzung, und vermittelt im Rahmen der „Option Lehramt“ die Voraussetzungen für Studierende, die das Lehramt an Gymnasien anstreben. Dafür muss nach dem Bachelor noch ein Lehramts-Master (Master-of-Education) angeschlossen werden. In eingeschränktem Umfang und gegebenenfalls unter Erbringung zusätzlicher Leistungen befähigt der Abschluss 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 einer begrenzten fachlichen Ausgewiesenheit etwa das sichere Beherrschen der grundlegenden Mathematik, der sicherer Umgang mit Mess- und Gerätetechnik, die selbstständige Bewertung und Einschätzung von Forschungsergebnissen, die konstruktive Mitarbeit in einem Team, sowie die Fähigkeit, komplexe Sachverhalte analysieren, darstellen und erklären zu können. In der Option Lehramt werden zusätzlich fachdidaktische Kompetenzen erworben.</p> <p>Falls man sich für eine Bachelorarbeit im Hauptfach Physik entscheidet, erhält man einen Einblick in das selbstständige wissenschaftliche Arbeiten, indem ein begrenztes Thema aus einem Teilgebiet der Physik oder einem angrenzenden Gebiet nach wissenschaftlichen Methoden bearbeitet wird.</p>

	<p>Fachliche Qualifikationsziele:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Absolvent:innen verfügen über Kenntnisse der Theoretischen und Experimentellen Physik und der Methoden der Mathematik ■ Sie verfügen über praktisches Wissen, insbesondere Kenntnisse von Messverfahren und beherrschen den Umgang mit wissenschaftlich/technischem Gerät ■ Sie haben die Regeln Guter Wissenschaftlicher Praxis verinnerlicht und beachten diese in ihrer Tätigkeit ■ Absolvent:innen haben methodische Kenntnisse zur Rezeption und Interpretation von Fachliteratur und zur Bewertung publizierter wissenschaftlicher Ergebnisse ■ Sie haben sich vertiefte Fachkompetenz in mindestens einem Spezialgebiet der Physik angeeignet (mit zweitem Hauptfach Mathematik, oder bei Option Individuelle Studiengestaltung) ■ Wenn sie die Bachelorarbeit im Fach Physik absolvieren, dann haben sie 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. <p>Überfachliche Qualifikationsziele:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Absolvent:innen verfügen über Analyse-, Problemlöse- und Entscheidungskompetenz unter Berücksichtigung fachlicher, gesellschaftlicher und ethischer Aspekte. ■ Absolvent:innen haben Kommunikationsfertigkeiten erworben, um wissenschaftliche Informationen mit Experten und Laien angemessen zu kommunizieren ■ Sie haben Interkulturelle Kompetenz und können in multinationalen Teams arbeiten. ■ Absolvent:innen verfügen über fachdidaktische Kompetenzen (Option Lehramt) ■ Sie besitzen praxisnahe Fertigkeiten z.B. in den Bereichen Datenverarbeitung und/oder Informatik/Programmierung (Option Individuelle Studiengestaltung)
<p>Zugangsvoraussetzungen</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ Hochschulzugangsberechtigung (Abitur) oder ausländischer Bildungsnachweis, der von der zuständigen staatlichen Stelle als gleichwertig anerkannt worden ist. ■ Deutsche Sprachkenntnisse auf Niveau C1 entsprechend des Gemeinsamen Europäischen Referenzrahmens für Sprachen.

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

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

Inhaltsverzeichnis

1. Polyvalenter 2-Hauptfächer-Bachelor Physik	3
1.1. Struktur und Aufbau des Studiums.....	3
1.1.1. Fachwissenschaft Physik (75 ECTS Punkte).....	3
1.1.2. Option Lehramt Gymnasium (20 ECTS Punkte).....	5
1.1.3. Option Individuelle Studiengestaltung (20 ECTS Punkte).....	5
1.1.4. Bachelorarbeit (10 ECTS-Punkte).....	5
1.2. Prüfungs- und Studienleistungen.....	6
1.3. Arbeitsaufwand / ECTS-Punkte System.....	6
1.4. Berufsfeldorientierte Kompetenzen (BOK).....	6
1.5. Bildung der Gesamtnote.....	7
2. Studienorganisation	8
2.1. Zeitlicher Studienverlauf / Studienplan.....	8
2.2. Belegung von Lehrveranstaltungen.....	9
2.3. Anmeldung zu Studien- und Prüfungsleistungen.....	9
2.4. Wiederholung von Prüfungen.....	9
3. Beschreibung der Module	10
3.1. Bereich Fachwissenschaft Physik.....	10
3.1.1. Mathematik (10 ECTS Punkte).....	11
3.1.2. Experimentalphysik A (16 ECTS Punkte).....	13
3.1.3. Theoretische Physik B (7 ECTS Punkte).....	15
3.1.4. Experimentalphysik C (7 ECTS Punkte).....	16
3.1.5. Theoretische Physik A (18 ECTS Punkte).....	17
3.1.6. Theoretische Physik B (7 ECTS Punkte).....	20
3.1.7. Physiklabor (8 ECTS Punkte).....	23
3.1.8. Physik (10 ECTS Punkte).....	25
3.1.9. Kolloquium (2 ECTS Punkte).....	27
3.2. Option Lehramt Gymnasium.....	28
3.2.1. Fachdidaktik Physik (5 ECTS Punkte).....	28
3.3. Option Individuelle Studiengestaltung / Spezialvorlesungen Physik.....	31
3.3.1. Wissenschaftliches Programmieren (5 ECTS Punkte).....	31
3.3.2. Grundlagen der Halbleiterphysik (5 ECTS Punkte).....	32

3.3.3. Biophysik: Grundlagen und Konzepte (7 ECTS Punkte).....	33
3.3.4. Datenanalyse für Naturwissenschaftler/innen: Statistische Methoden in Theorie und Praxis (7 ECTS Punkte).....	35
3.3.5. Photovoltaische Energiekonversion (5 ECTS Punkte)	37
3.3.6. Einführung in die Moderne Digitalelektronik (7 ECTS Punkte).....	38
3.3.7. Einführung in die Astrophysik (7 ECTS Punkte).....	39
3.3.8. Dynamische Systeme in der Biologie (7 ECTS Punkte).....	40
3.3.9. Spezielle Relativitätstheorie (5 ECTS Punkte)	41
3.3.10. Einführung in Maschinelles Lernen (7 ECTS Punkte).....	42

1. Polyvalenter 2-Hauptfächer-Bachelor Physik

1.1. Struktur und Aufbau des Studiums

Der Gesamtumfang des polyvalenten 2-Hauptfach-Bachelor-Studiengangs entspricht 180 ECTS-Punkten. Dabei entfallen jeweils 75 ECTS-Punkte auf die Fachwissenschaften jedes der beiden Hauptfächer, 20 ECTS-Punkte auf den Optionsbereich und 10 ECTS-Punkte auf die abschließende Bachelorarbeit.

1.1.1. Fachwissenschaft Physik (75 ECTS Punkte)

Die Module der Fachwissenschaft Physik gliedern sich in folgende Pflicht- und Wahlpflichtmodule gemäß den Angaben in der Prüfungsordnung:

Modul Lehrveranstaltung	Art	SWS	ECTS- Punkte	FS	Studienleistung/ Prüfungsleistung
Mathematik (10 ECTS-Punkte)⁴⁾					
Mathematik für Studierende des Ingenieurwesens I	V+Ü	4 + 2	5	1	SL: Übungen SL: Klausur
Mathematik für Studierende des Ingenieurwesens II	V+Ü	4 + 2	5	2	SL: Übungen SL: Klausur
Experimentalphysik A (16 ECTS-Punkte)					
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 ¹⁾ (Orientierungsprüfung)				2	PL: mündliche Prüfung
Experimentalphysik B (7 ECTS-Punkte)					
Experimentalphysik III	V+Ü	4 + 2	7	3	SL: Übungen PL: Klausur
Experimentalphysik C (7 ECTS-Punkte)					
Experimentalphysik IV	V+Ü	4 + 2	7	4	SL: Übungen PL: Klausur
Theoretische Physik A (18 ECTS-Punkte)					
Theoretische Physik I	V+Ü	4 + 2	9	4	SL: Übungen SL: Klausur
Theoretische Physik II	V+Ü	4 + 2	9	5	SL: Übungen SL: Klausur
Modulabschlussprüfung ²⁾				5	PL: mündliche Prüfung

Physiklabor (8 ECTS-Punkte)					
Kleines Physiklabor für Anfänger und Anfängerinnen Teil 1	Lab	4	4	3	PL: mündl. Prüfung, prakt. Leistung und schriftl. Ausarbeitung (Protokoll)
Kleines Physiklabor für Anfänger und Anfängerinnen Teil 2	Lab	4	4	4	PL: mündl. Prüfung, prakt. Leistung und schriftl. Ausarbeitung (Protokoll)
Theoretische Physik B (7 ECTS-Punkte)					
Kompakte Fortgeschrittene Theoretische Physik	V+Ü	4 + 2	7	6	SL: Übungen PL: Klausur
Kolloquium³⁾ (2 ECTS-Punkte)					
Kolloquium	K		2	6	SL: Vortrag

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

¹⁾ Die **Orientierungsprüfung** besteht aus der mündlichen *Modulabschlussprüfung Experimentalphysik A*. Gemäß der Prüfungsordnung soll die Orientierungsprüfung am Ende des 2. Fachsemesters, sie muss jedoch spätestens bis Ende des 3. Fachsemesters erfolgreich abgelegt werden. Prüfungsgegenstand ist der Inhalt der Lehrveranstaltungen Experimentalphysik I und II.

