

# UniReport



Goethe-Universität | Frankfurt am Main

Satzungen und Ordnungen

## **Ordnung des Fachbereichs Physik der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main für den Bachelorstudiengang Physik mit dem Abschluss „Bachelor of Science (B.Sc.)“ vom 20. Mai 2020**

**Genehmigt vom Präsidium am 30. Juni 2020**

Aufgrund der §§ 20, 44 Abs. 1 Nr. 1 des Hessischen Hochschulgesetzes in der Fassung vom 14. Dezember 2009, zuletzt geändert durch Gesetz vom 18. Dezember 2017, hat der Fachbereichsrat des Fachbereichs Physik der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main am 20. Mai 2020 die folgende Ordnung für den Bachelorstudiengang Physik beschlossen. Diese Ordnung hat das Präsidium der Johann Wolfgang Goethe-Universität gemäß § 37 Abs. 5 Hessisches Hochschulgesetz am 30. Juni 2020 genehmigt. Sie wird hiermit bekannt gemacht.

## **Abschnitt I: Allgemeines**

- § 1 Geltungsbereich der Ordnung (RO § 1)
- § 2 Zweck der Bachelorprüfung (RO: § 2)
- § 3 Akademischer Grad (RO: § 3)
- § 4 Regelstudienzeit; Teilzeitstudium (RO: § 4)
- § 5 Auslandsstudium (RO: § 5)

## **Abschnitt II: Ziele des Studiengangs; Studienbeginn und Zugangsvoraussetzungen zum Studium**

- § 6 Ziele des Studiengangs (RO: § 6)
- § 7 Studienbeginn (RO: § 7)
- § 8 Voraussetzungen für die Zulassung zum Bachelorstudiengang (RO: § 8)

## **Abschnitt III: Studienstruktur und –organisation**

- § 9 Studienaufbau; Modularisierung (RO: § 11)
- § 10 Modulverwendung (RO: § 12)
- § 11 Modulbeschreibungen/Modulhandbuch (RO: § 14)
- § 12 Umfang des Studiums und der Module; Kreditpunkte (CP) (RO: § 15)
- § 13 Lehr- und Lernformen; Zugang zu Modulen (RO: § 16)
- § 14 Studiennachweise (Leistungs- und Teilnahmenachweise) (RO: § 17)
- § 15 Studienverlaufsplan; Informationen (RO: § 18)
- § 16 Studienberatung; Orientierungsveranstaltung (RO: § 19)
- § 17 Akademische Leitung und Modulbeauftragte (RO: § 20)

## **Abschnitt IV: Prüfungsorganisation**

- § 18 Prüfungsausschuss; Prüfungsamt (RO: § 21)
- § 19 Aufgaben des Prüfungsausschusses (RO: § 22)
- § 20 Prüferinnen und Prüfer; Beisitzerinnen und Beisitzer (RO: § 23)

## **Abschnitt V: Prüfungsvoraussetzungen und –verfahren**

- § 21 Erstmeldung und Zulassung zu den Bachelorprüfungen (RO: § 24)
- § 22 Prüfungszeitpunkt und Meldeverfahren (RO: § 25)
- § 23 Versäumnis und Rücktritt von Modulprüfungen (RO: § 26)
- § 24 Studien- und Prüfungsleistungen bei Krankheit und Behinderung; besondere Lebenslagen (RO: § 27)
- § 25 Verpflichtende Studienfachberatung; zeitliche Vorgaben für das Ablegen der Prüfungen (RO: § 28)
- § 26 Täuschung und Ordnungsverstoß (RO: § 29)
- § 27 Mängel im Prüfungsverfahren (RO: § 30)
- § 28 Anerkennung und Anrechnung von Leistungen (RO: § 31)
- § 29 Anrechnung von außerhalb einer Hochschule erworbenen Kompetenzen (RO: § 32)

## **Abschnitt VI: Durchführungen der Modulprüfungen**

- § 30 Modulprüfungen (RO: § 33)
- § 31 Mündliche Prüfungsleistungen (RO: § 34)
- § 32 Klausurarbeiten (RO: § 35)

§ 33 Hausarbeiten und sonstige schriftliche Ausarbeitungen (RO: § 36)

§ 34 Projektarbeiten (RO: § 38)

§ 35 Bachelorarbeit (RO: § 40)

## **Abschnitt VII: Bewertung der Studien- und Prüfungsleistungen; Bildung der Noten und der Gesamtnote; Nichtbestehen der Gesamtprüfung**

§ 36 Bewertung/Benotung der Studien- und Prüfungsleistungen; Bildung der Noten und der Gesamtnote (RO: § 42)

§ 37 Bestehen und Nichtbestehen von Prüfungen; Notenbekanntgabe (RO: § 43)

§ 38 Zusammenstellung des Prüfungsergebnisses (Transcript of Records) (RO: § 44)

## **Abschnitt VIII: Wechsel von Pflicht- und Wahlpflichtmodulen/ Studienschwerpunkten; Wiederholung von Prüfungen; Verlust des Prüfungsanspruchs und endgültiges Nichtbestehen**

§ 39 Wechsel von Wahlpflichtmodulen und Nebenfächern (RO: § 45)

§ 40 Wiederholung von Prüfungen; Freiversuch; Notenverbesserung (RO: § 46)

§ 41 Verlust des Prüfungsanspruchs und endgültiges Nichtbestehen (RO: § 47)

## **Abschnitt IX: Prüfungszeugnis; Urkunde und Diploma Supplement**

§ 42 Prüfungszeugnis (RO: § 48)

§ 43 Bachelorurkunde (RO: § 49)

§ 44 Diploma Supplement (RO: § 50)

## **Abschnitt X: Ungültigkeit der Bachelorprüfung; Prüfungsakten; Einsprüche und Widersprüche; Prüfungsgebühren**

§ 45 Ungültigkeit von Prüfungen (RO: § 51)

§ 46 Einsicht in Prüfungsakten; Aufbewahrungsfristen (RO: § 52)

§ 47 Einsprüche und Widersprüche (RO: § 53)

## **Abschnitt XI: Schlussbestimmungen**

§ 48 In-Kraft-Treten und Übergangsbestimmungen (RO: § 56)

## **Anlagen:**

**Anlage 1a: Studienverlaufsplan bei Studienbeginn im Wintersemester**

**Anlage 1b: Studienverlaufsplan bei Studienbeginn im Sommersemester**

**Anlage 2: Liste der Nebenfächer**

**Anlage 3: Liste der Import-/Exportmodule (Anlage 4 RO)**

**Anlage 4: Modulbeschreibungen (Anlage 5 RO)**

## **Abkürzungsverzeichnis:**

GVBl.	Gesetz- und Verordnungsblatt für das Land Hessen
HHG	Hessisches Hochschulgesetz vom 14. Dezember 2009 (GVBl. I, S. 666), zuletzt geändert durch Art. 2 des Gesetzes vom 18. Dezember 2017 (GVBl. I, S. 18)
HImmaVO	Hessische Immatrikulationsverordnung vom 24. Februar 2010 (GVBl. I, S. 94), zuletzt geändert am 23. April 2013 (GVBl. I, S. 192)
RO	Rahmenordnung für gestufte und modularisierte Studiengänge der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main vom 30. April 2014

## **Abschnitt I: Allgemeines**

### **§ 1 Geltungsbereich der Ordnung (RO § 1)**

Diese Ordnung enthält die studiengangsspezifischen Regelungen für den Bachelorstudiengang Physik. Sie gilt in Verbindung mit der Rahmenordnung für gestufte und modularisierte Studiengänge der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main vom 30. April 2014, UniReport Satzungen und Ordnungen vom 11. Juli 2014 in der jeweils gültigen Fassung, nachfolgend Rahmenordnung (RO) genannt.

### **§ 2 Zweck der Bachelorprüfung (RO: § 2)**

(1) Das Bachelorstudium schließt mit dem ersten berufsqualifizierenden Abschluss ab. Die Bachelorprüfung dient der Feststellung, ob die Studierenden das Ziel des Bachelorstudiums erreicht haben. Die Prüfungen erfolgen kumulativ, das heißt die Summen der Modulprüfungen im Bachelorstudiengang Physik einschließlich der Bachelorarbeit bilden die Bachelorprüfung.

