



# Modulhandbuch



Polyvalenter 2-Hauptfächer  
Bachelor (mit Option Lehramt)  
Hauptfach: Physik

## 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).

Beachten Sie: Rechtsverbindlich ist allein die jeweils gültige Prüfungsordnung.

## 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 Prüfungen; gehen in die Endnote ein)
<b>SL</b>	Studienleistung (unbenotete Prüfungen; gehen nicht in die Endnote ein)
<b>V</b>	Vorlesung
<b>Ü</b>	Übungen
<b>S</b>	Seminar
<b>Lab</b>	Labor
<b>SoSe</b>	Sommersemester
<b>WiSe</b>	Wintersemester
<b>ECTS</b>	<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. Der polyvalente 2-Hauptfächer-Bachelor Physik.....</b>	<b>3</b>
1.1. Der Studiengang .....	3
1.2. Struktur und Aufbau des Studiums.....	3
1.2.1. Fachwissenschaft Physik (75 ECTS Punkte).....	3
1.2.2. Option Lehramt Gymnasium (20 ECTS Punkte) .....	5
1.2.3. Option Individuelle Studiengestaltung (20 ECTS Punkte).....	6
1.2.4. Bachelorarbeit (10 ECTS-Punkte).....	6
1.3. Arbeitsaufwand / ECTS-Punkte System .....	6
1.4. Berufsfeldorientierte Kompetenzen (BOK) .....	7
1.5. Gesamtnote .....	7
<b>2. Studienorganisation.....</b>	<b>8</b>
2.1. Zeitlicher Studienverlauf / Studienplan .....	8
2.2. Anmeldungen.....	9
2.3. Leistungsnachweise.....	9
<b>3. Beschreibung der Module .....</b>	<b>11</b>
3.1. Pflichtbereich .....	11
3.1.1. Mathematik (10 ECTS Punkte).....	11
3.1.2. Experimentalphysik A (16 ECTS Punkte).....	13
3.1.3. Experimentalphysik B (7 ECTS Punkte).....	15
3.1.4. Experimentalphysik C (7 ECTS Punkte) .....	17
3.1.5. Theoretische Physik A (18 ECTS Punkte) .....	19
3.1.6. Theoretische Physik B (7 ECTS Punkte) .....	22
3.1.7. Physiklabor (8 ECTS Punkte).....	25
3.1.8. Physik (10 ECTS Punkte).....	27
3.1.9. Kolloquium (2 ECTS Punkte).....	29
3.2. Option Lehramt Gymnasium .....	30
3.2.1. Fachdidaktik Physik (5 ECTS Punkte) .....	30
3.3. Option Individuelle Studiengestaltung / Spezialvorlesungen Physik .....	33
3.3.1. Grundlagen der Halbleiterphysik (5 ECTS Punkte).....	33
3.3.2. Biophysik der Zelle (7 ECTS Punkte).....	34
3.3.3. Statistische Methoden der Datenanalyse (7 ECTS Punkte) .....	35

3.3.4. Photovoltaische Energiekonversion (5 ECTS Punkte).....	37
3.3.5. Einführung in die Moderne Digitalelektronik (7 ECTS Punkte) .....	38
3.3.6. Einführung in die Astrophysik (7 ECTS Punkte) .....	39
3.3.7. Astronomisches Praktikum (5 ECTS Punkte) .....	40
3.3.8. Optische Fallen und Partikel-Tracking (7 ECTS Punkte).....	41
3.3.9. Materie an Oberflächen (7 ECTS Punkte) .....	42
3.3.10. Dynamische Systeme in der Biologie (7 ECTS Punkte) .....	43
3.3.11. Spezielle Relativitätstheorie (5 ECTS Punkte).....	44

# 1. Der polyvalente 2-Hauptfächer-Bachelor Physik

## 1.1. Der Studiengang

Der sogenannte polyvalente Zwei-Hauptfächer-Bachelorstudiengang mit dem 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 der Physik. Die Option „individuelle Schwerpunktsetzung“ ermöglicht dem Studenten bzw. der Studentin die für seinen/ihren Schwerpunkt relevanten Veranstaltungen nach eigenem Ermessen zusammenzustellen und zu besuchen. 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 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 er zu einem weiterführenden Studium, etwa im Rahmen eines anschließenden Masterstudiums.

Die wesentlichen Kompetenzen für eine spätere naturwissenschaftlich technische Tätigkeit, die durch das Studium vermittelt werden, sind neben einer 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. Neben fachspezifischem Wissen werden berufsfeldbezogene Schlüsselkompetenzen vermittelt, um etwa den Anforderungen des Arbeitsmarktes zu begegnen.

Falls man sich für eine Bachelorarbeit im Hauptfach Physik entscheidet, erhält man einen Einblick in das selbständige wissenschaftliche Arbeiten, indem ein begrenztes Thema aus einem Teilgebiet der Physik oder einem angrenzenden Gebiet nach wissenschaftlichen Methoden bearbeitet wird.

## 1.2. 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 Options-Bereich und 10 ECTS-Punkte auf die abschließende Bachelorarbeit.

### 1.2.1. 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	P/WP	SWS	ECTS- Punkte	Semester	Studienleistung/ Prüfungsleistung
<b>Mathematik (10 ECTS-Punkte)<sup>5)</sup></b>						
Mathematik für Studierende des Ingenieurwesens I	V + Ü	P	4 + 2	5	1	SL
Mathematik für Studierende des Ingenieurwesens II	V + Ü	P	4 + 2	5	2	SL
<b>Experimentalphysik A (16 ECTS-Punkte)</b>						
Experimentalphysik I	V + Ü	P	4 + 2	6	1	SL
Experimentalphysik II	V + Ü	P	4 + 2	6	2	SL
Modulabschlussprüfung <sup>1)</sup>		P		4	2	PL: mündlich
<b>Experimentalphysik B (7 ECTS-Punkte)</b>						
Experimentalphysik III	V + Ü	P	4 + 2	7	3	PL: schriftlich
<b>Experimentalphysik C (7 ECTS-Punkte)</b>						
Experimentalphysik IV <sup>4)</sup>	V + Ü	WP	4 + 2	7	4	PL: schriftlich
Experimentalphysik V <sup>4)</sup>	V + Ü	WP	4 + 2	7	5	PL: schriftlich
<b>Theoretische Physik A (18 ECTS-Punkte)</b>						
Theoretische Physik I	V + Ü	P	4 + 2	7	4	SL
Theoretische Physik II	V + Ü	P	4 + 2	7	5	SL
Modulabschlussprüfung <sup>2)</sup>		P		4	5	PL: mündlich
<b>Physiklabor (8 ECTS-Punkte)</b>						
Kleines Physiklabor für Anfänger und Anfängerinnen Teil 1	V + Ü + S	P	4	4	4	PL: mündlich und schriftlich
Kleines Physiklabor für Anfänger und Anfängerinnen Teil 2	V + Ü + S	P	4	4	4	PL: mündlich und schriftlich
<b>Theoretische Physik B (7 ECTS-Punkte)</b>						
Kompakte Fortgeschrittene Theoretische Physik	V + Ü	P	4 + 2	7	6	PL
<b>Kolloquium (2 ECTS-Punkte)<sup>3)</sup></b>						
Kolloquium	K	P		2	6	SL: Vortrag

Abkürzungen in den Tabellen:

Art = Art der Lehrveranstaltung; P = Pflichtveranstaltung; WP = Wahlpflichtveranstaltung; SWS = vorge-sehene Semesterwochenstundenzahl; Semester = empfohlenes Fachsemester; K = Kolloquium; S = Seminar; Ü = Übung; V = Vorlesung; PL = Prüfungsleistung; SL = Studienleistung

<sup>1)</sup> 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.