²⁾ Voraussetzung für die Teilnahme an der mündlichen *Modulabschlussprüfung Theoretische Physik A* ist das Bestehen der Klausuren in Theoretischer Physik I und II. Prüfungsgegenstand ist der Lehrstoff beider Lehrveranstaltungen.

³⁾ Im Rahmen des Moduls **Kolloquium** ist eine Präsentation von ca. 45 Minuten durchzuführen. Wird die Bachelorarbeit im Fach Physik angefertigt, beinhaltet das Kolloquium die Präsentation der Bachelorarbeit und die Diskussion verwandter physikalischer Inhalte. Wird die Bachelorarbeit nicht im Fach Physik angefertigt, wird das Kolloquium nach Wahl des/der Studierenden zu einem Themengebiet des Moduls Experimentalphysik B, Experimentalphysik C oder Theoretische Physik B durchgeführt.

⁴⁾ Wird als zweites Hauptfach das Fach Mathematik studiert, ist anstelle des Moduls **Mathematik** das Modul **Physik** bestehend aus zwei Spezialvorlesungen zu absolvieren, wobei die Vorlesung Wissenschaftliches Programmieren als eine davon empfohlen wird.

Physik⁴⁾ (10 ECTS-Punkte)					
Lehrveranstaltung	Art	SWS	ECTS-Punkte	FS	Studienleistung/ Prüfungsleistung
Wissenschaftliches Programmieren (empfohlen) oder andere Spezialvorlesung 1	V+Ü	2 + 2	5	3	SL: Übungen und Klausur
Spezialvorlesung 2	V+Ü	3–5	5	4/5/6	SL: Übungen und Klausur

1.1.2. Option Lehramt Gymnasium (20 ECTS Punkte)

Wird der polyvalente Zwei-Hauptfächer-Bachelorstudiengang mit der Option „Lehramt“ für das Gymnasium studiert, sind folgende Veranstaltungen im Bereich der Bildungswissenschaften und der Fachdidaktik zu absolvieren:

Bildungswissenschaften (10 ECTS-Punkte)					
Lehrveranstaltung	Art	SWS	ECTS-Punkte	FS	Studienleistung/ Prüfungsleistung
Einführung in die Bildungswissenschaften	V	2	3	1	SL
Vorbereitung des Orientierungspraktikums	Ü		2	1	SL
Orientierungspraktikum	Pr		4	1 oder 2	SL
Nachbereitung des Orientierungspraktikums	Ü		1	2	SL

Im Bereich der Bildungswissenschaften sind die Teilnahmebedingungen, Belegfristen und Bedingungen zum Erwerb der Studienleistungen des Instituts für Erziehungswissenschaft (<https://ezw.uni-freiburg.de>) zu beachten.

Das dreiwöchige Orientierungspraktikum wird in der vorlesungsfreien Zeit an einem Gymnasium durchgeführt. Voraussetzung hierfür ist die Lehrveranstaltung „Einführung in die Bildungswissenschaften“ und die Vorbereitung des Orientierungspraktikums. Es wird dringend empfohlen, diese Veranstaltungen im ersten Semester zu absolvieren.

Fachdidaktik Physik (5 ECTS-Punkte)					
Lehrveranstaltung	Art	SWS	ECTS-Punkte	FS	Studienleistung/ Prüfungsleistung
Fachdidaktik I	V	2	2	3	SL: Übungen
Fachdidaktik II	V	3	3	5	SL: Übungen

1.1.3. Option Individuelle Studiengestaltung (20 ECTS Punkte)

Wird der polyvalente Zwei-Hauptfächer-Bachelor **nicht** als auf das Lehramt Gymnasium bezogener Bachelorstudiengang studiert, sind 20 ECTS nach eigener Wahl zu absolvieren. Davon müssen 8 ECTS im BOK-Bereich am ZfS erbracht werden (siehe 1.4), die restlichen 12 ECTS können als BOK oder im Bereich der Fachwissenschaft und Interdisziplinarität absolviert werden.

Wird im Anschluss an den polyvalenten Zwei-Hauptfächer-Bachelorstudiengang ein Fach-Master im Bereich Physik angestrebt, empfiehlt es sich unbedingt, im Rahmen dieser Option noch fehlende Veranstaltungen aus dem Ein-Hauptfach-Bachelor zu belegen. In diesem Fall sollten Sie sich rechtzeitig von der Fachstudienberatung Physik beraten lassen.

1.1.4. Bachelorarbeit (10 ECTS-Punkte)

Die Bachelorarbeit wird in einem der gewählten Hauptfächer angefertigt. Erfolgt die Bachelorarbeit in einem naturwissenschaftlichen Hauptfach oder den Sportwissenschaften, besteht der Abschluss des Bachelorstudiengangs in einem Bachelor-of-Science (B.Sc.), andernfalls in einem Bachelor-of-Arts (B.A.)

Im Fach Physik wird dabei unter Anleitung ein Forschungsthema selbständig **nach wissenschaftlichen Methoden der Physik oder der Didaktik** bearbeitet und eine eigenständige wissenschaftliche Arbeit angefertigt, wobei mindestens die Hälfte der Arbeit mit Methoden der Physik bearbeitet werden muss. In der Regel wählt die/der Studierende dazu eine/n Betreuer:in und ein allgemeines Arbeitsgebiet. Das eigentliche Bearbeitungsthema wird dann mit der Anmeldung der Bachelorarbeit von dem/der Betreuer:in bekanntgegeben. Die Bearbeitungszeit der Bachelorarbeit beträgt vom Tag der Bekanntgabe des Themas und der Anmeldung exakt 3 Monate. Mit der Bachelorarbeit kann erst begonnen werden, wenn 60 ECTS-Punkte in dem Fach, in dem die Bachelorarbeit angefertigt werden soll, erfolgreich absolviert wurden.

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 1.5 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. 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. Für die Gestaltung und Organisation dieses Bereiches ist an der Universität Freiburg das Zentrum für Schlüsselqualifikationen (ZfS) zuständig. Die BOK-Veranstaltungen des ZfS der Universität Freiburg gliedern sich in die Kompetenzfelder *Management, Kommunikation, Medien, EDV* und *Fremdsprachen*.

Beachten Sie auch das Angebot der BOK-Kurse von Dozenten des Physikalischen Instituts wie z.B.:

- Einführung in die Digitalelektronik
- Statistische Methoden der Datenanalyse

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

1.5. Bildung der Gesamtnote

Die Gesamtnote errechnet sich als das gewichtete arithmetische Mittel der Abschlussnoten in den beiden gewählten Fächern und der Note der Bachelorarbeit, wobei die Abschlussnoten in den beiden wissenschaftlichen Fächern jeweils 4-fach und die Note der Bachelorarbeit 1-fach gewichtet werden.

Die Abschlussnote im Fach Physik errechnet sich aus den fachwissenschaftlichen Modulen nach folgender Gewichtung:

Modul	Gewicht in der Gesamtnote
Experimentalphysik A	24 Prozent
Experimentalphysik B	11 Prozent
Experimentalphysik C	11 Prozent
Theoretische Physik A	26 Prozent
Theoretische Physik B	13 Prozent
Physiklabor	15 Prozent

2. Studienorganisation

2.1. Zeitlicher Studienverlauf / Studienplan

Der Verlauf des Studiums ist nicht vorgeschrieben, sofern die Rahmenbedingungen gemäß der Prüfungsordnung eingehalten werden. Der folgende Plan zeigt den vorgesehenen Studienverlauf (Veranstaltungen eines Moduls tragen die gleiche Farbe). Je nach Fachkombination werden abweichende Studienverläufe empfohlen. Dazu informieren Sie sich bitte bei der Studienberatung des Polyvalenten Bachelors Physik.