(2) Durch die kumulative Bachelorprüfung soll festgestellt werden, ob die oder der Studierende hinreichende Fachkenntnisse in den Prüfungsgebieten erworben hat und die Fähigkeit besitzt, grundlegende wissenschaftliche Methoden und Kenntnisse selbstständig anzuwenden sowie auf einen Übergang in die Berufspraxis oder für ein konsekutives Studium vorbereitet ist.

### **§ 3 Akademischer Grad (RO: § 3)**

Nach erfolgreich absolviertem Studium und bestandener Prüfung verleiht der Fachbereich Physik den akademischen Grad eines Bachelor of Science, abgekürzt als B.Sc..

### **§ 4 Regelstudienzeit; Teilzeitstudium (RO: § 4)**

(1) Die Regelstudienzeit für den Bachelorstudiengang Physik beträgt sechs Semester. Das Bachelorstudium kann in kürzerer Zeit abgeschlossen werden.

(2) Im Rahmen des Bachelorstudiengangs sind 180 Kreditpunkte gemäß § 12 Abs. 2– nachfolgend CP – zu erreichen.

(3) Das Studium ist nach Maßgabe des Landesrechts ganz oder teilweise als Teilzeitstudium möglich. Bei einem Teilzeitstudium besteht kein Anspruch auf Bereitstellung eines besonderen Lehr- und Studienangebots.

(4) Der Fachbereich Physik stellt auf der Grundlage dieser Ordnung ein Lehrangebot bereit und sorgt für die Festsetzung geeigneter Prüfungstermine, so dass das Studium in der Regelstudienzeit abgeschlossen werden kann.

### **§ 5 Auslandsstudium (RO: § 5)**

(1) Es wird empfohlen, im Verlauf des Bachelorstudiums für mindestens ein Semester an einer Universität im Ausland zu studieren bzw. einen Auslandsaufenthalt im Rahmen der Abschlussarbeit einzuplanen. Dafür können die Verbindungen der Johann Wolfgang Goethe-Universität mit ausländischen Universitäten sowie die wissenschaftlichen Verbindungen der Dozenten des Fachbereichs Physik genutzt werden, über die in der Studienfachberatung und im International Office Auskunft erteilt wird.

(2) Ein Auslandsstudium wird im 5. Semester empfohlen. Die für diesen Zeitraum vorgesehenen Module sind vergleichsweise gut geeignet, um an ausländischen Hochschulen absolviert und für das Studium an der Johann Wolfgang Goethe-Universität angerechnet zu werden.

## **Abschnitt II: Ziele des Studiengangs; Studienbeginn und Zugangsvoraussetzungen zum Studium**

### **§ 6 Ziele des Studiengangs (RO: § 6)**

(1) **Charakterisierung und Abgrenzung des Fachs:** Physik ist die Wissenschaft von der Struktur, den Eigenschaften, den Zustands- und Bewegungsformen der Materie und Energie sowie den zugrunde liegenden Wechselwirkungen und Kräften und den dabei erhaltenen Größen. Als solche ist sie die Grundlage sämtlicher Naturwissenschaften und aller technischen Disziplinen. Sie ist von Neugier getrieben und gleichzeitig handlungsorientiert: sie erschöpft sich nicht in der abstrakten Naturerkenntnis, sondern fordert die Fähigkeit nach deren experimenteller und theoretischer Umsetzung, Anwendung und Erweiterung.

Sie ist eine quantitative Wissenschaft: ihr Ziel ist die quantitative Beschreibung von Naturvorgängen und das Auffinden quantitativer Zusammenhänge zwischen verschiedenen Phänomenen und Phänomenklassen. Zur Erreichung dieser Ziele greift sie in hohem Maße auf den Methodenfundus der Mathematik zurück.

(2) **Wissenschaftsorientierte Studienziele:** Die Fülle ihrer Inhalte, Anwendungen und Wechselbezüge hat die Physik zu einer außerordentlich inhaltsreichen Wissenschaft mit einem breiten Methodenspektrum gemacht, die von einer Einzelperson schon seit langem nicht in allen Details überblickt werden kann. Der kompetente Umgang mit ihr macht eine weitgehende Spezialisierung notwendig. Diese Spezialisierung muss allerdings über einem möglichst breiten Grundlagenfundament erfolgen.

Die durch die Wissenschaft bestimmten Studienziele leiten sich aus der Charakterisierung und Abgrenzung des Faches ab. So muss der gut ausgebildete Physiker oder die gut ausgebildete Physikerin auf dem Gebiet der Physik und möglichst auch ihrer Nachbarwissenschaften handlungskompetent sein; er oder sie muss die Ergebnisse seiner bzw. ihrer Wissenschaft kennen und zu beurteilen lernen.

Ein weiteres Ziel der Studiengänge im Fach Physik ist es, die Studierenden optimal auf die Anforderungen ihres späteren Berufs vorzubereiten. Um dieses Ziel zu erreichen, muss das Studium sowohl einer Reihe von wissenschaftsimmanenten Anforderungen genügen, als auch auf die konkrete Struktur der späteren beruflichen Tätigkeit des Physikers oder der Physikerin Rücksicht nehmen.

Wegen der Breite der typischen beruflichen Aufgabenfelder müssen die Studierenden der Physik erlernen, sich im Berufsleben in kurzer Zeit zielsicher in ganz unterschiedliche Spezialgebiete einzuarbeiten, auch wenn diese nicht Gegenstand ihres Studiums waren. Diese Fähigkeit setzt das tiefgehende Verständnis und die sichere Beherrschung eines möglichst breiten Grundlagenfundus der Wissenschaft einschließlich ihrer Methodiken voraus. Diesem Ziel ist das Hauptaugenmerk des Studiums zu widmen.

Erst wenn die Grundlagen des Fachs verstanden worden sind, sind die Studierenden bereit und in der Lage, den Prozess der Spezialisierung auf ein Fachgebiet zu vollziehen und auf diesem Gebiet bis an die aktuelle Grenze des Wissens voranzuschreiten. Im Bachelorstudiengang erfolgt diese Spezialisierung in begrenztem Umfang durch Auswahl von Wahlpflichtmodulen aus den verschiedenen Spezialgebieten der Physik und durch die Bachelorarbeit, die eine abgegrenzte Einführung in die praktische Arbeit in einem der Forschungsgebiete des Fachbereiches bietet.

(3) **Berufliche Perspektiven:** Der akademische Grad „Bachelor“ bildet einen ersten international anerkannten, berufsqualifizierenden Abschluss, der die Befähigung eines Absolventen oder einer Absolventin nachweist, etabliertes Wissen und etablierte wissenschaftliche Methoden der Physik in der Berufspraxis anzuwenden.

Für Absolventen und Absolventinnen des Bachelorstudiengangs eröffnen sich durchaus vielfältige Berufsperspektiven. Während Tätigkeiten mit engerem Fachbezug üblicherweise Masterabsolventen oder –absolventinnen vorbehalten bleiben, sind Physiker und Physikerinnen aufgrund ihrer breiten Grundlagenkenntnisse, ihrer analytischen Fähigkeiten und ihrer Flexibilität schon immer auch in benachbarten Disziplinen der Naturwissenschaften und der Technik und selbst in fachfernen Gebieten begehrte Fachkräfte gewesen. Zu diesen Gebieten gehören, gegebenenfalls nach einer entsprechenden Zusatzausbildung, insbesondere

- die öffentliche Verwaltung,
- das Management, insbesondere zur Entwicklung komplizierter quantitativer Entscheidungsmodelle,
- das Bankenwesen und die Börsen,
- die Systemanalyse,
- das Feld der Datenverarbeitung und –analyse,
- das Patentwesen,
- die Unternehmensberatungen.

Was sie diese Tätigkeitsfelder qualifiziert, ist, neben dem ausgeprägten Verständnis komplexer, technischer wie organisatorischer Zusammenhänge, insbesondere das durch den Umgang mit den Fakten und Methoden einer „strengen Wissenschaft“ geschulte, weitgehend an sachlichen Erfordernissen orientierte Urteilsvermögen.

Hierbei ist im Besonderen auch an ein fundiertes Urteil über die Konsequenzen und Gesellschaftsverträglichkeit naturwissenschaftlicher Innovationen zu denken. Die Entwicklung eines solchen Urteilsvermögens ist wichtiges didaktisches Ziel des Physikstudiums.