<sup>2)</sup> Voraussetzung für die Teilnahme an der mündlichen *Modulabschlussprüfung Theoretische Physik A* ist das Erbringen der Studienleistungen in Theoretischen 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) Im Modul **Experimentalphysik C** kann der Studierende zwischen den beiden Veranstaltungen Experimentalphysik IV und Experimentalphysik V wählen. Schließt sich bei einem Studium mit Option „Lehramt“ ein Studium Master-of-Education an, ist die zweite Veranstaltung in diesem Studiengang vorgesehen.

5) 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.

<b>Physik (10 ECTS-Punkte)</b>						
<b>Lehrveranstaltung</b>	<b>Art</b>	<b>P/WP</b>	<b>SWS</b>	<b>ECTS-Punkte</b>	<b>Semester</b>	<b>Studienleistung/ Prüfungsleistung</b>
Wissenschaftliches Programmieren (empfohlen)	V + Ü	WP	2 + 2	5	3	SL
Spezialvorlesung 1	V + Ü	WP	3–5	5	3	SL
Spezialvorlesung 2	V + Ü	WP	3–5	5	4/5/6	SL

### 1.2.2. 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:

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

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

Fachdidaktik Physik (5 ECTS-Punkte)						
Lehrveranstaltung	Art	P/WP	SWS	ECTS-Punkte	Semester	Studienleistung/ Prüfungsleistung
Fachdidaktik I	V	P	2	2	3	SL
Fachdidaktik II	V	P	3	3	5	SL

### 1.2.3. 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 unbedingt rechtzeitig von der Fachstudienberatung Physik beraten lassen.

### 1.2.4. 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 bearbeitet und dazu eine eigenständige wissenschaftliche Arbeit angefertigt. 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 der/vom 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.

## 1.3. 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 Studienschritts.



## 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. 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*.

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

- Wissenschaftliches Rechnen mit Mathematica ®
- Einführung in die Digitalelektronik
- Statistische Methoden der Datenanalyse

Das aktuelle Angebot ist den Vorlesungsverzeichnissen des Instituts und des ZfS zu entnehmen. Die Anmeldung muss jedoch 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>.

## 1.5. 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 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

Im Verlauf des Studiums sind eine Vielzahl von Veranstaltungen zu besuchen sowie Studienleistungen und Prüfungsleistungen zu absolvieren. Dabei gilt es verschiedene die Organisation des Studiums betreffende Modalitäten zu beachten.

### 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 gemäß des folgenden Plans empfohlen (Veranstaltungen eines Moduls tragen die gleiche Farbe):

FS	Mathematik Modul	Theoretische Physik A + B	Experimentalphysik A - C	Physiklabor	Mündl. Prüfungen	Option Lehramt	$\Sigma$ ECTS
1	Mathematik für Ingenieure I 5 ECTS		Experimentalphysik I 6 ECTS				11
2	Mathematik für Ingenieure II 5 ECTS		Experimentalphysik II 6 ECTS		Experimentalphysik A (Orientierungsprüfung) 4 ECTS		15
3			Experimentalphysik III 7 ECTS			Fachdidaktik I 2 ECTS	9
4		Theoretische Physik I 7 ECTS	Experimentalphysik IV oder Experimentalphysik V 7 ECTS	Kleines Physiklabor für Anfänger I 4 ECTS			18
5		Theoretische Physik II 7 ECTS		Kleines Physiklabor für Anfänger II 4 ECTS	Theoretische Physik A 4 ECTS	Fachdidaktik II 3 ECTS	18
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	-

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.

## 2.2. Anmeldungen

Es wird unterschieden zwischen Anmeldungen, die zur Teilnahme an Lehrveranstaltungen erforderlich sind, und Anmeldungen, die zum Absolvieren studienbegleitender Prüfungsleistungen berechtigen.

### Teilnahme an Lehrveranstaltungen

Zur Teilnahme an den Physiklaboren ist eine Anmeldung bei der jeweiligen Laborleitung, in der Regel online über die Homepage des Physikalischen Instituts, notwendig. Zur Teilnahme an Vorlesungen bzw. Vorlesungen mit integrierten Übungen ist keine Online-Anmeldung (Belegung) erforderlich. In Übungen und Seminaren, die auf einer Interaktion von Studierenden und Dozenten bzw. Tutoren beruhen, besteht die Erbringung der Leistungen unter anderem auch in einer regelmäßigen Teilnahme an den Veranstaltungen. Einzelheiten bestimmen die jeweiligen Dozenten und werden zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.

### Prüfungsanmeldungen

Für studienbegleitende Prüfungsleistungen ist eine fristgerechte Prüfungsanmeldung über das elektronische Campus-Management System HISinOne notwendig (<http://www.uni-freiburg.de/go/campus>). Der Anmeldezeitraum beginnt in der Regel zu Vorlesungsbeginn und endet drei Wochen vor Vorlesungsende. Innerhalb dieses Zeitraums sind sowohl Anmeldungen als auch Stornierungen möglich. Die genauen Termine und Modalitäten finden sich auf der Homepage des Prüfungsamts Physik.

Die Online-Anmeldung zu den mündlichen Modulabschlussprüfungen *Experimentalphysik A* und *Theoretische Physik A* haben getrennt zu erfolgen. Die Anmeldefristen dazu werden vom Prüfungsamt Physik bekanntgegeben (i.d.R. 1.10.-15.11. im WiSe und 01.05.-15.06. im SoSe).

Für eine rechtzeitige Anmeldung zu den Prüfungen ist der/die Student/in verantwortlich.

## 2.3. Leistungsnachweise

Die für die einzelnen Lehrveranstaltungen, Module oder sonstigen Leistungen vorgesehenen ECTS-Punkte werden vergeben, wenn jeweils alle erforderlichen studienbegleitenden Prüfungsleistungen und/oder Studienleistungen erfolgreich erbracht wurden.

**Studienleistungen** sind individuelle schriftliche, mündliche oder praktische Leistungen, die von Studierenden im Zusammenhang mit Lehrveranstaltungen erbracht werden. Form und Umfang der zu erbringenden Leistungen werden in der Regel zu Beginn der jeweiligen Lehrveranstaltung vom Dozenten bekannt gegeben. Erbrachte Studienleistungen werden bewertet, aber nicht notwendigerweise benotet, jedoch müssen für ihre Anerkennung die definierten Mindestanforderungen erfüllt worden sein. Ihre Bewertung geht nicht in die B.Sc. bzw. B.A. Abschlussnote ein. Studienleistungen sind i.d.R. Bestandteil aller Lehrveranstaltungen.

**Studienbegleitende Prüfungen** werden im Fach Physik als Modulteilprüfungen abgelegt, d.h. die Prüfung bezieht sich jeweils auf eine oder mehrere Lehrveranstaltungen eines Moduls. Die genaue Form und der Umfang der Prüfungsleistungen sowie Prüfungstermine werden in der Regel zu Beginn der jeweiligen Lehrveranstaltung vom Dozenten bekannt gegeben. Die Prüfungsleistungen werden von dem Leiter bzw. der Leiterin der jeweiligen Lehrveranstaltung abgenommen und benotet. Die Bewertung geht in die B.Sc. bzw. B.A. Abschlussnote ein. Für das Absolvieren von Prüfungsleistungen ist eine fristgerechte Prüfungsanmeldung (siehe oben) notwendig.

In Lehrveranstaltungen, die mit studienbegleitenden Prüfungen abschließen sind darüber hinaus in der Regel auch immer Studienleistungen zu erbringen.