FS	Mathematik Modul	Theoretische Physik A + B	Experimentalphysik A - C	Physiklabor	Mündl. Prüfungen	Option Lehramt	Σ ECTS
1	Mathematik für Ingenieure I 5 ECTS		Experimentalphysik I 8 ECTS				13
2	Mathematik für Ingenieure II 5 ECTS		Experimentalphysik II 8 ECTS		Experimentalphysik A (Orientierungsprüfung)		13
3			Experimentalphysik III 7 ECTS	Kleines Physiklabor für Anfänger:innen I 4 ECTS		Fachdidaktik I 2 ECTS	11
4		Theoretische Physik I 9 ECTS	Experimentalphysik IV 7 ECTS	Kleines Physiklabor für Anfänger:innen II 4 ECTS			20
5		Theoretische Physik II 9 ECTS			Theoretische Physik A	Fachdidaktik II 3 ECTS	9
6		Kompakte Fortgeschrittene Theoretische Physik 7 ECTS	Bachelorarbeit Physik und Kolloquium 10+2 ECTS oder Kolloquium 2 ECTS			Einführung Bildungswissenschaften 3 ECTS und Orientierungspraktikum 7 ECTS	9

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 des jeweiligen Semesters statt.

Die Physiklabore werden jeweils in der vorlesungsfreien Zeit durchgeführt.

(Die Summe der ECTS-Punkte umfasst nur die fachwissenschaftlichen Module, ohne die Option Lehramt.)

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).

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 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. Bereich Fachwissenschaft Physik

Im Rahmen des Pflichtbereichs im Hauptfach Physik sind

- Module der Mathematik (oder Physik-Spezialvorlesungen falls Mathematik als zweites Hauptfach gewählt wurde) im Umfang von 10 ECTS-Punkten,
- Module der Theoretischen Physik im Umfang von 25 ECTS-Punkten,
- Module der Experimentalphysik im Umfang von 31 ECTS-Punkten,
- Physik-Labore im Umfang von 8 ECTS-Punkten,
- Und ein Kolloquium im Umfang von 2 ECTS-Punkten

zu absolvieren. Im Pflichtbereich bestehen keine Wahlmöglichkeiten.

3.1.1. Mathematik (10 ECTS Punkte)

Modul 07LE33M-Math	Mathematik 10 ECTS					
Verantwortlich	Studiendekan:in Mathematik					
Lehrveranstaltungen	Veranstaltung	Art	SWS	ECTS	Prüfung	Semester
	Mathematik I für Studierende der Informatik und der Ingenieurwissenschaften	V	4	5		WiSe
	Mathematik I	Ü	2		SL: Übung	WiSe
	Mathematik II für Studierende der Ingenieurwissenschaften	V	4	5		SoSe
	Mathematik II	Ü	2		SL: Übung	SoSe
	Gesamt:		8+4	10		
Zu erbringende Prüfungs- und Studienleistungen	Die beiden Veranstaltungen im Modul Mathematik werden mit einer Studienleistung abgeschlossen. Die Studienleistungen bestehen aus der regelmäßigen und erfolgreichen Teilnahme an den Übungen.					
Modulnote	-					
Qualifikationsziele	<p>Mathematik I</p> <ul style="list-style-type: none"> Die Studierenden sind in der Lage, mit den Strukturen einer Gruppe, eines Körpers und eines Vektorraums zu arbeiten und innerhalb dieser Strukturen einfache Beweise zu führen. Sie können charakteristische Polynome von Matrizen berechnen und in einfachen Fällen die Eigenwerte dieser Matrizen bestimmen. Die Studierenden können entscheiden, ob Grenzwerte von Folgen existieren, ob Funktionen stetig sind, sie können Funktionen ableiten und integrieren. Sie können mithilfe der Differentialrechnung Extremwertaufgaben lösen. Die Studierenden können eigene Lösungen vor der Gruppe vorrechnen und die Lösungswege diskutieren. <p>Mathematik II</p> <ul style="list-style-type: none"> Die Studierenden kennen die grundlegenden Zusammenhänge zur Theorie des euklidischen Vektorraums. Sie können ein Basissystem orthonormalisieren. Die Studierenden kennen die Grundbegriffe der Differential- und Integralrechnung von Funktionen in mehreren Variablen und können diese auf einfache Problemstellungen anwenden. Die Studierenden können eigene Lösungen vor der Gruppe vorrechnen und die Lösungswege diskutieren. 					

Lehrinhalte	<p>Mathematik I</p> <ul style="list-style-type: none"> • Grundbegriffe, Gruppen, Körper, Vektorräume über beliebigen Körpern, Basis und Dimension, lineare Abbildungen und darstellende Matrix, Matrizenkalkül • lineare Gleichungssysteme, Gauß-Algorithmus, Linearformen, Dualraum, Quotientenvektorräume und Homomorphiesatz, Determinante, Eigenwerte, Polynome, charakteristisches Polynom, Hauptraumzerlegung, Jordan'sche Normalform, Diagonalisierbarkeit. • Grenzwerte von Folgen und Reihen, Stetigkeit von Funktionen, Ableitung in Integralen von Funktionen, Extremwertbestimmung. <p>Mathematik II</p> <ul style="list-style-type: none"> • Symmetrische Bilinearformen: Orthogonalbasen, Sylvester'scher Trägheitssatz. • Euklidische und Hermitesche Vektorräume: Skalarprodukte, Kreuzprodukt, Gram'sche Determinante. • Gram-Schmidt-Verfahren, orthogonale Transformationen, (selbst-) adjungierte Abbildungen, Spektralsatz, Hauptachsentransformation. • Affine Räume. • Ableitung und Integration in mehreren Variablen. 				
Arbeitsaufwand in Stunden	Veranstaltung	Art	Präsenz	Selbststudium	Summe
	Mathematik I	V	60 h	40 h	100 h
	Mathematik I	Ü	30 h	20 h	50 h
	Mathematik II	V	60 h	40 h	100 h
	Mathematik II	Ü	30 h	20 h	50 h
	Gesamt:		180 h	120 h	300 h
Verwendbarkeit	Polyvalenter 2-Hauptfach Bachelor Physik, Pflichtbereich				
Vorkenntnisse	Empfohlen werden die Inhalte des Vorkurs Mathematik.				
Sprache	Deutsch				

3.1.2. Experimentalphysik A (16 ECTS Punkte)

Modul 07LE33M-ExA	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	
	Gesamt:			8+4	16		
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 nicht 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>Experimentalphysik I</p> <ul style="list-style-type: none"> Die Studierenden sind in der Lage rechnerische oder phänomenologische Lösungen von physikalischen Problemstellungen im Bereich der klassischen Mechanik und Thermodynamik eigenständig zu erarbeiten. Die Studierenden können eigene Lösungen vor der Gruppe vorrechnen und die Lösungswege diskutieren. <p>Experimentalphysik II</p> <ul style="list-style-type: none"> 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. Die Studierenden können eigene Lösungen vor der Gruppe vorrechnen und die Lösungswege diskutieren. 						

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

3.1.3. Theoretische Physik B (7 ECTS Punkte)

Modul 07LE33M-ExB	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"> 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. Sie können eigene Lösungen vorrechnen und Lösungswege diskutieren. 						
Lehrinhalte	Experimentalphysik III - Spezielle Relativitätstheorie, Optik, Quantenphysik und Atomphysik <ul style="list-style-type: none"> Grundlagen der speziellen Relativitätstheorie: Inertialsysteme, Lorentz-Transformation, Zeitdilatation, Längenkontraktion Fortgeschrittene Optik: Lichtpolarisation, Doppelbrechung, Polarisationsoptik, Gaußsche Strahlen, optische Resonatoren, Laser, Grundlagen der nicht-linearen Optik Quantenphysik: Quantenphänomene, Unschärferelation, Schrödinger-Gleichung, Axiome der Quantenmechanik, Bahn-Drehimpulse, Wasserstoffatom Struktur einfacher atomarer Systeme, Periodensystem, Wechselwirkung Licht-Materie 						
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, Pflichtbereich						
Vorkenntnisse	Experimentalphysik I und II						
Sprache	Deutsch						