## **§ 7 Studienbeginn (RO: § 7)**

(1) Das Studium kann sowohl zum Winter- als auch zum Sommersemester aufgenommen werden.

(2) Es wird empfohlen, das Studium im Wintersemester zu beginnen. Bei Studienbeginn im Sommersemester wird die Wahrnehmung der Studienfachberatung nach § 16 Abs. 1 empfohlen.

## **§ 8 Voraussetzungen für die Zulassung zum Bachelorstudiengang (RO: § 8)**

(1) In den Bachelorstudiengang Physik kann nur eingeschrieben werden, wer die gesetzlich geregelte Hochschulzugangsberechtigung besitzt und nicht nach § 57 HHG an der Immatrikulation gehindert ist. Insbesondere muss der Prüfungsanspruch für den Bachelorstudiengang Physik noch bestehen, zum Beispiel darf die Bachelorprüfung in diesem Studiengang oder die Abschlussprüfung in einem eng verwandten Studiengang noch nicht endgültig nicht bestanden sein. Zur diesbezüglichen Überprüfung sind Erklärungen gemäß § 21 Abs. 1a) und b) vorzulegen. § 21 Abs. 3 gilt entsprechend.

(2) Es werden ausreichende aktive und passive englische Sprachkenntnisse vorausgesetzt, welche zur Lektüre englischsprachiger Fachliteratur und zur Teilnahme an Lehrveranstaltungen in englischer Sprache befähigen. Sofern einzelne Module nicht in deutscher Sprache angeboten werden, ist dies im Modulhandbuch angegeben.

(3) Ausländische Studienbewerberinnen und Studienbewerber für den Bachelorstudiengang Physik müssen entsprechend der „Ordnung der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main über die Deutsche Sprachprüfung für den Hochschulzugang (DSH) für Studienbewerberinnen und Studienbewerber mit ausländischer Hochschulzugangsberechtigung“ in der jeweils gültigen Fassung einen Sprachnachweis der Niveaustufe DSH-2 vorlegen, soweit sie nach der DSH-Ordnung nicht von der Deutschen Sprachprüfung freigestellt sind.

(4) Für eine Einschreibung in ein höheres Fachsemester aufgrund von anrechenbaren Leistungen ist für die Immatrikulation in den Bachelorstudiengang eine Anrechnungsbescheinigung gemäß § 28 bzw. § 29 vorzulegen.

(5) Die Voraussetzungen für die Zulassung zur Bachelorprüfung sind in § 21 geregelt.

## Abschnitt III: Studienstruktur und –organisation

### § 9 Studienaufbau; Modularisierung (RO: § 11)

(1) Der Bachelorstudiengang Physik ist modular aufgebaut. Ein Modul ist eine inhaltlich und zeitlich abgeschlossene Lehr- und Lerneinheit. Es umfasst ein Set von inhaltlich aufeinander bezogenen Lehrveranstaltungen einschließlich Projektarbeiten sowie Selbstlernzeiten und ist einem vorab definierten Lernziel verpflichtet. Module erstrecken sich auf ein bis zwei Semester.

(2) Der Bachelorstudiengang Physik gliedert sich in die Studienphasen Grundstudium, das primär die Fachsemester 1 bis 4 umfasst, und Spezialisierung in den Fachsemestern 5 und 6. Im 4. und 5. Fachsemester gehen diese beiden Phasen gleitend ineinander über. Parallel dazu sind nach Wahl der oder des Studierenden ein oder zwei Nebenfächer gemäß Anlage 2 zu absolvieren. Dort nicht aufgeführte Nebenfächer können vom Prüfungsausschuss auf Antrag genehmigt werden. Nebenfächer können ohne Anmeldung gewählt und gemäß § 39 Abs. 2 gewechselt werden.

(3) Module können sein: Pflichtmodule, die obligatorisch sind; darunter die Bachelorarbeit, oder Wahlpflichtmodule, die aus einem vorgegebenen Katalog von Modulen auszuwählen sind, oder Nebenfachmodule, bei denen je nach gewähltem Nebenfach einzelne Module obligatorisch sind, andere aus einem Katalog ausgewählt werden können.

(4) Aus den Zuordnungen der Module zu den Studienphasen, dem Grad der Verbindlichkeit der Module und dem nach § 12 kalkulierten studentischen Arbeitsaufwand (Workload) in CP ergibt sich für den Bachelorstudiengang Physik folgender Studienaufbau:

#### Grundstudium: 1. bis 5. Fachsemester

Modul	Lehrveranstaltung	Pflicht / Wahlpflicht	CP
VEX1	Experimentalphysik 1: Mechanik, Thermodynamik	Pf	10
VTH1	Theoretische Physik 1: Mathematische Methoden der Theoretischen Physik	Pf	8
VMATH1	Mathematik für Studierende der Physik 1	Pf	8
VEX2	Experimentalphysik 2: Elektrodynamik	Pf	8
VTH2	Theoretische Physik 2: Klassische Mechanik	Pf	8
VMATH2	Mathematik für Studierende der Physik 2	Pf	8
PEX1	Anfängerpraktikum 1	Pf	6
VEX3A	Experimentalphysik 3a: Optik	Pf	4
VEX3B	Experimentalphysik 3b: Atome und Quanten	Pf	4
VTH3	Theoretische Physik 3: Klassische Elektrodynamik	Pf	8
VMATH3	Mathematik für Studierende der Physik 3	Pf	8
PEX2	Anfängerpraktikum 2	Pf	6
VEX4A	Experimentalphysik 4a: Kerne und Elementarteilchen	Pf	4



Modul	Lehrveranstaltung	Pflicht / Wahlpflicht	CP
VEX4B	Experimentalphysik 4b: Festkörper	Pf	4
VTH4	Theoretische Physik 4: Quantenmechanik	Pf	8
VPROG	Einführung in die wissenschaftliche Programmierung	Pf	6
VTH5	Theoretische Physik 5: Thermodynamik und statistische Physik	Pf	8
<b>Summe</b>			<b>116</b>

#### Spezialisierung: 5. und 6. Fachsemester

Modul	Lehrveranstaltung	Pflicht / Wahlpflicht	CP
PEXF	Fortgeschrittenenpraktikum	Pf	12
Wahlpflichtmodule nach Wahl der oder des Studierenden		WP	12-18
EWA	Bachelorseminar	Pf	6
	Projektplanung	Pf	
BA	Bachelorarbeit	Pf	12
<b>Summe</b>			<b>42-48</b>

#### Nebenfach oder zwei Nebenfächer

Modul	Lehrveranstaltung	Pflicht / Wahlpflicht	CP
Nebenfachmodule gemäß Anlage 2 oder Abs. (2)			16-22
<b>Summe</b>			<b>16-22</b>
<b>Summe Grundstudium, Spezialisierung und Nebenfach/fächer</b>			<b>180</b>

(5) In den Neben- und Wahlpflichtmodulen müssen zusammen insgesamt 34 CP erworben werden, wobei 16-22 CP auf Nebenfachmodule und 12-18 CP auf Wahlpflichtmodule entfallen müssen. Die ohne Antrag zulässigen Nebenfachmodule sind in Anlage 2 dieser Ordnung aufgeführt, weitere Nebenfachmodule können auf Antrag vom Prüfungsausschuss genehmigt werden. Die zulässigen Wahlpflichtmodule sind im Modulhandbuch zusammengestellt. Drei CP der Nebenfachmodule dürfen aus Veranstaltungen zu Schlüsselqualifikationen stammen. Dabei können die Studierenden frei aus dem gesamten Angebot der Goethe Universität auswählen.

(6) Die Wählbarkeit von Wahlpflichtmodulen kann bei fehlender Kapazität durch Fachbereichsratsbeschluss eingeschränkt werden. Die Einschränkung ist den Studierenden unverzüglich durch das Dekanat bekannt zu geben. § 15 Abs. 2 findet Anwendung. Durch Beschluss des Fachbereichsrates können ohne Änderung dieser Ordnung auch weitere Wahlpflichtmodule zugelassen werden, wenn sie von ihrem Umfang und ihren Anforderungen den in dieser Ordnung geregelten Wahlpflichtmodulen entsprechen. § 11 Abs. 4 und § 15 Abs. 2 sind zu beachten.