### **Wiederholungen von Prüfungen**

Nicht bestandene studienbegleitende Prüfungsleistungen können einmal wiederholt werden. Die Wiederholungsprüfung muss zum nächstmöglichen Prüfungstermin stattfinden. Für drei Prüfungsleistungen wird zusätzlich eine weitere Wiederholung zugelassen. Ausgenommen davon sind allerdings die Orientierungsprüfung und die Bachelorarbeit, die beide nur jeweils einmal wiederholt werden dürfen.

Die Wiederholung bereits bestandener Prüfungsleistungen zur Notenverbesserung ist nicht gestattet.

## 3. Beschreibung der Module

### 3.1. Pflichtbereich

#### 3.1.1. Mathematik (10 ECTS Punkte)

Modul:	Mathematik <span style="float: right;">10 ECTS</span>					
<b>Verantwortlich</b>	Studiendekan Mathematik					
<b>Lehrveranstaltungen</b>	<b>Veranstaltung</b>	<b>Form</b>	<b>SWS</b>	<b>ECTS</b>	<b>Prüfung</b>	<b>Turnus</b>
	Mathematik für Studierende des Ingenieurwesens I	V+Ü	4 + 2	5	SL	WiSe
	Mathematik für Studierende des Ingenieurwesens II	V+Ü	4 + 2	5	SL	SoSe
	<b>Gesamt:</b>			<b>10</b>		
<b>Organisation</b>	<p>Die beiden Veranstaltungen im Modul Mathematik werden mit einer Studienleistung abgeschlossen. Die Kriterien für die Erfüllung der Studienleistungen werden vom Dozenten bekanntgegeben (sie setzen in der Regel die regelmäßige und erfolgreiche Teilnahme an den Übungen voraus).</p> <p>Die Anmeldung zur Anerkennung der Studienleistung erfolgt online nach Angaben des Prüfungsamts.</p>					
<b>Modulnote</b>	-					
<b>Lernergebnisse</b>	<p><b>Mathematik für Studierende des Ingenieurwesens I</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>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.</li> <li>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.</li> <li>Die Studierenden können eigene Lösungen vor der Gruppe vorrechnen und die Lösungswege diskutieren.</li> </ul>					

	<p><b>Mathematik für Studierende des Ingenieurwesens II</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden kennen die grundlegenden Zusammenhänge zur Theorie des euklidischen Vektorraums. Sie können ein Basissystem orthonormalisieren.</li> <li>• Die Studierenden kennen die Grundbegriffe der Differential- und Integralrechnung von Funktionen in mehreren Variablen und können diese auf einfache Problemstellungen anwenden.</li> <li>• Die Studierenden können eigene Lösungen vor der Gruppe vorrechnen und die Lösungswege diskutieren.</li> </ul>			
<b>Inhalt</b>	<p><b>Mathematik für Studierende des Ingenieurwesens I</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundbegriffe, Gruppen, Körper, Vektorräume über beliebigen Körpern, Basis und Dimension, lineare Abbildungen und darstellende Matrix, Matrixkalkül</li> <li>• lineare Gleichungssysteme, Gauß-Algorithmus, Linearformen, Dualraum, Quotientenvektorräume und Homomorphiesatz, Determinante, Eigenwerte, Polynome, charakteristisches Polynom, Hauptraumzerlegung, Jordan'sche Normalform, Diagonalisierbarkeit.</li> <li>• Grenzwerte von Folgen und Reihen, Stetigkeit von Funktionen, Ableitung in Integrale von Funktionen, Extremwertbestimmung.</li> </ul> <p><b>Mathematik für Studierende des Ingenieurwesens II</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Symmetrische Bilinearformen: Orthogonalbasen, Sylvester'scher Trägheitssatz.</li> <li>• Euklidische und Hermitesche Vektorräume: Skalarprodukte, Kreuzprodukt, Gram'sche Determinante.</li> <li>• Gram-Schmidt-Verfahren, orthogonale Transformationen, (selbst-) adjungierte Abbildungen, Spektralsatz, Hauptachsentransformation.</li> <li>• Affine Räume.</li> <li>• Ableitung und Integration in mehreren Variablen.</li> </ul>			
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	<b>Veranstaltung</b>	<b>Präsenz</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Summe</b>
	Mathematik für Stud. d. Ingenieurwesens I	90 h	60 h	150 h
	Mathematik für Stud. d. Ingenieurwesens II	90 h	60 h	150 h
	<b>Gesamt:</b>	<b>180 h</b>	<b>120 h</b>	<b>300 h</b>
<b>Verwendbarkeit</b>	Polyvalenter Zwei-Hauptfächer-Bachelorstudiengang mit Physik			
<b>Voraussetzungen / Vorkenntnisse</b>	Empfohlen werden die Inhalte des Vorkurs Mathematik (ein Skript ist über die Webseite verfügbar).			
<b>Sprache</b>	Deutsch			

## 3.1.2. Experimentalphysik A (16 ECTS Punkte)

Modul:	Experimentalphysik A						16 ECTS
<b>Verantwortlich</b>	Studiendekan Physik						
<b>Lehrveranstaltungen</b>	<b>Veranstaltung</b>	<b>Form</b>	<b>SWS</b>	<b>ECTS</b>	<b>Prüfung</b>	<b>Turnus</b>	
	Experimentalphysik I	V+Ü	4+2	6	SL	WiSe	
	Experimentalphysik II	V+Ü	4+2	6	SL	SoSe	
	Modulabschlussprüfung	P		4	mündl./PL	WiSe/ SoSe	
	<b>Gesamt:</b>			<b>16</b>			
<b>Organisation</b>	<p>Die Kriterien der Studienleistungen in <i>Experimentalphysik I</i> und <i>II</i> werden vom jeweiligen Dozenten bekanntgegeben.</p> <p>Die Anmeldung zur Prüfung erfolgt online, nach Angaben des Prüfungsamts.</p> <p>Die Modulabschlussprüfung <i>Experimentalphysik A</i> gilt als Orientierungsprüfung. Sie darf höchstens einmal wiederholt werden und muss spätestens bis zum Ende des 3. Fachsemesters bestanden werden.</p>						
<b>Modulnote</b>	Die Note der mündlichen Modulabschlussprüfung bildet die Modulnote.						
<b>Lernergebnisse/ Kompetenzen</b>	<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>Inhalt</b>	<p><b>Experimentalphysik I - Mechanik, Gase und Flüssigkeiten, Wärmelehre</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Kinematik des Massenpunktes und Newtonsche Mechanik: Gleichförmige und gleichmäßig beschleunigte Bewegung, Newtonsche</li> </ul>						

	<p>Gesetze, Inertialsysteme, Galilei Transformation, kinetische und potentielle Energie, Impuls</p> <ul style="list-style-type: none"> <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, Polarisation, 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>Präsenz</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Summe</b>
	Experimentalphysik I	90 h	120 h	210 h
	Experimentalphysik II	90 h	120 h	210 h
	Modulabschlussprüfung	1 h	59 h	60 h
	<b>Gesamt:</b>	<b>181 h</b>	<b>299 h</b>	<b>480 h</b>
<b>Verwendbarkeit</b>	B.Sc. Physik, Polyvalenter 2-Hauptfach Bachelor Physik			
<b>nützliche Vorkenntnisse</b>	<b>Experimentalphysik I:</b> Inhalte des Vorkurs Mathematik (Skript online) <b>Experimentalphysik II:</b> Experimentalphysik I und Mathematikvorlesungen			
<b>Sprache</b>	Deutsch			