3.1.4. Experimentalphysik C (7 ECTS Punkte)

Modul 07LE33M-ExC	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"> Die Studierenden sind in der Lage rechnerische oder phänomenologische Lösungen von physikalischen Problemstellungen im Bereich der Atom-, Molekül- und Festkörperphysik eigenständig zu erarbeiten. Studierende können Lösungen vor Gruppe vorrechnen und diskutieren. 					
Lehrinhalte	Experimentalphysik IV - Atom-, Molekül und Festkörperphysik <ul style="list-style-type: none"> 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 Struktur und Eigenschaften von Molekülen: Molekülbindung, elektronische Anregung, Franck-Condon Prinzip, Hybridisierung, Normalschwingungen Struktur und Eigenschaften von Festkörpern und Oberflächen: Bindungen im Festkörper, Kristallstruktur, Bloch-Theorem, Bragg-Streuung, Dynamik von Kristallgittern (Phononen) 					
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, Pflichtbereich					
Vorkenntnisse	Experimentalphysik I-III					
Sprache	Deutsch					

3.1.5. Theoretische Physik A (18 ECTS Punkte)

Modul 07LE33M-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
	Gesamt:		8+4	18		
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>Theoretische Physik I</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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. • Die Studierenden kennen die Methode der Lagrange-Parameter zur Behandlung von Zwangsbedingungen und können diese auf einfache Probleme auch außerhalb der Mechanik anwenden. • 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 					

	<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"> • Die Studierenden können eigene Lösungen vor der Gruppe vorrechnen und die Lösungswege diskutieren. <p>Theoretische Physik II</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Studierenden kennen die Maxwell-Gleichungen und können die phänomenologische Bedeutung der einzelnen Terme beschreiben. • 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. • Die Studierenden können eigene Lösungen vor der Gruppe vorrechnen und die Lösungswege diskutieren.
<p>Lehrinhalte</p>	<p>Theoretische Physik I - Mechanik und Spezielle Relativitätstheorie</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kinematik des Massenpunktes und Newton'sche Mechanik, Erhaltungsgrößen, Schwingungen und Wellen, erzwungene Schwingungen, Resonanz. • Lagrange-Funktion und Hamilton'sches Prinzip, Beziehungen zwischen Invarianzen und Erhaltungsgrößen (Noether-Theorem) • allgemeine rotationsinvariante Potentiale, effektive Potentiale, speziell das Kepler-Problem • Inertialsysteme, Bezugssysteme, beschleunigte Bezugssysteme und Scheinkräfte, Coriolis-Kraft • starrer Körper, Trägheitstensor, Lösung des achsensymmetrischen Falls; Präzession und Nutation. • Hamilton'sche Mechanik, Phasenraum, Legendre-Transformation. • relativistische Mechanik des freien Punktteilchens, Minkowski-Raum, Raumzeit-Diagramme, relativistischer Doppler-Effekt (transversal und longitudinal) <p>Theoretische Physik II - Elektrodynamik</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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. • Maxwell-Gleichungen im Vakuum und in Materie in differentieller und integraler Form, Kontinuitätsgleichung, Lorentz-Kraft. • Elektrostatik, skalares Potential, Randwertprobleme, Multipolentwicklung • Magnetostatik, Vektorpotential, Eichfreiheit und Coulomb-Eichung • freie elektromagnetische Wellen • Energie des elektromagnetischen Feldes, Poynting-Vektor, Maxwell'scher Spannungstensor. • kovariante Formulierung der Maxwell-Gleichungen, Feldstärketensor und dualer Tensor, Viererstrom und Viererpotential. • Grundlagen der Maxwell-Gleichungen in Medien.

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
	Gesamt		180 h	360 h	540 h
Verwendbarkeit	B.Sc. Physik, Polyvalenter 2-Hauptfach Bachelor Physik, Pflichtbereich				
Vorkenntnisse	Experimentelle Physik I, Analysis für Physiker und Lineare Algebra I. Die Studierenden sollten parallel zur Theoretischen Physik I die Lineare Algebra II hören.				
Sprache	Deutsch				

3.1.6. Theoretische Physik B (7 ECTS Punkte)

Modul 07LE33M-TheoB-Poly	Theoretische Physik B						7 ECTS
Verantwortlich	Studiendekan:in Physik						
Lehrveranstaltungen	Veranstaltung	Form	SWS	EC TS	Prüfung	Semester	
	Kompakte Fortgeschrittene Theoretische Physik	V	4	7	PL: Klausur	SoSe	
	Kompakte Fortgeschrittene Theoretische Physik	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	<p>Quantenmechanik</p> <ul style="list-style-type: none"> 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. Sie kennen die Bedeutung der Quantenzahlen. 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. Sie kennen am Beispiel von Zwei-Zustands-Systemen den Formalismus der Dichtematrix, die Bedeutung verschränkter Zustände, EPR-Zustände, die Bedeutung Bell'scher Ungleichungen, sowie die Anwendung solcher Systeme in der Quanteninformation und Quantenkryptografie. Die Studierenden kennen verschiedene Interpretationen der Quantenmechanik und deren Bedeutung. <p>Statistische Physik</p> <ul style="list-style-type: none"> 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. Sie kennen Kreisprozesse, darunter besonders den Carnot-Prozess und maximalen den Wirkungsgrad dieses Prozesses. Die Studierenden kennen die wichtigsten thermodynamischen Potenziale und wissen, unter welchen physikalischen Bedingungen sie anzuwenden sind. Sie kennen verschiedene Definitionen der Entropie und die Beziehungen zwischen ihnen. Sie 						

	<p>können den zweiten Hauptsatz der Thermodynamik in Bezug auf diese Definitionen veranschaulichen.</p> <ul style="list-style-type: none"> Die Studierenden kennen die wichtigsten Zusammenhänge beim freien Bose- und Fermi-Gas, sie kennen die van der Waals-Gleichung und können den Übergang gasförmig-flüssig am van der Waals-System erläutern. Sie können zu einfachen Problemen die kanonische bzw. großkanonische Zustandssumme formulieren. 				
<p>Lehrinhalte</p>	<p>Quantenmechanik:</p> <ul style="list-style-type: none"> Hilbertraum, Bra-Ket-Notation, spezielle lineare Operatoren (selbst-adjungierte Operatoren, Projektionsoperatoren, unitäre Operatoren), Eigenwerte, Eigenvektoren und Spektrum. Der Raum L^2. deBroglie-Beziehungen zwischen Energie und Frequenz bzw. Impuls und Wellenzahl, Doppelspaltexperiment, Schrödinger-Gleichung. Allgemeine Quantisierungsbedingungen. Lösungen der Schrödinger-Gleichung für unendliches Kastenpotenzial, endliches Kastenpotenzial (Tunneleffekt, Anschlussbedingungen), harmonischer Oszillator. allgemeines rotationsinvariantes Potenzial, gequantelter Bahndrehimpuls und magnetische Quantenzahl, Spin und Pauli-Prinzip. Speziell Coulomb-Problem. Mehrteilchensysteme; Tensorprodukt, symmetrisierte bzw. antisymmetrisierte Zustände bei identischen Bosonen bzw. Fermionen. Begriff der Verschränkung. Zweizustandssysteme: Dichtematrix, EPR-Zustände, Bell'sche Ungleichungen, Grundlagen der Quanteninformation und Quantenkryptographie Verschiedene Interpretationen der Quantenmechanik (Kopenhagener Deutung, Viele-Welten, Bohm'sche Mechanik, subjektive Interpretationen wie Q-Bism). <p>Statistische Mechanik und theoretische Thermodynamik:</p> <ul style="list-style-type: none"> Grundlagen der theoretischen Thermodynamik. Nullter, erster, zweiter und dritter Hauptsatz der Thermodynamik, Gibb'sche Fundamentalform, statistischer, thermodynamischer und informationstheoretischer Entropiebegriff, thermodynamische Potenziale, Legendre-Transformationen; thermische und kalorische Zustandsgleichung, Maxwell-Relationen, einfache Beziehungen zwischen Materialgrößen; speziell die Zustandsgrößen und Beziehungen beim freien Gas. Kreisprozesse (Carnot-Prozess, Stirling-Prozess), Wirkungsgrad. klassische und quantenmechanische Beschreibung von thermodynamischen Gleichgewichtszuständen (Gesamtheiten). Zustandssummen der mikrokanonischen, kanonischen und großkanonischen Gesamtheit. Maxwell-Verteilung, barometrische Höhenformel. Bedeutung der spezifischen Wärme. Freie Quantengase: Bose-Gas, Bose-Einstein-Kondensation; Fermi-Gas bei tiefen Temperaturen, thermodynamische Freiheitsgrade. Van der Waals-Gas und der Phasenübergang gasförmig-flüssig. 				
<p>Arbeitsaufwand in Stunden</p>	<p>Veranstaltung</p>	<p>Art</p>	<p>Präsenz</p>	<p>Selbststudium</p>	<p>Summe</p>
	<p>Kompakte Fortgeschrittene Theoretische Physik</p>	<p>V</p>	<p>60 h</p>	<p>80 h</p>	<p>140 h</p>
	<p>Kompakte Fortgeschrittene Theoretische Physik</p>	<p>Ü</p>	<p>30 h</p>	<p>40 h</p>	<p>70 h</p>
	<p>Gesamt</p>		<p>90 h</p>	<p>120 h</p>	<p>210 h</p>