(7) Die Lehrveranstaltungen in den Modulen werden hinsichtlich ihrer Verbindlichkeit in Pflicht- und Wahlpflichtveranstaltungen unterschieden. Pflichtveranstaltungen sind nach Inhalt und Form der Veranstaltung in der Modulbeschreibung eindeutig bestimmt. Wahlpflichtveranstaltungen sind Lehrveranstaltungen, die Studie-

rende innerhalb eines Moduls aus einem bestimmten Fachgebiet oder zu einem bestimmten Themengebiet auszuwählen haben.

(8) Sofern einzelne Lehrveranstaltungen auf Englisch angeboten werden, ist dies in der Modulbeschreibung geregelt.

(9) Sofern Lehrveranstaltungen eines Moduls aufeinander aufbauen, sind die Studierenden nach Maßgabe der Modulbeschreibung an die dort angegebene Reihenfolge gebunden.

(10) Die Studierenden haben die Möglichkeit, sich innerhalb des Bachelorstudiengangs Physik nach Maßgabe freier Plätze weiteren, als den in dieser Ordnung vorgeschriebenen Modulen einer Prüfung oder einer Leistungskontrolle zu unterziehen (Zusatzmodule). Das Ergebnis der Prüfung wird bei der Bildung der Gesamtnote für die Bachelorprüfung nicht mit einbezogen.

### **§ 10 Modulverwendung (RO: § 12)**

(1) Sofern Module des Bachelorstudiengangs Physik aus dem Angebot anderer Studiengänge stammen („Importmodule“), unterliegen sie den Prüfungsregelungen des exportierenden Fachbereichs (Herkunftsordnung). Sie sind in Anlage 3 aufgeführt. Änderungen werden durch den Prüfungsausschuss rechtzeitig in das Modulhandbuch (vgl. § 11) aufgenommen und auf der studiengangsbezogenen Webseite (vgl. § 15 Abs. 2) hinterlegt.

(2) Module, die der Fachbereich Physik nur für den Export anbietet, sind in Anlage 3 aufgeführt. Für diese Module gelten bezüglich Studiennachweisen, Prüfungsvorleistungen, Anmelde- und Rücktrittsfristen für Prüfungen, Prüfungszeiträumen und Prüfungswiederholungen die Regelungen dieser Studienordnung, sofern nicht in den Modulbeschreibungen ausdrücklich anders ausgewiesen. Sie können nur in der dort angegebenen Form importiert werden. Änderungen werden dem Prüfungsausschuss des importierenden Studiengangs rechtzeitig mitgeteilt.

(3) Es gelten im Übrigen die Regelungen des § 12 der Rahmenordnung (RO).

### **§ 11 Modulbeschreibungen/Modulhandbuch (RO: § 14)**

(1) Zu jedem Pflicht- und Wahlpflichtmodul enthält Anlage 4 eine Modulbeschreibung nach Maßgabe von § 14 Abs. 2 RO. Die Modulbeschreibungen sind Bestandteil dieser Ordnung.

(2) Die Modulbeschreibungen werden ergänzt durch ein regelmäßig aktualisiertes Modulhandbuch. Dieses enthält die zusätzlichen Angaben nach Maßgabe von (3) und dient insbesondere der Information der Studierenden.

(3) In das Modulhandbuch werden nach Maßgabe von § 14 Abs. 5 RO mindestens aufgenommen:

- ggf. Kennzeichnung als Importmodul
- Angebotszyklus der Module (z.B. jährlich oder jedes Semester)
- studentischer Arbeitsaufwand differenziert nach Präsenz- beziehungsweise Kontaktzeit und Selbststudium in Stunden und Kreditpunkten (CP)
- Dauer der Module
- empfohlene Voraussetzungen
- Unterrichts-/Prüfungssprache
- Lehrveranstaltungen mit Lehr- und Lernformen sowie Semesterwochenstunden und Kreditpunkten
- Verwendbarkeit der Module

- Modulbeauftragte/Modulbeauftragter
- ggf. zeitliche Einordnung der Module

(4) Änderungen im Modulhandbuch, welche nicht die Inhalte der Modulbeschreibungen nach § 14 Abs. 2 RO betreffen, sind durch Fachbereichsratsbeschluss rechtzeitig vor Beginn der Veranstaltungszeit eines Semesters möglich und bis zu diesem Zeitpunkt auf der studiengangsbezogenen Webseite bekanntzugeben. Sie dürfen nicht zu wesentlichen Änderungen des Curriculums führen. Das Hochschulrechenzentrum soll rechtzeitig vor Beschlussfassung im Fachbereichsrat zu den Änderungen angehört werden.

(5) Änderungen bei den Importmodulen können durch den anbietenden Fachbereich vorgenommen werden, ohne dass eine Änderung dieser Ordnung notwendig ist. Sie werden vom Prüfungsausschuss rechtzeitig in das Modulhandbuch aufgenommen und auf der studiengangsbezogenen Webseite bekannt gegeben.

### **§ 12 Umfang des Studiums und der Module; Kreditpunkte (CP) (RO: § 15)**

(1) Jedem Modul werden in der Modulbeschreibung Kreditpunkte (CP) auf der Basis des European Credit Transfer Systems (ECTS) unter Berücksichtigung der Beschlüsse und Empfehlungen der Kultusministerkonferenz und Hochschulrektorenkonferenz zugeordnet. Die CP ermöglichen die Übertragung erbrachter Leistungen auf andere Studiengänge der Johann Wolfgang Goethe-Universität oder einer anderen Hochschule beziehungsweise umgekehrt.

(2) CP sind ein quantitatives Maß für den Arbeitsaufwand (Workload), den durchschnittlich begabte Studierende für den erfolgreichen Abschluss des entsprechenden Moduls für das Präsenzstudium, die Teilnahme an außeruniversitären Praktika oder an Exkursionen, die Vor- und Nachbereitung des Lehrstoffs, die Vorbereitung und Ausarbeitung eigener Beiträge und Prüfungsleistungen aufwenden müssen. Ein CP entspricht einem Arbeitsaufwand von 30 Stunden. Als regelmäßige Arbeitsbelastung werden höchstens 1800 Arbeitsstunden je Studienjahr angesetzt. 30 CP entsprechen der durchschnittlichen Arbeitsbelastung eines Semesters.

(3) Für den sechssemestrigen Bachelorstudiengang Physik sind 180 CP nachzuweisen.

(4) Die CP werden nur für ein vollständig und erfolgreich absolviertes Modul vergeben.

(5) Für jede Studierende und jeden Studierenden des Studiengangs wird beim Prüfungsamt ein Kreditpunktekonto eingerichtet. Im Rahmen der organisatorischen Möglichkeiten kann die oder der Studierende jederzeit in den Stand des Kontos Einblick nehmen.

(6) Der Arbeitsumfang (Workload) wird im Rahmen der Evaluierung nach § 12 Abs. 1 und Abs. 2 HHG sowie zur Reakkreditierung des Studiengangs überprüft und an die durch die Evaluierung ermittelte Arbeitsbelastung angepasst.

### **§ 13 Lehr- und Lernformen; Zugang zu Modulen (RO: § 16)**

(1) Die Lehrveranstaltungen im Bachelorstudiengang Physik werden in den folgenden Formen durchgeführt:

- a) Vorlesung: Zusammenhängende Darstellung und Vermittlung von Grund- und Spezialwissen sowie methodische Kenntnisse durch Vortrag gegebenenfalls in Verbindung mit Demonstrationen oder Experimenten. Die Lehrenden entwickeln und vermitteln Lehrinhalte unter Einbeziehung der Studierenden;
- b) Übung: Durcharbeitung und Vertiefung von Lehrstoffen sowie Schulung in der Fachmethodik und Vermittlung spezieller Fertigkeiten durch Bearbeitung und Besprechung exemplarischer Aufgaben;
- c) Proseminar/Seminar: Erarbeitung wissenschaftlicher Erkenntnisse oder Bearbeitung aktueller Problemstellungen mit wissenschaftlichen Methoden durch, in der Regel von Studierenden vorbereitete, Beiträge, Erlernen und Einüben beziehungsweise Vertiefen von Präsentations- und Diskussionstechniken;

- d) Praktikum: Angeleitete Durchführung praktischer Aufgaben im experimentellen und apparativen Bereich und/oder Computersimulationen; Schulung in der Anwendung wissenschaftlicher Untersuchungs- und Lösungsmethoden; Vermittlung von fachtechnischen Fertigkeiten und Einsichten in Funktionsabläufe;
- e) Projekt: Erarbeitung von Konzepten sowie Realisierung von Lösungen komplexer Aufgabenstellungen; Vermittlung sozialer Kompetenz durch weitgehend selbstständige Bearbeitung der Aufgabe bei gleichzeitiger fachlicher und arbeitsmethodischer Anleitung;
- f) Exkursion: Vorbereitete Veranstaltung außerhalb der Hochschule.