## 3.1.3. Experimentalphysik B (7 ECTS Punkte)

Modul:	Experimentalphysik B						7 ECTS
<b>Verantwortlich</b>	Studiendekan Physik						
<b>Lehrveranstaltungen</b>	<b>Veranstaltung</b>	<b>Form</b>	<b>SWS</b>	<b>ECTS</b>	<b>Prüfung</b>	<b>Turnus</b>	
	Experimentalphysik III	V+Ü	4+2	7	PL	WiSe	
	<b>Gesamt:</b>			<b>7</b>			
<b>Organisation</b>	<p>Die Lehrveranstaltung wird schriftlich geprüft. Die Zulassungsvoraussetzungen für die schriftliche Prüfung werden vom Dozenten bekanntgegeben (in der Regel regelmäßige und erfolgreiche Teilnahme an den Übungen).</p> <p>Die Anmeldung zur Prüfung erfolgt online nach Angaben des Prüfungsamts.</p>						
<b>Modulnote</b>	Die Modulnote entspricht der Note der abschließenden Prüfungsleistung.						
<b>Lernergebnisse</b>	<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>						
<b>Inhalt</b>	<p><b>Experimentalphysik III - Spezielle Relativitätstheorie, Optik, Quantenphysik und Atomphysik</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Grundlagen der speziellen Relativitätstheorie: Inertialsysteme, Lorentz-Transformation, Zeitdilatation, Längenkontraktion</li> <li>Fortgeschrittene Optik: Polarisierung von Licht, Doppelbrechung, Polarisationsoptik, Gauß'sche Strahlen, optische Resonatoren, Laser, Grundlagen der nicht-linearen 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>						
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	<b>Veranstaltung</b>	<b>Präsenz</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Summe</b>			
	Experimentalphysik III	90 h	120 h	210 h			
	<b>Gesamt:</b>	<b>90 h</b>	<b>120 h</b>	<b>210 h</b>			

<b>Verwendbarkeit</b>	B.Sc. Physik, Polyvalenter 2-Hauptfach Bachelor Physik
<b>Voraussetzungen / nützliche Vorkenntnisse</b>	Experimentalphysik I und II
<b>Sprache</b>	Deutsch

## 3.1.4. Experimentalphysik C (7 ECTS Punkte)

Modul:	Experimentalphysik C						7 ECTS
<b>Verantwortlich</b>	Studiendekan Physik						
<b>Lehrveranstaltungen</b>	<b>Veranstaltung</b>	<b>Form</b>	<b>SWS</b>	<b>ECTS</b>	<b>Prüfung</b>	<b>Turnus</b>	
	Experimentalphysik IV oder Experimentalphysik V	V+Ü	4+2	7	PL	SoSe oder WiSe	
	<b>Gesamt:</b>			<b>7</b>			
<b>Organisation</b>	Die Lehrveranstaltung wird schriftlich geprüft. Die Zulassungsvoraussetzungen für die schriftliche Prüfung werden vom Dozenten bekanntgegeben (in der Regel regelmäßige und erfolgreiche Teilnahme an den Übungen). Die Anmeldung zur Prüfung erfolgt online nach Angaben des Prüfungsamts.						
<b>Modulnote</b>	Die Modulnote entspricht der Note der abschließenden Prüfungsleistung.						
<b>Lernergebnisse</b>	<p><b>Experimentalphysik IV - Atom-, Molekül und Festkörperphysik</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 Atom-, Molekül- und Festkörperphysik eigenständig zu erarbeiten.</li> <li>Die Studierenden können eigene Lösungen vor der Gruppe vorrechnen und die Lösungswege diskutieren.</li> </ul> <p><b>Experimentalphysik V - Kern- und Elementarteilchenphysik</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 Kernphysik und Elementarteilchenphysik eigenständig zu erarbeiten.</li> <li>Die Studierenden können eigene Lösungen vor der Gruppe vorrechnen und die Lösungswege diskutieren.</li> </ul>						
<b>Inhalt</b>	<p><b>Experimentalphysik IV - Atom-, Molekül und Festkörperphysik</b></p> <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>						

	<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> </ul> Standardmodell der Teilchenphysik und seine Grenze			
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	<b>Veranstaltung</b>	<b>Präsenz</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Summe</b>
	Experimentalphysik IV oder Experimentalphysik V	90 h	120 h	210 h
	<b>Gesamt:</b>	<b>90 h</b>	<b>120 h</b>	<b>210 h</b>
<b>Verwendbarkeit</b>	Polyvalenter 2-Hauptfach Bachelor Physik			
<b>Vorkenntnisse</b>	Experimentalphysik I-III			
<b>Sprache</b>	Deutsch			

## 3.1.5. Theoretische Physik A (18 ECTS Punkte)

Modul:	Theoretische Physik A						18 ECTS
<b>Verantwortlich</b>	Studiendekan Physik						
<b>Lehrveranstaltungen</b>	<b>Veranstaltung</b>	<b>Form</b>	<b>SWS</b>	<b>ECTS</b>	<b>Prüfung</b>	<b>Turnus</b>	
	Theoretische Physik I	V+Ü	4+2	7	SL	SoSe	
	Theoretische Physik II	V+Ü	4+2	7	SL	WiSe	
	Modulabschlussprüfung	P		4	PL mündl.	WiSe/ SoSe	
	<b>Gesamt:</b>			<b>18</b>			
<b>Organisation</b>	<p>Die Studienleistungen in der <i>Theoretischen Physik I</i> und <i>Theoretischen Physik II</i> sind Voraussetzung für die Zulassung zur mündlichen Modulabschlussprüfung <i>Theoretische Physik A</i>. Die Kriterien der Studienleistungen werden vom jeweiligen Dozenten bekanntgegeben.</p> <p>Die Anmeldung zur Prüfung erfolgt online nach Angaben des Prüfungsamts.</p>						
<b>Modulnote</b>	Die Note der mündlichen Modulabschlussprüfung bildet die Modulnote.						
<b>Lernergebnisse</b>	<p><b>Theoretische Physik I - Newtonsche und Hamiltonsche Mechanik, Relativitätstheorie</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 diesen für den symmetrischen Fall lösen und können die verschiedenen Bewegungsformen (Präzession und Nutation) beschreiben und im Zusammenhang mit dem System Erde beschreiben.</li> <li>Die Studierenden können eigene Lösungen vor der Gruppe vorrechnen und die Lösungswege diskutieren.</li> </ul>						

	<p><b>Theoretische Physik II - Theorie der elektromagnetischen Felder</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>
<p><b>Inhalt</b></p>	<p><b>Theoretische Physik I - Mechanik</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 - Elektromagnetismus und Optik</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>

<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	<b>Veranstaltung</b>	<b>Präsenz</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Summe</b>
	<b>Theoretische Physik I</b>	90 h	150 h	240 h
	<b>Theoretische Physik II</b>	90 h	150 h	240 h
	<b>Modulabschlussprüfung</b>	1 h	59 h	60 h
	<b>Gesamt</b>	<b>181 h</b>	<b>359 h</b>	<b>540 h</b>
<b>Verwendbarkeit</b>	B.Sc. Physik, Polyvalenter 2-Hauptfach Bachelor Physik			
<b>Voraussetzungen / nützliche Vorkenntnisse</b>	Experimentelle Physik I, Mathematik für Ingenieure I+II			
<b>Sprache</b>	Deutsch			