Verwendbarkeit	Polyvalenter 2-Hauptfach Bachelor Physik, Pflichtbereich
Vorkenntnisse	Theoretische Physik I und II
Sprache	Deutsch

3.1.7. Physiklabor (8 ECTS Punkte)

Modul 07LE33M-KAP	Physiklabor 8 ECTS					
Verantwortlich	Studiendekan:in Physik, Leitung des Physiklabors					
Lehrveranstaltungen	Veranstaltung	Art	SWS	ECTS	Prüfung	Semester
	Kleines Physiklabor für Anfänger und Anfängerinnen Teil 1	Lab	4	4	PL: mündl. Prüfung, schriftl. Ausarbeitung und prakt. Leistung	SoSe
	Kleines Physiklabor für Anfänger und Anfängerinnen Teil 2	Lab	4	4	PL: mündl. Prüfung, schriftl. Ausarbeitung und prakt. Leistung	WiSe
	Gesamt:			8		
Organisation	<p>Die Physiklabore 1, 2 finden als Blockveranstaltungen in der vorlesungsfreien Zeit statt:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Teil 1: nach SoSe, Anfang Sept. bis Ende Okt. - Teil 2: nach WiSe, Ende Feb. bis Anfang April <p>Die Anmeldung zu den Laboren erfolgt in der Regel bis etwa 3 Monate vor Beginn online gemäß Angaben auf https://www.physik.uni-freiburg.de/studium/labore/</p>					
Zu erbringende Prüfungs- und Studienleistungen	<p>Im Teilmodul Kleines Physiklabor Teil 1 sind folgende Teilleistungen zu erbringen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Vorlesung zur Fehlerrechnung (Teilleistung, unbenotet) - Einführungsversuch (Teilleistung, unbenotet) - 8 Versuche (Teilleistungen, benotet) <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 Kleines Physiklabor Teil 2 sind folgende Teilleistungen zu erbringen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 10 Versuche (Teilleistungen, benotet) <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>					
Modulnote	Das arithmetische Mittel der beiden Prüfungsleistungen zu den Kleinen Physiklaboren für Anfänger Teil 1 und Teil 2 ergibt die Modulnote.					

Wiederholungsprüfung	Sind nur einzelne Versuche zu wiederholen, so kann dies in der Regel innerhalb eines Jahres erfolgen. Ist ein gesamter Laborteil zu wiederholen, so ist dies erst nach einem Jahr wieder möglich.				
Qualifikationsziele/ Kompetenzen	Kleines Physikalabor für Anfänger (Teil 1 und Teil 2) <ul style="list-style-type: none"> Die Studierenden sind in der Lage grundlegende wissenschaftliche Experimente unter Anleitung aufzubauen, durchzuführen, eigenständig zu protokollieren und auszuwerten. Die Studierenden beherrschen die Grundlagen der Datenanalyse und Fehlerabschätzung. 				
Lehrinhalte	Kleines Physikalabor für Anfänger (Teil 1) <ul style="list-style-type: none"> Grundlagen der Datenanalyse und Fehlerabschätzung anhand labornaher experimenteller Beispiele, Einführung in die Fehlerrechnung (Einführungsveranstaltung) 1 Einführungsversuch + 8 grundlegende Versuche aus der Mechanik, Hydrodynamik, Akustik, und Wärmelehre Kleines Physikalabor für Anfänger (Teil 2) <ul style="list-style-type: none"> 10 grundlegende Versuche zu Elektromagnetismus und Elektronik, Optik, Atom- und Kernphysik 				
Arbeitsaufwand in Stunden	Veranstaltung	Art	Präsenz	Selbststudium	Summe
	Kleines Physikalabor für Anfänger:innen Teil 1	Lab	60 h	60 h	120 h
	Kleines Physikalabor für Anfänger:innen Teil 2	Lab	60 h	60 h	120 h
	Gesamt:		120 h	120 h	240 h
Verwendbarkeit	Polyvalenter 2-Hauptfach Bachelor Physik, Pflichtbereich				
Vorkenntnisse	Erforderliche Kenntnisse für die Teilnahme am <i>Kleinen Physikalabor für Anfänger und Anfängerinnen Teil 2</i> sind die Inhalte des <i>Kleinen Physikalabors für Anfänger und Anfängerinnen Teil 1</i> .				
Sprache	Deutsch				

3.1.8. Physik (10 ECTS Punkte)

Wird als zweites Hauptfach das Fach Mathematik studiert, ist anstelle des Moduls **Mathematik** das Modul **Physik** zu absolvieren.

Modul 07LE33K-WPPHys-Poly	Physik 10 ECTS					
Verantwortlich	Studiendekan:in Physik					
Lehrveranstaltungen	Veranstaltung	Art	SWS	ECTS	Prüfung	Semester
	Spezialvorlesung 1 (Empfehlung: Wissenschaftliches Programmieren)	V+Ü	3-5	5	SL: schriftl. Klausur oder mündl. Prüfung	WiSe + SoSe
	Spezialvorlesung 2	V+Ü	3-5	5	SL: schriftl. Klausur oder mündl. Prüfung	WiSe + SoSe
	Gesamt:			10		
Organisation	Studierende wählen eine weiterführende Vorlesung zu einem speziellen Thema der Physik (siehe Abschnitt 3.3). Die Veranstaltung Wissenschaftliches Programmieren wird als eine der beiden Vorlesungen empfohlen. Veranstaltungen aus dem Bereich "Elective Subjects" des M.Sc. Studienganges können nach Absprache mit dem jeweiligen Dozenten als B.Sc. Spezialvorlesung belegt werden.					
Zu erbringende Studienleistungen	Die Studienleistung besteht in der Regel aus einer abschließenden Klausur (Dauer: 60-180 Minuten) oder einer mündlichen Prüfung (Prüfungsgespräch, max. Dauer: 30 Minuten) und der regelmäßigen und erfolgreichen Teilnahme an den Übungen.					
Modulnote	-					
Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> Die Studierenden sind in der Lage rechnerische oder phänomenologische Lösungen von physikalischen Problemstellungen aus dem Bereich der Spezialvorlesung zu erarbeiten. Die Studierenden können eigene Lösungen vor der Gruppe vorrechnen und die Lösungswege diskutieren. 					
Lehrinhalte	Inhalte entsprechen den Inhalten der jeweiligen Spezialvorlesung und den Vorgaben des jeweiligen Dozenten (siehe Abschnitt 3.3).					
Arbeitsaufwand in Stunden	Veranstaltung	Art	Präsenz	Selbststudium	Summe	
	Spezialvorlesung 1	V+Ü	ca. 60 h	ca. 90 h	150 h	

	Spezialvorlesung 2	V+Ü	ca. 60 h	ca. 90 h	150 h
	Gesamt:		120 h	180 h	300 h
Verwendbarkeit	Polyvalenter 2-Hauptfach Bachelor Physik				
Vorkenntnisse	Vorkenntnisse gemäß Vorlesungsankündigung.				
Sprache	Deutsch oder Englisch				

3.1.9. Kolloquium (2 ECTS Punkte)

Modul 07LE33M-Koll	Kolloquium						2 ECTS
Verantwortlich	Dozent:innen der Physik						
Lehrveranstaltungen	Veranstaltung	Art	SWS	ECTS	Prüfung	Semester	
	Kolloquium	K		2	SL	ganzjährig	
	Gesamt:			2			
Zu erbringende Prüfungs- und Studienleistungen	<p>Wird die Bachelorarbeit im Fach Physik angefertigt, beinhaltet das Kolloquium die Präsentation der Bachelorarbeit und die Diskussion verwandter physikalischer Inhalte. Der Kolloquiumvortrag sollte dann zeitnah zur Abgabe der Bachelorarbeit erfolgen, in jedem Fall jedoch nicht früher als 2 Wochen vor Abgabe und nicht später als 4 Wochen nach Abgabe der Arbeit. Der Vortrag ist öffentlich. Nach dem Vortrag dürfen Fragen zum Thema der Arbeit gestellt werden.</p> <p>Wird die Bachelorarbeit im anderen Hauptfach angefertigt, wird das Kolloquium nach Wahl des/der Studierenden zu einem Themengebiet der Module Experimentalphysik B, Experimentalphysik C oder Theoretische Physik B durchgeführt. Dazu wählt der/die Studierende eine/n Dozenten:in, der/die ein entsprechendes Thema stellt.</p>						
Modulnote	-						
Qualifikationsziele	Die Studierenden sind in der Lage, einen wissenschaftlichen Vortrag über die Ergebnisse ihrer Forschungstätigkeit oder zu einem Thema der Physik zu halten und Fragen dazu zu beantworten.						
Lehrinhalte	Der Inhalt des Kolloquiums ist der Inhalt der Bachelorarbeit, oder wird vom/von der jeweiligen betreuenden Dozent:in bestimmt.						
Arbeitsaufwand in Stunden	60 h für die die Vorbereitung und Durchführung des Kolloquiumvortrags.						
Verwendbarkeit	Polyvalenter 2-Hauptfach Bachelor Physik						
Voraussetzungen	Für die Zulassung zur Bachelorarbeit müssen im Fach Physik mindestens 60 ECTS erfolgreich abgeschlossen sein.						
Sprache	Deutsch						