(2) Ist nach Maßgabe der Modulbeschreibung der Zugang zu den Lehrveranstaltungen eines Moduls vom erfolgreichen Abschluss anderer Module oder vom Besuch der Studienfachberatung abhängig oder wird in der Modulbeschreibung die Teilnahme an einer einzelnen Lehrveranstaltung von einem Teilnahme- oder Leistungsnachweis für eine andere Lehrveranstaltung vorausgesetzt, wird die Teilnahmeberechtigung durch die Lehrveranstaltungsleiterin oder den Lehrveranstaltungsleiter überprüft.

(3) Die Modulbeschreibung kann vorsehen, dass zur Teilnahme am Modul oder an bestimmten Veranstaltungen des Moduls eine verbindliche Anmeldung erforderlich ist. Auf der studiengangspezifischen Webseite wird rechtzeitig bekannt gegeben, ob und in welchem Verfahren eine verbindliche Anmeldung erfolgen muss.

(4) Ist zu erwarten, dass die Zahl der an einer Lehrveranstaltung interessierten Studierenden die Aufnahmefähigkeit der Lehrveranstaltung übersteigt, kann die Lehrveranstaltungsleitung ein Anmeldeverfahren durchführen. Die Anmeldevoraussetzungen und die Anmeldefrist werden im kommentierten Vorlesungsverzeichnis oder auf andere geeignete Weise bekannt gegeben.

(5) Übersteigt die Zahl der angemeldeten Studierenden die Aufnahmefähigkeit der Lehrveranstaltung oder ist die Lehrveranstaltung überfüllt und kann nicht auf alternative Veranstaltungen verwiesen werden, prüft die akademische Leitung auf Antrag der Lehrveranstaltungsleitung, ob eine zusätzliche Lehrveranstaltung eingerichtet werden kann. Ist dies aus Kapazitätsgründen nicht möglich, ist es zur Gewährleistung der ordnungsgemäßen Durchführung der Lehrveranstaltung zulässig, nur eine begrenzte Anzahl der teilnahmewilligen Studierenden aufzunehmen. Hierfür ist durch die Veranstaltungsleitung nach den Richtlinien des Fachbereichsrates ein geeignetes Auswahlverfahren durchzuführen. Bei der Erstellung der Auswahlkriterien ist sicherzustellen, dass diejenigen Studierenden bei der Aufnahme in die Lehrveranstaltung Priorität genießen, für die die Lehrveranstaltung verpflichtend ist und die im besonderen Maße ein Interesse an der Aufnahme haben. Ein solches ist insbesondere gegeben, wenn der oder die Studierende nach dem Studienverlaufsplan bereits im vorangegangenen Semester einen Anspruch auf den Platz hatte und trotz Anmeldung keinen Platz erhalten konnte. Bei Pflichtveranstaltungen muss angemeldeten aber nicht in die Lehrveranstaltung aufgenommenen Studierenden auf Verlangen hierüber eine Bescheinigung ausgestellt werden.

(6) Abs. 4 und 5 finden keine Anwendung mehr, soweit eine universitätsweite Regelung vorhanden ist.

#### **§ 14 Studiennachweise (Leistungs- und Teilnahmenachweise) (RO: § 17)**

(1) Während des Studiums sind Studiennachweise (Leistungs- und Teilnahmenachweise) als Nachweis des ordnungsgemäßen Studiums (Prüfungsvorleistungen) beziehungsweise, zusammen mit den CP für die bestandene Modulprüfung, als Voraussetzung für die Vergabe der für das Modul zu erbringenden CP vorgesehen. Es gelten folgende Regelungen:

(2) Sofern in der Modulbeschreibung die Verpflichtung zur regelmäßigen Teilnahme für Veranstaltungen geregelt ist, wird diese durch Teilnahmenachweise oder durch Anwesenheitslisten dokumentiert. Über die Form der Dokumentation entscheidet die Veranstaltungsleitung. Die Bescheinigung der regelmäßigen Teilnahme gilt nicht als Studienleistung im Sinne des Abs. 5.

(3) Die regelmäßige Teilnahme an einer Lehrveranstaltung ist gegeben, wenn die oder der Studierende in allen von der Veranstaltungsleitung im Verlauf eines Semesters angesetzten Einzelveranstaltungen anwesend war. Sie ist noch zu bestätigen, wenn die oder der Studierende bis zu drei Einzelveranstaltungen bei 15 Terminen oder 20 % der Veranstaltungszeit bei weniger Terminen versäumt hat. Bei Überschreitung der zulässigen Fehlzeit aus Gründen, die die oder der Studierende nicht zu vertreten hat, wie z.B. Krankheit, notwendige Betreuung eines im selben Haushalt lebenden Kindes oder Pflege eines nahen Angehörigen (Kinder, Eltern, Großeltern, Ehepartnerin/Ehepartner, Partnerin/Partner in einer nicht ehelichen Lebensgemeinschaft) oder Mitwirkung als ernannte oder gewählte Vertreterin oder ernannter oder gewählter Vertreter in der akademischen oder studentischen Selbstverwaltung, entscheidet die oder der Modulbeauftragte, ob und in welcher Art und Weise eine Äquivalenzleistung erforderlich und angemessen ist. Die Regelungen zum Nachteilsausgleich in § 24 sind zu beachten.

(4) Abweichend von Abs. 3 kann in der Modulbeschreibung für die Ausstellung eines Teilnahmenachweises auch festgelegt sein, dass die oder der Studierende nicht nur regelmäßig im Sinne von Abs. 3, sondern auch aktiv an der Lehrveranstaltung teilgenommen hat. Sie kann aber auch lediglich die aktive Teilnahme voraussetzen. Eine aktive Teilnahme beinhaltet je nach Festlegung durch die Veranstaltungsleitung die Erbringung kleinerer Arbeiten, wie Protokolle, mündliche Kurzreferate und Gruppenarbeiten. Diese Aufgaben werden weder benotet noch mit bestanden/nicht bestanden bewertet.

(5) Ein nach der Modulbeschreibung zu einer Lehrveranstaltung geforderter Leistungsnachweis dokumentiert die erfolgreiche Erbringung einer Studienleistung. Die Studienleistung ist erfolgreich erbracht, wenn sie durch die Lehrende oder den Lehrenden nach Maßgabe der Modulbeschreibung mit „bestanden“ oder unter Anwendung des § 36 Abs. 3 mittels Note positiv bewertet wurde. Bei Gruppenarbeiten muss die individuelle Leistung deutlich abgrenzbar und bewertbar sein. Die Noten der Studienleistungen gehen nicht in die Modulnote bzw. Gesamtnote für die Bachelorprüfung ein; § 36 Abs. 6 bleibt unberührt.

Sofern dies die Modulbeschreibung voraussetzt, ist für den Erwerb eines Leistungsnachweises auch die regelmäßige Teilnahme an der Lehrveranstaltung im Sinne von Abs. 3 erforderlich.

(6) Studienleistungen können insbesondere sein

- schriftliche Ausarbeitungen beziehungsweise Hausarbeiten
- Referate (mit oder ohne Ausarbeitung)
- Fachgespräche
- Arbeitsberichte, Protokolle
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Durchführung von Versuchen
- Tests

Im Fall von Modulen, die nicht mit einer Modulabschlussprüfung oder einer kumulativen Modulprüfung abgeschlossen werden, können Studienleistungen zusätzlich auch Klausuren sein.

Die Form und die Frist, in der die Studienleistung zu erbringen ist, gibt die oder der Lehrende den Studierenden zu Beginn der Lehrveranstaltung bekannt. Die Vergabekriterien für den Leistungsnachweis dürfen während des laufenden Semesters nicht zum Nachteil der Studierenden geändert werden. Die oder der Lehrende kann den Studierenden die Nachbesserung einer schriftlichen Leistung unter Setzung einer Frist ermöglichen.