## 3.1.6. Theoretische Physik B (7 ECTS Punkte)

Modul:	Theoretische Physik B						7 ECTS
<b>Verantwortlich</b>	Studiendekan Physik						
<b>Lehrveranstaltungen</b>	<b>Veranstaltung</b>	<b>Form</b>	<b>SWS</b>	<b>ECTS</b>	<b>Prüfung</b>	<b>Turnus</b>	
	Kompakte Fortgeschrittene Theoretische Physik	V+Ü	4+2	7	PL	SoSe	
	<b>Gesamt:</b>			<b>7</b>			
<b>Organisation</b>	<p>Die Lehrveranstaltung wird schriftlich geprüft. Die Zulassungsvoraussetzungen für die schriftliche Prüfung werden vom Dozenten bekanntgegeben (in der Regel regelmäßige und erfolgreiche Teilnahme an den Übungen).</p> <p>Die Anmeldung zur Prüfung erfolgt online nach Angaben des Prüfungsamts.</p>						
<b>Modulnote</b>	Die Modulnote entspricht der Note der abschließenden Prüfungsleistung.						
<b>Lernergebnisse</b>	<p><b>Kompakte Fortgeschrittene Theoretische Physik</b></p> <p><b>Quantenmechanik</b></p> <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. Sie kennen die Bedeutung der Quantenzahlen.</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 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.</li> <li>• Die Studierenden kennen verschiedene Interpretationen der Quantenmechanik und deren Bedeutung.</li> </ul> <p><b>Statistische Physik</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden kennen die Grundlagen der Thermodynamik (Hauptsätze, Gibb'sche Fundamentalform) und können einfache Beziehungen</li> </ul>						



	<p>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.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 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 können den zweiten Hauptsatz der Thermodynamik in Bezug auf diese Definitionen veranschaulichen.</li> <li>• 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.</li> </ul>
<p><b>Inhalt</b></p>	<p><b>Kompakte Fortgeschrittene Theoretische Physik</b></p> <p><b>Quantenmechanik:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hilbertraum, Bra-Ket-Notation, spezielle lineare Operatoren (selbstadjungierte 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>• Mehrteilchensysteme; Tensorprodukt, symmetrisierte bzw. antisymmetrisierte Zustände bei identischen Bosonen bzw. Fermionen. Begriff der Verschränkung.</li> <li>• Zweizustandssysteme: Dichtematrix, EPR-Zustände, Bell'sche Ungleichungen, Grundlagen der Quanteninformation und Quantenkryptographie</li> <li>• Verschiedene Interpretationen der Quantenmechanik (Kopenhagener Deutung, Viele-Welten, Bohm'sche Mechanik, subjektive Interpretationen wie Q-Bism).</li> </ul> <p><b>Statistische Mechanik und theoretische Thermodynamik:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 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,</li> </ul>

	<p>Stirling-Prozess), Wirkungsgrad.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• klassische und quantenmechanische Beschreibung von thermodynamischen Gleichgewichtszuständen (Gesamtheiten). Zustandssummen der mikrokanonischen, kanonischen und großkanonischen Gesamtheit. Maxwell-Verteilung, barometrische Höhenformel. Bedeutung der spezifischen Wärme.</li> <li>• Freie Quantengase: Bose-Gas, Bose-Einstein-Kondensation; Fermi-Gas bei tiefen Temperaturen, thermodynamische Freiheitsgrade.</li> <li>• Van der Waals-Gas und der Phasenübergang gasförmig-flüssig.</li> </ul>			
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	<b>Veranstaltung</b>	<b>Präsenz</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Summe</b>
	<b>Kompakte Fortgeschrittene Theoretische Physik</b>	90 h	120 h	210 h
	<b>Gesamt</b>	<b>90 h</b>	<b>120 h</b>	<b>210 h</b>
<b>Verwendbarkeit</b>	Polyvalenter 2-Hauptfach Bachelor Physik			
<b>Voraussetzungen / nützliche Vorkenntnisse</b>	Theoretische Physik I und II			
<b>Sprache</b>	Deutsch			

**3.1.7. Physiklabor (8 ECTS Punkte)**

<b>Modul:</b>	<b>Physiklabor</b>						<b>8 ECTS</b>
<b>Verantwortlich</b>	Leiter des Physiklabors						
<b>Lehrveranstaltungen</b>	<b>Veranstaltung</b>	<b>Form</b>	<b>SWS</b>	<b>ECTS</b>	<b>Prüfung</b>	<b>Turnus</b>	
	Kleines Physiklabor für Anfänger, Teil 1	V+Ü+S	4	4	PL	SoSe	
	Kleines Physiklabor für Anfänger, Teil 2	V+Ü+S	4	4	PL	WiSe	
	<b>Gesamt:</b>			<b>8</b>			
<b>Organisation</b>	<p>Die Physiklabore (Teil 1 und 2) finden grundsätzlich als Blockveranstaltungen in der vorlesungsfreien Zeit statt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Teil 1: ca. 1. September bis Vorlesungsbeginn des folgenden WiSe</li> <li>- Teil 2: ca. 1 Woche nach Vorlesungsende bis ca. 1 Woche vor Vorlesungsbeginn des folgenden SoSe</li> </ul> <p>Die Anmeldung zu den Laboren erfolgt in der Regel bis etwa 3 Monate vor Beginn online (<a href="http://www.mathphys.uni-freiburg.de/physik/praktika.php">http://www.mathphys.uni-freiburg.de/physik/praktika.php</a>).</p>						
<b>Besonderheiten</b>	<p>Für jeden Versuch muss in einem Gespräch mit der Betreuerin bzw. dem Betreuer des Versuchs der Nachweis erbracht werden, dass die bzw. der Studierende sich ausreichende Grundkenntnisse zur physikalischen Fragestellung des Versuchs, den physikalischen Grundlagen und dem experimentellen Aufbau angeeignet hat.</p> <p>Die Prüfungsleistung wird schriftlich, in Form von Protokollen zu jedem Versuch, erbracht. Dabei muss jeder Versuch bestanden werden. Versuchsvorbereitung und -durchführung werden mitbewertet. Die Bewertungen werden addiert und durch die Anzahl der im jeweiligen Laborteil vorgesehenen Versuche geteilt. Die so berechneten Mittelwerte werden auf den zulässigen Notenbereich 1,0 bis 4,0 abgebildet und ergeben nach Rundung auf eine Dezimalstelle hinter dem Komma die Endnote für die jeweilige Laborveranstaltung.</p>						
<b>Modulnote</b>	Das arithmetische Mittel der beiden Prüfungsleistungen zu den Kleinen Physiklaboren für Anfänger Teil 1 und Teil 2 ergibt die Modulnote.						
<b>Wiederholungsprüfung</b>	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.						