3.2. Option Lehramt Gymnasium

3.2.1. Fachdidaktik Physik (5 ECTS Punkte)

Modul 07LE33M-FD-Poly	Fachdidaktik Physik						5 ECTS
Verantwortlich	Studiendekan:in Physik						
Lehrveranstaltungen	Veranstaltung	Form	SWS	ECTS	Prüfung	Semester	
	Fachdidaktik I	V	2	2	SL: Übungen	WiSe	
	Fachdidaktik II	V	3	3	SL: Übungen	SoSe	
	Gesamt:			5			
Zu erbringende Prüfungs- und Studienleistungen	<p>Beide Veranstaltungen werden von Dozenten der Fachdidaktik für Physik von der Pädagogischen Hochschule abgehalten und finden auch in den Räumlichkeiten der PH statt. Die Fachdidaktik II hat den Charakter eines Seminars.</p> <p>Sie Studienleistungen in Fachdidaktik I und II besteht aus der regelmäßigen Teilnahme an den Veranstaltungen und der Bearbeitung der Übungsaufgaben.</p>						
Modulnote	-						
Qualifikationsziele	<p>Fachdidaktik I: Einführung in die Fachdidaktik für Studierende des Gymnasiallehramts (PHY 420)</p> <p>Die Studierenden...</p> <ul style="list-style-type: none"> kennen ausgewählte physikdidaktische Konzepte und können diese kritisch analysieren und bewerten; können zu den zentralen Bereichen des Physiklernens in der Sekundarstufe I typische Präkonzepte und Verständnishürden beschreiben; verfügen über physikdidaktisches Wissen, insbesondere zur Bestimmung, Auswahl und Begründung von Zielen, Inhalten, Methoden und Medien physikbezogener Bildung; kennen die relevanten Bildungspläne und Bildungsstandards und können sie analysieren und kritisch bewerten; verfügen über erste Fähigkeiten zur Planung, Gestaltung und Beurteilung von physikbezogenem Unterricht; können Physikunterricht aus physikdidaktischer Perspektive exemplarisch beobachten und analysieren; kennen und reflektieren Wege der fachbezogenen Unterrichtsentwicklung an konkreten Situationen. <p>Fachdidaktik II: Diagnostizieren und Fördern im Physikunterricht (PHY 520)</p> <p>Die Studierenden...</p> <ul style="list-style-type: none"> kennen die verschiedenen Klassifikationen und Taxonomien von Lernzielen. kennen verschiedene Möglichkeiten zur Ziel- und Inhaltsfindung (z. B. die didaktische Analyse nach Klafki oder einschlägige Fragenkataloge) und können diese auf einen physikalischen Inhalt anwenden. 						

	<ul style="list-style-type: none"> • kennen die verschiedenen Artikulationsschemata einer Unterrichtsstunde. • sind in der Lage, eine Vielzahl an möglichen Unterrichtseinstiegen zu benennen und zu einem gegebenen Thema einen adäquaten Unterrichtseinstieg auszuwählen. • wissen um die Notwendigkeit, physikalische Inhalte an der Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler anzubinden. • kennen einschlägige Studien zum Thema „Kontextorientierung“. • können physikalische Inhalte in einen für Schülerinnen und Schüler authentischen Kontext einbetten. • können den Unterrichtseinsatz mobiler Endgeräte lernpsychologisch einbetten (Stichwort: „Situierendes Lernen“). • kennen die in Smartphones und Tablets standardmäßig verbauten Sensoren und können diese in Experimentiersituationen nutzen. • können die in mobilen Endgeräten verbauten Sensoren mit geeigneten Apps auslesen, die erfassten Daten exportieren und zur Auswertung z. B. in ein Tabellenkalkulationsprogramm importieren. • kennen neben zahlreichen Schulversuchen auch solche, die als Hausaufgabe oder im Alltag der Lernenden durchgeführt werden können (z.B. Bestimmung von Strömungswiderstandskoeffizienten, Beschleunigungsvorgänge von Fahrzeugen, die Radialbeschleunigung bei einer Kurvenfahrt, akustische Analysen im Alltag u. v. m.). • kennen die Videoanalyse als zweidimensionales, berührungsloses und kostengünstiges Verfahren zur elektronischen Messwerterfassung im Themenbereich „Mechanik“. • sind in der Lage, ein Video in ein für die Analysesoftware kompatibles Format zu konvertieren. • können Videos von Bewegungsvorgängen mit einer Videoanalysesoftware manuell sowie automatisch analysieren, Bewegungsdiagramme darstellen sowie weitere Größen aus den erfassten Zeit- und Ortskoordinaten berechnen (z. B. die Kraft, der Impuls oder die potentielle sowie kinetische Energie). • kennen die verschiedenen Arten von Modellbildungssystemen sowie deren Vor- und Nachteile. • kennen den von Modellbildungsprogrammen genutzten Lösungsalgorithmus. • können physikalische Vorgänge unter realistischen Bedingungen (z. B. keine Vernachlässigung von Reibungskräften) mit einem Modellbildungsprogramm modellieren.
Lehrinhalte	Fachdidaktik I <p>Im Modul werden folgende Studieninhalte vermittelt:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ansätze des Lehrens und Lernens von Physik unter besonderer Berücksichtigung von Ergebnissen der empirischen Forschung • strukturiertes Wissen zu fachdidaktischen Forschungsergebnissen und der Unterrichtsplanung (unter Berücksichtigung des Gender-Aspekts) • Fachdidaktische Denk- und Arbeitsweisen, Motivation und Interesse; Experimente, Medieneinsatz und Aufgabenkultur im Physikunterricht. Fachdidaktik II <ul style="list-style-type: none"> • Einführung in die Planung von Physikunterricht • Kontextorientiertes und fachübergreifendes Unterrichten (z. B. aufgezeigt an den Beispielen „Physik in Zeitung und Werbung“, „Physik und Medizin“, „Physik und

	<p>Sport“, „Physik der Kirchenglocke“, „Klimawandel und Treibhauseffekt“, „Überlebenstechniken von Wüstentieren“ oder „Natürliche Phänomene des VLF-Bereichs“)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nutzung mobiler Endgeräte (z. B. Smartphones oder Tablets) zur elektronischen Messwerterfassung • Videoanalyse als Mittel zur Messwerterfassung im Themenbereich „Mechanik“ • Einsatz von Modellbildungssystemen zur numerischen Lösung von Differentialgleichungen 			
Arbeitsaufwand in Stunden	Veranstaltung	Präsenz	Selbststudium	Summe
	Fachdidaktik I	30 h	30 h	60 h
	Fachdidaktik II	45 h	45 h	90 h
	Gesamt	75 h	75 h	150 h
Verwendbarkeit	Polyvalenter 2-Hauptfach Bachelor Physik (Option Lehramt)			
Vorkenntnisse	-			
Sprache	Deutsch			

3.3. Option Individuelle Studiengestaltung / Spezialvorlesungen Physik

Wird der polyvalente Zwei-Hauptfächer-Bachelor **nicht** als auf das Lehramt Gymnasium bezogener Bachelorstudiengang studiert, sind 20 ECTS nach eigener Wahl zu absolvieren. Davon müssen 8 ECTS im BOK-Bereich am ZfS erbracht werden (siehe 1.4), die restlichen 12 ECTS können aus dem Angebot der Spezialvorlesungen Physik 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.