(7) Nicht unter Aufsicht zu erbringende schriftliche Arbeiten sind von der oder dem Studierenden nach den Regeln guter wissenschaftlicher Praxis anzufertigen. Die oder der Studierende hat bei der Abgabe der Arbeit schriftlich zu versichern, dass sie oder er diese selbstständig verfasst und alle von ihr oder ihm benutzten Quellen und Hilfsmittel in der Arbeit angegeben hat. Ferner ist zu erklären, dass die Arbeit noch nicht – auch nicht

auszugsweise – in einem anderen Studiengang als Studien- oder Prüfungsleistung verwendet wurde. § 26 gilt entsprechend. Um die Einhaltung der Regeln guter wissenschaftlicher Praxis überprüfen zu können, sind die Lehrenden berechtigt, von den Studierenden die Vorlage nicht unter Aufsicht erbrachter schriftlicher Arbeiten auch in geeigneter elektronischer Form zu verlangen. Der Prüfungsausschuss trifft hierzu nähere Festlegungen.

(8) Bestandene Studienleistungen können nicht wiederholt werden. Nicht bestandene Studienleistungen sind unbeschränkt wiederholbar.

### **§ 15 Studienverlaufsplan; Informationen (RO: § 18)**

(1) Die als Anlage 1a/b angefügten Studienverlaufspläne stellen auf einen möglichen Studienbeginn im Wintersemester bzw. im Sommersemester ab und geben den Studierenden Hinweise für eine zielgerichtete Gestaltung ihres Studiums. Die Studienverlaufspläne berücksichtigen inhaltliche Bezüge zwischen Modulen und organisatorische Bedingungen des Studienangebots.

(2) Der Fachbereich richtet für den Bachelorstudiengang Physik eine Webseite ein, auf der allgemeine Informationen und Regelungen zum Studiengang in der jeweils aktuellen Form hinterlegt sind. Dort sind auch das Modulhandbuch und der Studienverlaufsplan und, soweit Module im- und/oder exportiert werden, die Liste des aktuellen Im- und Exportangebots des Studiengangs veröffentlicht.

(3) Der Fachbereich erstellt für den Bachelorstudiengang Physik auf der Basis der Modulbeschreibungen und des Studienverlaufsplans ein kommentiertes Veranstaltungsverzeichnis mit einer inhaltlichen und organisatorischen Beschreibung des Lehrangebots. Dieses ist für jedes Semester zu aktualisieren und soll in der letzten Vorlesungswoche des vorangegangenen Semesters erscheinen.

### **§ 16 Studienberatung; Orientierungsveranstaltung (RO: § 19)**

(1) Die Studierenden haben die Möglichkeit, während des gesamten Studienverlaufs die Studienfachberatung des Fachbereichs Physik aufzusuchen. Die Studienfachberatung erfolgt durch von der Studiendekanin oder dem Studiendekan beauftragte Personen. Im Rahmen der Studienfachberatung erhalten die Studierenden Unterstützung insbesondere in Fragen der Studiengestaltung, der Studientechnik und der Wahl der Lehrveranstaltungen. Die Studienfachberatung sollte insbesondere in Anspruch genommen werden:

- zu Beginn des ersten Semesters;
- bei Nichtbestehen von Prüfungen und bei gescheiterten Versuchen, erforderliche Leistungsnachweise zu erwerben;
- bei Schwierigkeiten in einzelnen Lehrveranstaltungen;
- bei Studiengangs- beziehungsweise Hochschulwechsel.

(2) Neben der Studienfachberatung steht den Studierenden die Zentrale Studienberatung der Johann Wolfgang Goethe-Universität zur Verfügung. Sie unterrichtet als allgemeine Studienberatung über Studiermöglichkeiten, Inhalte, Aufbau und Anforderungen eines Studiums und berät bei studienbezogenen persönlichen Schwierigkeiten.

(3) Vor Beginn der Vorlesungszeit eines jeden Semesters, in dem Studierende ihr Studium aufnehmen können, findet eine Orientierungsveranstaltung statt, zu der die Studienanfängerinnen und Studienanfänger durch Aushang oder anderweitig eingeladen werden. In dieser wird über die Struktur und den Gesamtaufbau des Studiengangs und über semesterspezifische Besonderheiten informiert. Den Studierenden wird Gelegenheit gegeben, insbesondere die Studienorganisation betreffende Fragen zu klären.

## **§ 17 Akademische Leitung und Modulbeauftragte (RO: § 20)**

(1) Die Aufgabe der akademischen Leitung des Bachelorstudiengangs Physik nimmt die Studiendekanin oder der Studiendekan des Fachbereichs Physik wahr, sofern sie nicht auf ihren oder seinen Vorschlag vom Fachbereichsrat auf ein im Bachelorstudiengang prüfungsberechtigtes Mitglied der Professorengruppe für die Dauer von 2 Jahren übertragen wird. Die akademische Leiterin oder der akademische Leiter ist beratendes Mitglied in der Studienkommission und hat insbesondere folgende Aufgaben:

- Koordination des Lehr- und Prüfungsangebots des Studiengangs im Zusammenwirken mit den Modulbeauftragten, gegebenenfalls auch aus anderen Fachbereichen;
- Erstellung und Aktualisierung von Prüferlisten;
- Evaluation des Studiengangs und Umsetzung der gegebenenfalls daraus entwickelten qualitätssichernden Maßnahmen in Zusammenarbeit mit der Studienkommission (vgl. hierzu § 6 Evaluationsatzung für Lehre und Studium);
- ggf. Bestellung der Modulbeauftragten (Abs. 2 bleibt unberührt).

(2) Für jedes Modul ernennt die akademische Leitung des Studiengangs aus dem Kreis der Lehrenden des Moduls eine Modulbeauftragte oder einen Modulbeauftragten. Für fachbereichsübergreifende Module wird die oder der Modulbeauftragte im Zusammenwirken mit der Studiendekanin oder dem Studiendekan des anderen Fachbereichs ernannt. Die oder der Modulbeauftragte muss Professorin oder Professor oder ein auf Dauer beschäftigtes wissenschaftliches Mitglied der Lehreinheit sein. Sie oder er ist für alle, das Modul betreffenden, inhaltlichen Abstimmungen und die ihr oder ihm durch diese Ordnung zugewiesenen organisatorischen Aufgaben, insbesondere für die Mitwirkung bei der Organisation der Modulprüfung, zuständig. Die oder der Modulbeauftragte wird durch die akademische Leitung des Studiengangs vertreten.

## **Abschnitt IV: Prüfungsorganisation**

### **§ 18 Prüfungsausschuss; Prüfungsamt (RO: § 21)**

(1) Der Fachbereichsrat bildet für den Bachelor- und den Masterstudiengang Physik einen gemeinsamen Prüfungsausschuss.

(2) Dem Prüfungsausschuss gehören sieben Mitglieder an, darunter vier Mitglieder der Gruppe der Professoren, eine wissenschaftliche Mitarbeiterin oder ein wissenschaftlicher Mitarbeiter und zwei Studierende.

(3) Die Mitglieder des Prüfungsausschusses werden nebst einer Stellvertreterin oder einem Stellvertreter auf Vorschlag der jeweiligen Gruppen vom Fachbereichsrat des Fachbereichs Physik gewählt. Die Amtszeit der Studierenden beträgt ein Jahr, die der anderen Mitglieder zwei Jahre. Wiederwahl ist zulässig.

(4) Bei Angelegenheiten, die ein Mitglied des Prüfungsausschusses betreffen, ruht dessen Mitgliedschaft in Bezug auf diese Angelegenheit und wird durch die Stellvertreterin oder den Stellvertreter wahrgenommen. Dies gilt nicht bei rein organisatorischen Sachverhalten.

(5) Der Prüfungsausschuss wählt eine Vorsitzende oder einen Vorsitzenden aus der Mitte der ihm angehörenden Professorinnen und Professoren. Die stellvertretende Vorsitzende oder der stellvertretende Vorsitzende wird aus der Mitte der dem Prüfungsausschuss angehörenden Professorinnen und Professoren oder ihrer Stellvertreterinnen und Stellvertreter gewählt. Die beziehungsweise der Vorsitzende führt die Geschäfte des Prüfungsausschusses. Sie oder er lädt zu den Sitzungen des Prüfungsausschusses ein und führt bei allen Beratungen und Beschlussfassungen den Vorsitz. In der Regel soll in jedem Semester mindestens eine Sitzung des Prüfungsausschusses stattfinden. Eine Sitzung ist einzuberufen, wenn dies mindestens zwei Mitglieder des Prüfungsausschusses fordern.