<b>Lernergebnisse/ Kompetenzen</b>	<b>Kleines Physiklabor für Anfänger (Teil 1 und Teil 2)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden sind in der Lage grundlegende wissenschaftliche Experimente unter Anleitung aufzubauen, durchzuführen, eigenständig zu protokollieren und auszuwerten.</li> <li>• Die Studierenden beherrschen die Grundlagen der Datenanalyse und Fehlerabschätzung.</li> </ul>			
<b>Inhalt</b>	<b>Kleines Physiklabor für Anfänger (Teil 1)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlagen der Datenanalyse und Fehlerabschätzung anhand labornaher experimenteller Beispiele, Einführung in die Fehlerrechnung (Einführungsveranstaltung)</li> <li>• 11 grundlegende Versuche aus der Mechanik, Hydrodynamik, Akustik, und Wärmelehre</li> </ul> <b>Kleines Physiklabor für Anfänger (Teil 2)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 14 grundlegende Versuche zu Elektromagnetismus und Elektronik, Optik, Atom- und Kernphysik</li> </ul>			
<b>Literatur</b>	Zu den Laboren werden Versuchsanleitungen in der Vorbesprechung ausgegeben. Literaturhinweise finden sich im Internet, gezielte Literaturangaben zu den Versuchen sind in den Versuchsanleitungen angegeben.			
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	<b>Veranstaltung</b>	<b>Präsenz</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Summe</b>
	Physiklabor für Anfänger 1	60 h	60 h	120 h
	Physiklabor für Anfänger 2	60 h	60 h	120 h
	<b>Gesamt:</b>	<b>120 h</b>	<b>120 h</b>	<b>240 h</b>
<b>Verwendbarkeit</b>	Polyvalenter 2-Hauptfach Bachelor Physik			
<b>Voraussetzungen / nützliche Vorkenntnisse</b>	Die erfolgreiche Teilnahme am <i>Kleinen Physiklabor für Anfänger und Anfängerinnen Teil 1</i> ist in der Regel Voraussetzung zur Teilnahme an <i>Teil 2</i> .			
<b>Sprache</b>	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:	Physik <span style="float: right;">10 ECTS</span>					
<b>Verantwortlich</b>	Studiendekan Physik					
<b>Lehrveranstaltungen</b>	<b>Veranstaltung</b>	<b>Form</b>	<b>SWS</b>	<b>ECTS</b>	<b>Prüfung</b>	<b>Turnus</b>
	Spezialvorlesung 1 (Empfehlung: Wissenschaftliches Programmieren)	V+Ü	3-5	5	SL	WiSe+SoSe
	Spezialvorlesung 2	V+Ü	3-5	5	SL	WiSe+SoSe
	<b>Gesamt:</b>			<b>10</b>		
<b>Organisation</b>	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.					
<b>Modulnote</b>	-					
<b>Lernergebnisse</b>	<p><b>Wissenschaftliches Programmieren</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden können einfache Programme in einer höheren Programmiersprache (z.B. in <i>Python</i>) erstellen.</li> <li>• Die Studierenden können einfache analytische und numerische Rechnungen mit <i>Mathematica</i> durchführen und Datensätze/Bilder numerisch bearbeitet werden.</li> <li>• Die Studierenden können Messreihen mit Hilfe von Software auswerten.</li> </ul> <p><b>Spezialvorlesung</b></p> <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>Inhalt</b>	<p><b>Wissenschaftliches Programmieren</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung in eine moderne Programmiersprache (z.B. <i>Python</i>)</li> <li>• Analytisches und numerisches Rechnen, so wie Grundlagen der elektronischen Datenanalyse und Bildverarbeitung mit <i>Mathematica</i></li> <li>• Einführung in ein Datenanalyseprogramm (z.B. Origin oder Root)</li> </ul> <p><b>Spezialvorlesung</b> Inhalte entsprechen den Inhalten der jeweiligen Spezialvorlesung und den Vorgaben des jeweiligen Dozenten (siehe Abschnitt 3.3).</p>			
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	<b>Veranstaltung</b>	<b>Präsenz</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Summe</b>
	Spezialvorlesung 1	ca. 60 h	ca. 90 h	150 h
	Spezialvorlesung 2	ca. 60 h	ca. 90 h	150 h
	<b>Gesamt:</b>	<b>120 h</b>	<b>180 h</b>	<b>300 h</b>
<b>Verwendbarkeit</b>	Polyvalenter 2-Hauptfach Bachelor Physik			
<b>Voraussetzungen / nützliche Vorkenntnisse</b>	-			
<b>Sprache</b>	Deutsch			

**3.1.9. Kolloquium (2 ECTS Punkte)**

<b>Modul:</b>	<b>Kolloquium</b>						<b>2 ECTS</b>
<b>Verantwortlich</b>	Dozenten der Physik						
<b>Lehrveranstaltungen</b>	<b>Veranstaltung</b>	<b>Form</b>	<b>SWS</b>	<b>ECTS</b>	<b>Prüfung</b>	<b>Turnus</b>	
	Kolloquium	K		2	SL	ganzjährig	
	<b>Gesamt:</b>			<b>2</b>			
<b>Organisation</b>	<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 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> <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 Student/in einen Dozenten, der ihm ein entsprechendes Thema stellt.</p> <p>Die Anmeldung zum Kolloquium erfolgt nach Massgabe des Prüfungsamts Physik.</p>						
<b>Modulnote</b>	-						
<b>Lernergebnisse</b>	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.						
<b>Inhalt</b>	Der Inhalt des Kolloquiums ist der Inhalt der Bachelorarbeit, oder wird vom jeweiligen betreuenden Dozenten bestimmt.						
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	60 h für die die Vorbereitung und Durchführung des Kolloquiumvortrags.						
<b>Verwendbarkeit</b>	Polyvalenter 2-Hauptfach Bachelor Physik						
<b>Voraussetzungen</b>	-						
<b>Sprache</b>	Deutsch						

## 3.2. Option Lehramt Gymnasium

### 3.2.1. Fachdidaktik Physik (5 ECTS Punkte)

Modul:	Fachdidaktik Physik						5 ECTS
<b>Verantwortlich</b>	Studiendekan Physik						
<b>Lehrveranstaltungen</b>	<b>Veranstaltung</b>	<b>Form</b>	<b>SWS</b>	<b>ECTS</b>	<b>Prüfung</b>	<b>Turnus</b>	
	Fachdidaktik I	V	2	2	SL	SoSe	
	Fachdidaktik II	V	3	3	SL	SoSe	
	<b>Gesamt:</b>			<b>5</b>			
<b>Organisation</b>	<p>Beide Veranstaltungen werden von Dozenten aus der Fachdidaktik für Physik von der Pädagogischen Hochschule abgehalten und finden auch in den Räumlichkeiten der PH statt. Die Kriterien für den Leistungsnachweis werden vom jeweiligen Dozenten zu Beginn des Semesters bekannt gegeben. Die Fachdidaktik II hat den Charakter seines Seminars und setzt in der Regel die regelmäßige und erfolgreiche Teilnahme an den Übungen voraus.</p> <p>Die Anmeldung zur Prüfung erfolgt online nach Angaben des Prüfungsamts.</p>						
<b>Modulnote</b>	-						
<b>Lernergebnisse</b>	<p><b>Fachdidaktik I</b></p> <p>Die Studierenden...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• kennen ausgewählte physikdidaktische Konzepte und können diese kritisch analysieren und bewerten;</li> <li>• können zu den zentralen Bereichen des Physiklernens in der Sekundarstufe I typische Präkonzepte und Verständnishürden beschreiben;</li> <li>• verfügen über physikdidaktisches Wissen, insbesondere zur Bestimmung, Auswahl und Begründung von Zielen, Inhalten, Methoden und Medien physikbezogener Bildung;</li> <li>• kennen die relevanten Bildungspläne und Bildungsstandards und können sie analysieren und kritisch bewerten;</li> <li>• verfügen über erste Fähigkeiten zur Planung, Gestaltung und Beurteilung von physikbezogenem Unterricht;</li> <li>• können Physikunterricht aus physikdidaktischer Perspektive exemplarisch beobachten und analysieren;</li> <li>• kennen und reflektieren Wege der fachbezogenen Unterrichtsentwicklung an konkreten Situationen.</li> </ul>						



**Fachdidaktik II**

Die Studierenden...

- kennen die verschiedenen Klassifikationen und Taxanomien 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.
- 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.