3.3.1. Wissenschaftliches Programmieren (5 ECTS Punkte)

Modul Nr. 07LE33M-WIP	Wissenschaftliches Programmieren					5 ECTS
Dozent:innen	PD Dr. Michael Walter (FIT, Fraunhofer IWM)					
Veranstaltungsdetails	Form	SWS	ECTS	Prüfung	Semester	
	Vorlesung (V+Ü)	2+2	5	SL	WiSe	
Häufigkeit	jedes Jahr im Wintersemester					
Zu erbringende Studienleistungen	Die Studienleistung bestehen aus einer schriftlichen Klausur (Dauer: 120 Minuten) und aus der regelmäßigen und erfolgreichen Teilnahme an den Übungen.					
Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> Die Studierenden können einfache Programme in der höheren Programmiersprache Python erstellen. Die Studierenden können einfache analytische und numerische Rechnungen am Rechner durchführen. Sie können Datensätze erzeugen, numerisch bearbeiten und graphisch darstellen. Die Studierenden haben die grundsätzlichen Möglichkeiten und Schwierigkeiten der Numerik kennen gelernt. 					
Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> Einführung in die moderne Programmiersprache <i>Python</i> Analytisches und numerisches Rechnen, so wie Grundlagen der elektronischen Datenanalyse und der graphischen Darstellung Einführung in numerische und graphische Bibliotheken (<i>numpy</i> und <i>matplotlib</i>) 					
Verwendbarkeit	BSc Physik: Pflichtbereich (SL), Polyvalenter 2-Hauptfach Bachelor Physik: Modul Physik (SL)					
Vorkenntnisse	-					
Sprache	Deutsch					

3.3.2. Grundlagen der Halbleiterphysik (5 ECTS Punkte)

Modul Nr. 07LE33M-HL	Grundlagen der Halbleiterphysik / Fundamentals of Semiconductors & Optoelectronics					5 ECTS
Dozent:innen	apl. Prof. Joachim Wagner (Fraunhofer ISE), Prof. Andreas Bett (Fraunhofer ISE)					
Veranstaltungsdetails	Form	SWS	ECTS	Prüfung	Semester	
	Vorlesung (V+Ü)	2+1	5	SL	WiSe	
Häufigkeit	In der Regel jedes Jahr im Wintersemester					
Zu erbringende Studienleistungen	Die Studienleistung besteht aus einer abschließenden Klausur (Dauer: 60-180 Minuten) oder einer mündlichen Prüfung (Prüfungsgespräch, max. Dauer: 30 Minuten) und der regelmäßigen und erfolgreichen Teilnahme an den Übungen.					
Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Die Studierenden sind in der Lage rechnerische oder phänomenologische Lösungen von physikalischen/mathematischen Problemstellungen aus dem Bereich der Spezialvorlesung eigenständig zu erarbeiten. • Die Studierenden können eigene Lösungen vor der Gruppe vorrechnen und die Lösungswege diskutieren. 					
Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Kristallgitter, anorganische Halbleitermaterialien (z.B. Si, Ge, GaAs) • Herstellung von Halbleiter-Volumenkristallen und epitaktischen Schichten • Elektronische Bandstruktur, Tight-binding vs. Ein-Elektronen-Modell • n- und p-Dotierung, effektive Masse • Zustandsdichte, Ladungsträgerstatistik • elektronischer Transport, Felder und Ströme, p-n-Übergang • Quantisierungseffekte in Halbleitern, 2D-, 1D- und 0D-Halbleiterheterostrukturen • Halbleiter-Quantenfilme und -Übergitter 					
Verwendbarkeit	Wahlpflichtmodul Physik/Mathematik (SL), Polyvalenter 2-Hauptfach Bachelor Physik: Modul Physik (SL)					
Vorkenntnisse	Experimentalphysik IV (Kondensierte Materie)					
Sprache	Deutsch oder Englisch					

3.3.3. 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	WiSe	
	Übung (Ü)	2				
Häufigkeit	jedes Jahr im Wintersemester					
Zu erbringende Studienleistungen	Die Studienleistung besteht aus einer abschließenden Klausur (Dauer: 60-180 Minuten) oder einer mündlichen Prüfung (Prüfungsgespräch, max. Dauer: 30 Minuten) und der regelmäßigen und erfolgreichen Teilnahme an den Übungen.					
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"> 1. Aufbau der Zelle oder Das Rezept für biophysikalische Forschung 2. Diffusion und Fluktuationen 3. Mess- und Manipulationstechniken 4. Biologisch relevante Kräfte 5. Biophysik der Proteine 6. Polymerphysik einzelner Filamente 7. Visko-Elastizität und Mikro-Rheologie 8. Die Dynamik des Zytoskeletts 9. Molekulare Motoren 10. Membran-Biophysik 11. Anhang 					
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> • Rob Phillips: Physical Biology of the Cell 					

	<ul style="list-style-type: none">• Joe Howard: Mechanics of Motor Proteins and the Cytoskeleton• Gary Boal: Mechanics of the Cell• Erich Sackmann & Rudolf Merkel: Lehrbuch der Biophysik
Verwendbarkeit	Wahlpflichtmodul Physik/Mathematik (SL), Polyvalenter 2-Hauptfach Bachelor Physik: Modul Physik (SL)
Vorkenntnisse	-
Sprache	Deutsch

3.3.4. 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	WiSe	
	Übung (Ü)	2				
Häufigkeit	In der Regel jedes Jahr im Wintersemester					
Zu erbringende Studienleistungen	Die Studienleistung besteht aus einer abschließenden Klausur (Dauer: 60-180 Minuten) oder einer mündlichen Prüfung (Prüfungsgespräch, max. Dauer: 30 Minuten) und der regelmäßigen und erfolgreichen Teilnahme an den Übungen.					
Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> Die Studierenden beherrschen die wichtigen Methoden der Datenanalyse, können diese auf verschiedene Probleme anwenden und die Lösungen analytisch oder computerunterstützt bestimmen. Die Studierenden können Kenngrößen von Stichproben bestimmen. Die Studierenden können Zufallszahlen gemäß einer vorgegebenen Funktion mit Hilfe des Computers erzeugen und die Simulation von einfachen Messungen durchführen. 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. Die Studierenden können die Verträglichkeit von Messergebnissen mit verschiedenen Hypothesen bewerten und verschiedene Testmethoden anwenden. Die Studierenden können Vertrauensintervalle auf unterschiedliche Art für geschätzte Parameter bestimmen und verstehen deren Bedeutung. 					
Lehrinhalte	<p>In den Übungen, die großteils 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"> Deskriptive Statistik: Mittelwert, Median, Modalwert. Varianz, Standardabweichung, höhere Momente, Kovarianz, Korrelation Grundlagen der Statistik: Wahrscheinlichkeitsdefinitionen, Frequentistische und Bayesianische Schule, Wahrscheinlichkeitsdichtefunktionen, Transformation von Zufallsvariablen, Faltung, Fehlerfortpflanzung Ausgewählte Wahrscheinlichkeitsverteilungen, deren Bedeutung und Zusammenhang, Zentraler Grenzwertsatz und dessen Anwendung, Die Monte-Carlo-Methode: Transformationsmethode und von Neumannsche Zurückweisungsmethode 					

	<ul style="list-style-type: none">• Grundlagen der Parameterschätzung: Zielsetzung, Eigenschaften von Schätzer (Konsistenz, Effizienz, Erwartungstreue)• Methode der Maximum-Likelihood: Prinzip, Eigenschaften der Schätzer, Bestimmung der Varianz für den Schätzer• Die Methode der Kleinsten Quadrate: Prinzip, Eigenschaften, Varianz• Hypothesentest: Grundprinzip, Signifikanz und Mächtigkeit, P-Wert, Neyman-Pearson-Lemma, Teststatistiken aus Likelihoodverhältnis, Multivariate Klassifizierungsmethoden• Vertrauensintervalle: Frequentistische und Bayesianische Interpretation und Konstruktion, Vertrauensintervalle an Grenzen von Parameterräumen und bei kleinen Stichproben
Verwendbarkeit	BSc Physik: Wahlpflichtmodul Physik (PL), Wahlpflichtmodul Physik/Mathematik (SL), Polyvalenter 2-Hauptfach Bachelor Physik: Modul Physik (SL)
Vorkenntnisse	Grundlagen der Analysis
Sprache	Deutsch

3.3.5. 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 Sommersemester					
Zu erbringende Studienleistungen	Die Studienleistung besteht aus einer abschließenden Klausur (Dauer: 60-180 Minuten) oder einer mündlichen Prüfung (Prüfungsgespräch, max. Dauer: 30 Minuten) und der regelmäßigen und erfolgreichen Teilnahme an den Übungen.					
Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • 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 • 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 					
Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Fundamentals of semiconductors, intrinsic and extrinsic, Fermi-Dirac statistics, bands • Generation, recombination and transport of charge carriers • Lifetime, diffusion length, pn-junction, ideal solar cell • Real solar cell structures, carrier selectivity & semi-permeable membranes • Characterisation methods • Overview about different PV technologies: Si-based, thin film, Organic, Perovskite, Concentrator-PV 					
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	-					
Sprache	Englisch					