(6) Der Prüfungsausschuss tagt nicht öffentlich. Er ist beschlussfähig, wenn mindestens die Hälfte der Mitglieder, darunter die oder der Vorsitzende oder die oder der stellvertretende Vorsitzende, anwesend sind und die Stimmenmehrheit der Professorinnen und Professoren gewährleistet ist. Für Beschlüsse ist die Zustimmung der Mehrheit der Anwesenden erforderlich. Bei Stimmgleichheit entscheidet die Stimme der oder des Vorsitzenden. Die Beschlüsse des Prüfungsausschusses sind zu protokollieren. Im Übrigen richtet sich das Verfahren nach der Geschäftsordnung für die Gremien der Johann Wolfgang Goethe-Universität.

(7) Der Prüfungsausschuss kann einzelne Aufgaben seiner oder seinem Vorsitzenden zur alleinigen Durchführung und Entscheidung übertragen. Gegen deren oder dessen Entscheidungen haben die Mitglieder des Prüfungsausschusses und der betroffene Prüfling ein Einspruchsrecht. Die oder der Vorsitzende des Prüfungsausschusses kann die Durchführung von Aufgaben an das Prüfungsamt delegieren. Dieses ist Geschäftsstelle des Prüfungsausschusses. Es führt die laufenden Geschäfte nach Weisung des Prüfungsausschusses und deren beziehungsweise dessen Vorsitzenden.

(8) Die Mitglieder des Prüfungsausschusses und deren Stellvertreterinnen und Stellvertreter unterliegen der Amtsverschwiegenheit. Sofern sie nicht im öffentlichen Dienst stehen, sind sie durch die Vorsitzende oder den Vorsitzenden zur Verschwiegenheit zu verpflichten; sie bestätigen diese Verpflichtung durch ihre Unterschrift, die zu den Akten genommen wird.

(9) Die Mitglieder des Prüfungsausschusses haben das Recht, an den mündlichen Prüfungen als Zuhörerinnen und Zuhörer teilzunehmen.

(10) Der Prüfungsausschuss kann Anordnungen, Festsetzungen von Terminen und andere Entscheidungen unter Beachtung datenschutzrechtlicher Bestimmungen mit rechtlich verbindlicher Wirkung durch Aushang am Prüfungsamt oder andere nach § 41 Hessisches Verwaltungsverfahrensgesetz geeignete Maßnahmen bekannt machen.

(11) Belastende Entscheidungen des Prüfungsausschusses oder der oder des Vorsitzenden des Prüfungsausschusses sind der oder dem Studierenden unverzüglich schriftlich mitzuteilen, zu begründen und mit einer Rechtsbehelfsbelehrung zu versehen. Der oder dem Studierenden ist vor der Entscheidung Gelegenheit zur Stellungnahme zu geben.

## **§ 19 Aufgaben des Prüfungsausschusses (RO: § 22)**

(1) Der Prüfungsausschuss und das für den Bachelorstudiengang Physik zuständige Prüfungsamt sind für die Organisation und die ordnungsgemäße Durchführung der Prüfungen im Bachelorstudiengang Physik verantwortlich. Der Prüfungsausschuss achtet darauf, dass die Bestimmungen dieser Ordnung eingehalten werden und entscheidet bei Zweifeln zu Auslegungsfragen dieser Ordnung. Er entscheidet in allen Prüfungsangelegenheiten, die nicht durch Ordnung oder Satzung einem anderen Organ oder Gremium oder der oder dem Vorsitzenden des Prüfungsausschusses übertragen sind.

(2) Dem Prüfungsausschuss obliegen in der Regel insbesondere folgende Aufgaben:

- Festlegung der Prüfungstermine, -zeiträume und Melde- und Rücktrittsfristen für die Prüfungen und deren Bekanntgabe;
- ggf. Bestellung der Prüferinnen und Prüfer;
- Entscheidungen zur Prüfungszulassung;
- die Entscheidung über die Anrechnungen gemäß § 28 bzw. § 29 sowie die Erteilung von Auflagen zu nachzuholenden Studien- und Prüfungsleistungen im Rahmen von Anrechnungen;
- die Berechnung und Bekanntgabe der Noten von Prüfungen sowie der Gesamtnote für den Bachelorabschluss;



- die Entscheidungen zur Bachelorarbeit;
- die Entscheidungen zum Bestehen und Nichtbestehen;
- die Entscheidungen über einen Nachteilsausgleich und über die Verlängerung von Prüfungs- beziehungsweise Bearbeitungsfristen;
- die Entscheidungen über Verstöße gegen Prüfungsvorschriften;
- die Entscheidungen zur Ungültigkeit des Bachelorabschlusses;
- Entscheidungen über Einsprüche sowie über Widersprüche der Studierenden zu in Prüfungsverfahren getroffenen Entscheidungen, soweit diesen stattgegeben werden soll;
- eine regelmäßige Berichterstattung in der Studienkommission über die Entwicklung der Prüfungs- und Studienzeiten einschließlich der Bearbeitungszeiten für die Bachelorarbeit sowie über die Nachfrage der Studierenden nach den verschiedenen Wahlpflichtmodulen;
- das Offenlegen der Verteilung der Fach- und Gesamtnoten;
- Anregungen zur Reform dieser Ordnung.

(3) Zum Zwecke der Überprüfung der Einhaltung guter wissenschaftlicher Praxis ist der Prüfungsausschuss berechtigt, wissenschaftliche Arbeiten auch mit Hilfe geeigneter elektronischer Mittel auf Täuschungen und Täuschungsversuche zu überprüfen. Hierzu kann er verlangen, dass ihm innerhalb einer angemessenen Frist die Prüfungsarbeiten in elektronischer Fassung vorgelegt werden. Kommt die Verfasserin oder der Verfasser dieser Aufforderung nicht nach, kann die Arbeit als nicht bestanden gewertet werden.

### **§ 20 Prüferinnen und Prüfer; Beisitzerinnen und Beisitzer (RO: § 23)**

(1) Zur Abnahme von Hochschulprüfungen sind Mitglieder der Professorengruppe, wissenschaftliche Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, die mit der selbstständigen Wahrnehmung von Lehraufgaben beauftragt worden sind, sowie Lehrbeauftragte und Lehrkräfte für besondere Aufgaben befugt (§ 18 Abs. 2 HHG). Privatdozentinnen und Privatdozenten, außerplanmäßige Professorinnen und außerplanmäßige Professoren, Honorarprofessorinnen und Honorarprofessoren, die jeweils in den Prüfungsfächern eine Lehrtätigkeit ausüben, sowie entpflichtete und in den Ruhestand getretene Professorinnen und Professoren, können durch den Prüfungsausschuss mit ihrer Einwilligung als Prüferinnen oder Prüfer bestellt werden. Prüfungsleistungen dürfen nur von Personen bewertet werden, die selbst mindestens die durch die Prüfung festzustellende oder eine gleichwertige Qualifikation besitzen.

(2) In der Regel wird die zu einem Modul gehörende Prüfung von den in dem Modul Lehrenden ohne besondere Bestellung durch den Prüfungsausschuss abgenommen. Sollte eine Lehrende oder ein Lehrender aus zwingenden Gründen Prüfungen nicht abnehmen können, kann der Prüfungsausschuss eine andere Prüferin oder einen anderen Prüfer benennen.

(3) Schriftliche Prüfungsleistungen, die nicht mehr wiederholt werden können, sind von zwei Prüfenden zu bewerten. § 35 Abs. 16 bleibt unberührt. Mündliche Prüfungen sind von mehreren Prüfenden oder von einer oder einem Prüfenden in Gegenwart einer oder eines Beisitzenden abzunehmen.

(4) Zur Beisitzerin oder zum Beisitzer bei mündlichen Prüfungen darf nur ein Mitglied oder eine Angehörige oder ein Angehöriger der Johann Wolfgang Goethe-Universität bestellt werden, das oder die oder der mindestens den Bachelorabschluss oder eine vergleichbare Prüfung abgelegt hat. Die Bestellung der Beisitzerin oder des Beisitzers erfolgt durch die Vorsitzende oder den Vorsitzenden des Prüfungsausschusses. Sie oder er kann die Bestellung an die Prüferin oder den Prüfer delegieren.