<b>Inhalt</b>	<p><b>Fachdidaktik I</b></p> <p>Im Modul werden folgende Studieninhalte vermittelt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ansätze des Lehrens und Lernens von Physik unter besonderer Berücksichtigung von Ergebnissen der empirischen Forschung</li> <li>• strukturiertes Wissen zu fachdidaktischen Forschungsergebnissen und der Unterrichtsplanung (unter Berücksichtigung des Gender-Aspekts)</li> <li>• Fachdidaktische Denk- und Arbeitsweisen, Motivation und Interesse; Experimente, Medieneinsatz und Aufgabenkultur im Physikunterricht.</li> </ul> <p><b>Fachdidaktik II</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung in die Planung von Physikunterricht</li> <li>• Kontextorientiertes und fachübergreifendes Unterrichten (z. B. aufgezeigt an den Beispielen „Physik in Zeitung und Werbung“, „Physik und Medizin“, „Physik und Sport“, „Physik der Kirchenglocke“, „Klimawandel und Treibhauseffekt“, „Überlebenstechniken von Wüstentieren“ oder „Natürliche Phänomene des VLF-Bereichs“)</li> <li>• Nutzung mobiler Endgeräte (z. B. Smartphones oder Tablets) zur elektronischen Messwerterfassung</li> <li>• Videoanalyse als Mittel zur Messwerterfassung im Themenbereich „Mechanik“</li> <li>• Einsatz von Modellbildungssystemen zur numerischen Lösung von Differentialgleichungen</li> </ul>			
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	<b>Veranstaltung</b>	<b>Präsenz</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Summe</b>
	<b>Fachdidaktik I</b>	30 h	30 h	60 h
	<b>Fachdidaktik II</b>	45 h	45 h	90 h
	<b>Gesamt</b>	<b>75 h</b>	<b>75 h</b>	<b>150 h</b>
<b>Verwendbarkeit</b>	Polyvalenter 2-Hauptfach Bachelor Physik (Option Lehramt)			
<b>Voraussetzungen / nützliche Vorkenntnisse</b>	-			
<b>Sprache</b>	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. Grundlagen der Halbleiterphysik (5 ECTS Punkte)

Vorlesung	Grundlagen der Halbleiterphysik					5 CP
Dozent/en	apl. Prof. Joachim Wagner					
Veranstaltungsdetails	Form	SWS	ECTS	Prüfung	Turnus	
	Vorlesung (V)	2+1	5	SL oder PL	In der Regel im WiSe	
Häufigkeit	In der Regel jedes Jahr im Wintersemester					
Lernergebnisse	<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>					
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kristallgitter, anorganische Halbleitermaterialien (z.B. Si, Ge, GaAs)</li> <li>Herstellung von Halbleiter-Volumenkristallen &amp; epitaktischen Schichten</li> <li>Elektronische Bandstruktur, Tight-binding vs. Ein-Elektronen-Modell</li> <li>n- und p-Dotierung, effektive Masse</li> <li>Zustandsdichte, Ladungsträgerstatistik</li> <li>elektronischer Transport, Felder und Ströme, p-n-Übergang</li> <li>Quantisierungseffekte in Halbleitern, 2D-, 1D- und 0D-Halbleiterheterostrukturen</li> <li>Halbleiter-Quantenfilme und -Übergitter</li> </ul>					
Nützliche Vorkenntnisse	Experimentalphysik IV (Kondensierte Materie)					
Sprache	Deutsch					

### 3.3.2. Biophysik der Zelle (7 ECTS Punkte)

<b>Vorlesung</b>	<b>Biophysik der Zelle</b>					<b>7 CP</b>
<b>Dozent/en</b>	Prof. Alexander Rohrbach					
<b>Veranstaltungsdetails</b>	<b>Form</b>	<b>SWS</b>	<b>ECTS</b>	<b>Prüfung</b>	<b>Turnus</b>	
	Vorlesung und Übung (V+Ü)	3+2	7	SL oder PL	In der Regel im WiSe	
<b>Häufigkeit</b>	In der Regel jedes Jahr im Wintersemester					
<b>Lernergebnisse</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>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Struktur und Aufbau der Zelle oder Das Rezept für zellbiophysikalische Forschung</li> <li>• Diffusion und Fluktuationen</li> <li>• Mess- und Manipulationstechniken</li> <li>• Biologisch relevante Kräfte</li> <li>• Biophysik der Proteine</li> <li>• Polymerphysik</li> <li>• Viskoelastizität und Mikro-Rheologie</li> <li>• Die Dynamik des Zytoskeletts</li> <li>• Molekulare Motoren</li> <li>• Membranphysik</li> </ul>					
<b>Nützliche Vorkenntnisse</b>	-					
<b>Sprache</b>	Deutsch					

### 3.3.3. Statistische Methoden der Datenanalyse (7 ECTS Punkte)

<b>Vorlesung</b>	<b>Statistische Methoden der Datenanalyse</b>					<b>7 CP</b>
<b>Dozent/en</b>	Dozenten der experimentellen Teilchenphysik					
<b>Veranstaltungsdetails</b>	<b>Form</b>	<b>SWS</b>	<b>ECTS</b>	<b>Prüfung</b>	<b>Turnus</b>	
	Vorlesung und Übung (V+Ü)	3+2	7	SL oder PL	In der Regel im WiSe	
<b>Häufigkeit</b>	In der Regel jedes Jahr im Wintersemester					
<b>Lernergebnisse</b>	<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>					
<b>Inhalt</b>	<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"> <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,</li> </ul>					

	<p>Bestimmung der Varianz für den Schätzer</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Die Methode der Kleinsten Quadrate: Prinzip, Eigenschaften, Varianz</li><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>Nützliche Vorkenntnisse</b>	Grundlagen der Analysis
<b>Sprache</b>	Deutsch

**3.3.4. Photovoltaische Energiekonversion (5 ECTS Punkte)**

<b>Vorlesung</b>	<b>Photovoltaische Energiekonversion</b>					<b>5 CP</b>
<b>Dozent/en</b>	Prof. Eicke Weber					
<b>Veranstaltungsdetails</b>	<b>Form</b>	<b>SWS</b>	<b>ECTS</b>	<b>Prüfung</b>	<b>Turnus</b>	
	Vorlesung und Übung (V+Ü)	2+1	5	SL	In der Regel im SoSe	
<b>Häufigkeit</b>	In der Regel jedes Jahr im Sommersemester					
<b>Lernergebnisse</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden kennen die Grundlagen der Photovoltaik und beherrschen die der photovoltaischen Energiekonversion zu Grunde liegenden Konzepte der Atom-, Molekül- und Halbleiterphysik</li> </ul>					
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Solarzelle als beleuchtete Halbleiterdiode</li> <li>• Thermodynamik der idealen Solarzelle, maximale Wirkungsgrade</li> <li>• Lichtabsorption in Halbleitern, elektronische Rekombinationen</li> <li>• Der p-n-Übergang, Ladungsträgertransportvorgänge in Halbleitern</li> <li>• Siliziumsolarzellen auf Waferbasis</li> <li>• Material- und Scheibengewinnung für kristalline Si-Solarzellen</li> <li>• Dünne kristalline Si-Solarzellen</li> <li>• Dünnschichtsolarzellen aus amorphem Silizium, CIS und CdTe</li> <li>• Tandemsolarzellen, monolithische Strukturen aus III/V Materialien</li> <li>• Farbstoffsensibilisierte und organische Solarzellen</li> <li>• Thermophotovoltaik - Photovoltaische Konversion von IR-Strahlung</li> </ul>					
<b>Nützliche Vorkenntnisse</b>	-					
<b>Sprache</b>	Deutsch					

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

<b>Vorlesung</b>	<b>Einführung in die Moderne Digitalelektronik</b>					<b>7 CP</b>
<b>Dozent/en</b>	apl. Prof. Horst Fischer					
<b>Veranstaltungsdetails</b>	<b>Form</b>	<b>SWS</b>	<b>ECTS</b>	<b>Prüfung</b>	<b>Turnus</b>	
	Vorlesung und Übung (V+Ü)	2+3	7	SL oder PL	In der Regel im SoSe	
<b>Häufigkeit</b>	In der Regel jedes Jahr im Sommersemester					
<b>Lernergebnisse</b>	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.					
<b>Inhalt</b>	<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>					
<b>Nützliche Vorkenntnisse</b>	-					
<b>Sprache</b>	Deutsch					