3.3.6. 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	Form	SWS	ECTS	Prüfung	Semester	
	Vorlesung und Übung (V+Ü)	2+3	7	SL	SoSe	
Häufigkeit	In der Regel jedes Jahr im Sommersemester					
Zu erbringende Studienleistungen	Die Studienleistung besteht aus einer abschließenden Klausur (Dauer: 60-180 Minuten) oder einer mündlichen Prüfung (Prüfungsgespräch, max. Dauer: 30 Minuten) und der regelmäßigen und erfolgreichen Teilnahme an den Übungen.					
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"> • Anwendungsfelder der Digitalelektronik • Grundlagen und logische Verknüpfungen • Schaltkreisfamilien • Rechenschaltungen • programmierbare Bausteine (FPGA und CPLD) • Zahlen und Speicher • Automaten • Systeme zur Datenaufzeichnung <p>In der praktischen Übung werden Logikbausteine (FPGA) selbst programmiert.</p>					
Verwendbarkeit	Wahlpflichtmodul Physik/Mathematik (SL), Polyvalenter 2-Hauptfach Bachelor Physik: Modul Physik (SL)					
Nützliche Vorkenntnisse	-					
Sprache	Deutsch					

3.3.7. Einführung in die Astrophysik (7 ECTS Punkte)

Modul Nr. 07LE33M-ASTROPHYS	Einführung in die Astrophysik					7 ECTS
Dozent:innen	N.N.					
Veranstaltungsdetails	Art	SWS	ECTS	Prüfung	Semester	
	Vorlesung (V)	3	7	SL	SoSe	
	Übung (Ü)	2				
Häufigkeit	In der Regel jedes Jahr im Sommersemester					
Zu erbringende Studienleistungen	Die Studienleistung besteht aus einer abschließenden Klausur (Dauer: 60-180 Minuten) oder einer mündlichen Prüfung (Prüfungsgespräch, max. Dauer: 30 Minuten) und der regelmäßigen und erfolgreichen Teilnahme an den Übungen.					
Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Die Studierenden sind vertraut mit wesentlichen Zielen und Ergebnissen der modernen Astrophysik. • 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. 					
Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Koordinatensysteme • Das Sonnensystem • Teleskope und Instrumente • Photometrie • Aufbau und Entwicklung von Sternen • Die Sonne • Veränderliche Sterne • Die Milchstraße • Das Interstellare Medium • Extragalaktische Physik • Strukturen im Universum und Kosmologie 					
Verwendbarkeit	Wahlpflichtmodul Physik/Mathematik (SL), Polyvalenter 2-Hauptfach Bachelor Physik: Modul Physik (SL)					
Vorkenntnisse	Experimentalphysik I-III, Theoretische Physik I-III					
Sprache	Deutsch					

3.3.8. 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	unregelmäßig	
	Übung (Ü)	2				
Häufigkeit	unregelmäßig					
Zu erbringende Studienleistungen	Die Studienleistung besteht aus einer abschließenden Klausur (Dauer: 60-180 Minuten) oder einer mündlichen Prüfung (Prüfungsgespräch, max. Dauer: 30 Minuten) und der regelmäßigen und erfolgreichen Teilnahme an den Übungen.					
Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Die Studierenden kennen Grundlagen der physikalisch motivierten mathematischen Modellierung biologischer Systeme. • Die Studierenden können anhand ausgewählter exemplarischer Modelle die biologischen Grundlagen und ihre mathematischen und physikalischen Eigenschaften diskutieren. 					
Lehrinhalte	<p>Mathematische Biologie:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Populationsdynamik • Neuronenmodelle • Strukturbildung • Enzyndynamik <p>Systembiologie:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Metabolische Netzwerke • Signaltransduktionskaskaden • Genregulation • Slides der letzten Woche: Chemotaxis, JAK-STAT Signalling, Epo Rezeptor, und Identifizierbarkeit 					
Verwendbarkeit	Wahlpflichtmodul Physik/Mathematik (SL), Polyvalenter 2-Hauptfach Bachelor Physik: Modul Physik (SL)					
Vorkenntnisse	Klassische Mechanik, Differentialgleichungen					
Sprache	Deutsch					

3.3.9. Spezielle Relativitätstheorie (5 ECTS Punkte)

Modul Nr. 07LE33M-SPRT	Spezielle Relativitätstheorie					7 ECTS
Dozent:innen	Prof. Stefan Dittmaier					
Veranstaltungsdetails	Art	SWS	ECTS	Prüfung	Semester	
	Vorlesung (V)	3	5	SL	unregelmäßig	
	Übung (Ü)	1				
Häufigkeit	unregelmäßig					
Zu erbringende Studienleistungen	Die Studienleistung besteht aus einer abschließenden Klausur (Dauer: 60-180 Minuten) oder einer mündlichen Prüfung (Prüfungsgespräch, max. Dauer: 30 Minuten) und der regelmäßigen und erfolgreichen Teilnahme an den Übungen.					
Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> Die Studierenden kennen die mathematischen Grundlagen der Speziellen Relativitätstheorie und können diese in der klassischen Feldtheorie anwenden. Die Studierenden gewinnen erste Einblicke in die Grundlagen der Allgemeinen Relativitätstheorie. 					
Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> Das Relativitätsprinzip (Gallilei Invarianz, Lorentz Invarianz) Struktur der Lorentztransformationen (Lorentzgruppe, Poincaregruppe) Relativistische Mechanik (Vierervektoren und Tensoren, Viererimpuls, Relativistische Stoßprozesse, Wirkungsprinzip, Minkowski-Kraft) Relativistische Feldtheorie und Elektrodynamik (Kovariante Formulierung der Lorentz-Kraft, Maxwellgleichungen, Klassische Feldtheorie, Wirkungsprinzip der Elektrodynamik) Beschleunigte Bezugssysteme und Ausblick auf die allgemeine Relativitätstheorie (Beschleunigte Bezugssysteme in der Speziellen Relativitätstheorie, Äquivalenzprinzip, Bewegung in gekrümmter Raumzeit) 					
Verwendbarkeit	BSc Physik: Wahlpflichtmodul Physik/Mathematik (SL), Polyvalenter 2-Hauptfach Bachelor Physik: Modul Physik (SL)					
Vorkenntnisse	Theoretische Physik I-III					
Sprache	Deutsch					

3.3.10. Einführung in Maschinelles Lernen (7 ECTS Punkte)

Modul Nr. 07LE33M-MLEARN	Einführung in Maschinelles Lernen					7 ECTS
Dozent:innen	Prof. Markus Schumacher					
Veranstaltungsdetails	Art	SWS	ECTS	Prüfung	Semester	
	Vorlesung (V)	3	7	SL	unregelmäßig	
	Übung (Ü)	2				
Häufigkeit	unregelmäßig					
Zu erbringende Studienleistungen	Die Studienleistung besteht aus einer abschließenden Klausur (Dauer: 60-180 Minuten) oder einer mündlichen Prüfung (Prüfungsgespräch, max. Dauer: 30 Minuten) und der regelmäßigen und erfolgreichen Teilnahme an den Übungen.					
Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Die Studierenden kennen verschiedene Arten des Maschinellen Lernens und Grundlagen, Aufgaben und Methoden des überwachten Lernens • 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. • Sie kennen unterschiedliche Regularisierungsmethoden und deren Anwendung und Methoden der Minimierung basierend auf dem Gradientenabstieg. • 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. • 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. 					
Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Übersicht über Maschinelles Lernen • Grundlagen des überwachten Lernens für Regression und Klassifizierung, Varianz-Bias-Zerlegung bzw. -kompromiss • Lineare Modelle: Lineare Regression, Logistische Regression, Lineare Diskriminantenanalyse, Ridge- und LASSO-Regularisierung • Gradientenabstieg und dessen Erweiterungen, Kreuzvalidierung • Einfache Regressions- und Entscheidungsbäume, Ensemblemethoden (Bagging, Boosting, Random Forests) und Anwendung auf Bäume • Klassische und Tiefe Neuronale Netzwerke, Fehlerrückpropagation, Regularisierungsoptionen (Early Stopping, Dropout, Batch Normalisation, ...) • Konvolutionelle und Rekurrente Netzwerke und deren Anwendung 					
Verwendbarkeit	Wahlpflichtmodul Physik/Mathematik (SL), Polyvalenter 2-Hauptfach Bachelor Physik: Modul Physik (SL)					

Vorkenntnisse	Grundlagen statistischer Methoden, Analysis für Physiker
Sprache	Deutsch