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

<b>Vorlesung</b>	<b>Einführung in die Astrophysik</b>					<b>7 CP</b>
<b>Dozent/en</b>	Prof. Oskar von der Lühe					
<b>Veranstaltungsdetails</b>	<b>Form</b>	<b>SWS</b>	<b>ECTS</b>	<b>Prüfung</b>	<b>Turnus</b>	
	Vorlesung und Übung (V+Ü)	3+2	7	SL oder PL	In der Regel im SoSe	
<b>Häufigkeit</b>	In der Regel jedes Jahr im Sommersemester					
<b>Lernergebnisse</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>Inhalt</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>Nützliche Vorkenntnisse</b>	Experimentalphysik I-III, Theoretische Physik I-III					
<b>Sprache</b>	Deutsch					

### 3.3.7. Astronomisches Praktikum (5 ECTS Punkte)

Praktikum	Astronomisches Praktikum					5 CP
Dozent/en	apl. Prof. Wolfgang Schmidt					
Veranstaltungsdetails	<b>Form</b>	<b>SWS</b>	<b>ECTS</b>	<b>Prüfung</b>	<b>Turnus</b>	
	Praktikum (Pr)	4	5	SL	SoSe	
Häufigkeit	In der Regel jedes Jahr im Sommersemester					
Lernergebnisse	Die Studierenden sind vertraut mit grundlegenden experimentellen Methoden der Astronomie.					
Inhalt	<p>Es werden sowohl Versuche im Sonnenobservatorium auf dem Schauinsland als auch im Kiepenheuer Institut Für Sonnenphysik (KIS) durchgeführt.</p> <p>Allgemeine Versuche:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grobe Klassifikation von Sternspektren</li> <li>• Einführung in die Datenverarbeitung mit dem Computer</li> <li>• Masse-Leuchtkraft-Beziehung bestimmt mit Doppelsternen</li> <li>• Entfernungsbestimmung von M100 mit Cepheiden</li> <li>• Bestimmung der Bahnelemente von Planeten &amp; Kometen</li> </ul> <p>Versuche am Schauinslandobservatorium:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sonnenteleskop und Spektrograph</li> <li>• Messung der Sonnenrotation</li> <li>• Messung von Magnetfeldern in Sonnenflecken</li> </ul>					
Nützliche Vorkenntnisse	Vorlesung "Einführung in die Astrophysik"					
Sprache	Deutsch					

**3.3.8. Optische Fallen und Partikel-Tracking (7 ECTS Punkte)**

<b>Vorlesung</b>	<b>Optische Fallen und Partikel-Tracking</b>					<b>7 CP</b>
<b>Dozent/en</b>	Prof. Alexander Rohrbach					
<b>Veranstaltungsdetails</b>	<b>Form</b>	<b>SWS</b>	<b>ECTS</b>	<b>Prüfung</b>	<b>Turnus</b>	
	Vorlesung und Übung (V+Ü)	3+2	7	SL oder PL	In der Regel im SoSe	
<b>Häufigkeit</b>	In der Regel jedes Jahr im Sommersemester					
<b>Lernergebnisse</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden kennen wesentliche Grundlagen der Optik, der statistischen Physik und der Biologie/Biophysik.</li> <li>• Die Studierenden lernen, was mit optischen Kräften machbar ist, wo physikalische Grenzen liegen und was im Moment noch durch Technologie beschränkt wird.</li> <li>• Die Studierenden kennen wichtige Anwendungen von optischen Fallen in der Biologie, oder in fluktuationsgesteuerten Systemen.</li> </ul>					
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Licht – Informationsträger und Aktor</li> <li>• Nur über die Mikroskopie</li> <li>• Lichtstreuung</li> <li>• Optische Kräfte</li> <li>• Bewegungsverfolgung jenseits des Unschärfebereichs</li> <li>• Brownsche Bewegung und Kalibrierungstechniken</li> <li>• Photonische Kraftmikroskopie</li> <li>• Anwendungen in der Biophysik</li> <li>• Time-Multiplexing und holographisch optische Fallen</li> <li>• Anwendungen in der Mikrosystemtechnik</li> <li>• Anwendungen in der Nanotechnologie</li> </ul>					
<b>Nützliche Vorkenntnisse</b>	-					
<b>Sprache</b>	Deutsch					

### 3.3.9. Materie an Oberflächen (7 ECTS Punkte)

<b>Vorlesung</b>	<b>Materie an Oberflächen</b>					<b>7 CP</b>
<b>Dozent/en</b>	Prof. Günter Reiter					
<b>Veranstaltungsdetails</b>	<b>Form</b>	<b>SWS</b>	<b>ECTS</b>	<b>Prüfung</b>	<b>Turnus</b>	
	Vorlesung und Übung (V+Ü)	3+2	7	SL oder PL	unregelmäßig	
<b>Häufigkeit</b>	unregelmäßig					
<b>Lernergebnisse</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden besitzen einen Überblick über physikalische Phänomene, die nur an Oberflächen und Grenzflächen auftreten.</li> <li>• Die Studierenden kennen spezielle strukturelle und elektronische Eigenschaften von Flüssigkeits- und Festkörperoberflächen und sind sich deren Bedeutung in verschiedenen Bereichen der modernen Materialwissenschaften und der Nanotechnologie bewusst.</li> </ul>					
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Allgemeine Beschreibung von Grenzflächen: Thermodynamik und Kinetik</li> <li>• Wechselwirkungskräfte an Grenzflächen: kurz- und langreichweitige Kräfte, ...</li> <li>• Flüssigkeiten und Flüssigkeitsgrenzflächen: Tropfen, Blasen, Wellen, "flüssige Murmeln"</li> <li>• Struktur von Festkörperoberflächen: Elektronische Prozesse an Oberflächen</li> <li>• Festkörper-Flüssigkeit Grenzflächen: Hydrodynamik, Kapillarität, Benetzung,...</li> <li>• Grenzflächenprozesse: Adsorption/Desorption, Phasenübergänge</li> <li>• Herstellung von wohldefinierten Festkörperoberflächen: Oberflächenrekonstruktion, Oberflächentransport,...</li> <li>• Wachstums- und Auflösungsprozesse: Epitaxie, Keimbildung, Gitterfehl-anpassung, mechanische Spannungen</li> <li>• Organische Schichten und Nanostrukturen auf Oberflächen: gezielte Strukturierung von Oberflächen auf nm-Skala</li> </ul>					
<b>Nützliche Vorkenntnisse</b>	Experimentalphysik IV (Kondensierte Materie)					
<b>Sprache</b>	Englisch					

**3.3.10. Dynamische Systeme in der Biologie (7 ECTS Punkte)**

<b>Vorlesung</b>	<b>Dynamische Systeme in der Biologie</b>					<b>7 CP</b>
<b>Dozent/en</b>	Prof. Jens Timmer					
<b>Veranstaltungsdetails</b>	<b>Form</b>	<b>SWS</b>	<b>ECTS</b>	<b>Prüfung</b>	<b>Turnus</b>	
	Vorlesung und Übung (V+Ü)	3+2	7	SL	unregelmäßig	
<b>Häufigkeit</b>	unregelmäßig					
<b>Lernergebnisse</b>	<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>					
<b>Inhalt</b>	<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>					
<b>Nützliche Vorkenntnisse</b>	Klassische Mechanik, Differentialgleichungen					
<b>Sprache</b>	Deutsch					

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

Vorlesung	Spezielle Relativitätstheorie					7 CP
Dozent/en	Prof. Stefan Dittmaier					
Veranstaltungsdetails	Form	SWS	ECTS	Prüfung	Turnus	
	Vorlesung und Übung (V+Ü)	3+1	5	SL	unregelmäßig	
Häufigkeit	unregelmäßig					
Lernergebnisse	<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>					
Inhalt	<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>					
Nützliche Vorkenntnisse	Theoretische Physik I-III					
Sprache	Deutsch					