(5) Prüferinnen, Prüfer, Beisitzerinnen und Beisitzer unterliegen der Amtsverschwiegenheit.

## **Abschnitt V: Prüfungsvoraussetzungen und –verfahren**

### **§ 21 Erstmeldung und Zulassung zu den Bachelorprüfungen (RO: § 24)**

(1) Spätestens mit der Meldung zur ersten Modulprüfung im Bachelorstudiengang Physik hat die oder der Studierende ein vollständig ausgefülltes Anmeldeformular für die Zulassung zur Bachelorprüfung beim Prüfungsamt für den Bachelorstudiengang Physik einzureichen. Sofern nicht bereits mit dem Zulassungsantrag zum Studium erfolgt, sind der Meldung zur Prüfung insbesondere beizufügen:

- a) eine Erklärung darüber, ob die Studierende oder der Studierende bereits eine Zwischenprüfung, eine Diplom-Vorprüfung, eine Bachelorprüfung, eine Masterprüfung, eine Magisterprüfung, eine Diplomprüfung oder eine kirchliche Hochschulprüfung oder eine staatliche Abschlussprüfung im Physik oder in einem vergleichbaren Studiengang (Studiengang mit einer überwiegend gleichen fachlichen Ausrichtung) an einer Hochschule endgültig nicht bestanden hat oder ob sie oder er sich gegenwärtig in dem Fach Physik oder einem vergleichbaren Studiengang in einem nicht abgeschlossenen Prüfungsverfahren an einer Hochschule in Deutschland oder im Ausland befindet;
- b) eine Erklärung darüber, ob und gegebenenfalls wie oft die oder der Studierende bereits Modulprüfungen im Bachelorstudiengang Physik oder in denselben Modulen eines anderen Studiengangs an einer Hochschule in Deutschland oder im Ausland nicht bestanden hat;
- c) gegebenenfalls Nachweise über bereits erbrachte Studien- oder Prüfungsleistungen, die in den Studiengang eingebracht werden sollen;

(2) Der Prüfungsausschuss kann in Ausnahmefällen, insbesondere in Fällen des Studienortwechsels, des Fachrichtungswechsels oder der Wiederaufnahme des Studiums auf Antrag von der Immatrikulationspflicht zu einzelnen Modulprüfungen befreien.

(3) Über die Zulassung entscheidet die oder der Vorsitzende des Prüfungsausschusses, in Zweifelsfällen der Prüfungsausschuss, gegebenenfalls nach Anhörung einer Fachvertreterin oder eines Fachvertreters. Die Zulassung wird abgelehnt, wenn

- a) die Unterlagen unvollständig sind oder
- b) die oder der Studierende den Prüfungsanspruch für ein Modul nach Abs. 1 b) oder für den jeweiligen Studiengang endgültig verloren hat oder eine der in Abs. 1 a) genannten Prüfungen endgültig nicht bestanden hat.

(4) Über Ausnahmen von Abs.1 und 3 in besonderen Fällen entscheidet auf Antrag der oder des Studierenden der Prüfungsausschuss.

(5) Eine Ablehnung der Zulassung wird der oder dem Studierenden von der oder dem Vorsitzenden des Prüfungsausschusses schriftlich mitgeteilt. Sie ist mit einer Begründung und einer Rechtsbehelfsbelehrung zu versehen.

### **§ 22 Prüfungszeitpunkt und Meldeverfahren (RO: § 25)**

(1) Modulprüfungen werden im zeitlichen und sachlichen Zusammenhang mit den entsprechenden Modulen abgelegt. Modulprüfungen für Pflichtmodule und jährlich angesetzte Wahlpflichtmodule sind in der Regel mindestens zweimal pro Jahr anzubieten.

(2) Die modulabschließenden mündlichen Prüfungen und Klausurarbeiten sollen innerhalb von durch den Prüfungsausschuss festzulegenden Prüfungszeiträumen durchgeführt werden. Die Prüfungszeiträume sind in der Regel die ersten beiden und die letzten beiden Wochen der vorlesungsfreien Zeit.

(3) Die exakten Prüfungstermine für die Modulprüfungen werden durch den Prüfungsausschuss im Einvernehmen mit den Prüfenden festgelegt. Das Prüfungsamt gibt den Studierenden in einem Prüfungsplan möglichst frühzeitig, spätestens aber vier Wochen vor den Prüfungsterminen, Zeit und Ort der Prüfungen sowie die Namen der beteiligten Prüferinnen und Prüfer durch Aushang oder andere geeignete Maßnahmen bekannt. Muss aus zwingenden Gründen von diesem Prüfungsplan abgewichen werden, so ist die Neufestsetzung des Termins nur mit Genehmigung der oder des Vorsitzenden des Prüfungsausschusses möglich. Termine für mündliche Modulabschlussprüfungen oder für mündliche Prüfungen, die im zeitlichen Zusammenhang mit einzelnen Lehrveranstaltungen oder im Verlauf von Lehrveranstaltungen abgenommen werden (Modulteilprüfungen), werden von der oder dem Prüfenden gegebenenfalls nach Absprache mit den Studierenden festgelegt.

(4) Der Prüfungsausschuss setzt für die Modulprüfungen Meldefristen (in der Regel eine Woche) fest, die spätestens vier Wochen vor dem Beginn der Meldefristen durch Aushang oder andere geeignete Maßnahmen bekannt gegeben werden müssen.

(5) Zu jeder Modulprüfung hat sich die oder der Studierende innerhalb der Meldefrist schriftlich oder, nach Festlegung durch den Prüfungsausschuss, elektronisch anzumelden. Die Meldung zu den Modulprüfungen erfolgt beim Prüfungsamt. Über eine Nachfrist für die Meldung zu einer Modulprüfung in begründeten Ausnahmefällen entscheidet die oder der Vorsitzende des Prüfungsausschusses auf Antrag der oder des Studierenden. § 23 Abs. 2 Satz 3 gilt entsprechend.

(6) Die oder der Studierende kann sich zu einer Modulprüfung oder Modulteilprüfung nur anmelden beziehungsweise die Modulprüfung nur ablegen, sofern sie oder er an der Johann Wolfgang Goethe-Universität immatrikuliert ist. § 21 Abs. 2 bleibt unberührt. Für die Anmeldung zu bzw. Ablegung der betreffenden Modulprüfung bzw. Modulteilprüfung muss die oder der Studierende zur Bachelorprüfung zugelassen sein und sie oder er darf die entsprechende Modulprüfung oder Modulteilprüfung noch nicht endgültig nicht bestanden haben. Weiterhin muss sie oder er die nach Maßgabe der Modulbeschreibung für das Modul erforderlichen Leistungs- bzw. Teilnahmenachweise erbracht haben. Hängt die Zulassung zu einer Modulprüfung oder Modulteilprüfung vom Vorliegen von Studienleistungen ab und sind diese noch nicht vollständig erbracht worden, ist eine Zulassung zu einer Modulprüfung oder Modulteilprüfung unter Vorbehalt möglich. Das Modul ist erst dann bestanden, wenn sämtliche Studienleistungen sowie Modulprüfungen oder alle Modulteilprüfungen des Moduls bestanden sind. Beurlaubte Studierende können keine Prüfungen ablegen oder Leistungsnachweise erwerben. Zulässig ist aber die Wiederholung nicht bestandener Prüfungen während der Beurlaubung. Studierende sind auch berechtigt, Studien- und Prüfungsleistungen während einer Beurlaubung zu erbringen, wenn die Beurlaubung wegen Mutterschutz oder wegen der Inanspruchnahme von Elternzeit oder wegen der Pflege von nach ärztlichem Zeugnis pflegebedürftigen Angehörigen oder wegen der Erfüllung einer Dienstpflicht nach Art. 12 a des Grundgesetzes oder wegen der Mitwirkung als ernannte oder gewählte Vertreterin oder ernannter oder gewählter Vertreter in der akademischen Selbstverwaltung erfolgt ist.

(7) Die oder der Studierende kann bis einen Tag vor dem Prüfungstermin die Prüfungsanmeldung ohne Angabe von Gründen zurückziehen. Bei einem späteren Rücktritt gilt § 23 Abs. 1.

### **§ 23 Versäumnis und Rücktritt von Modulprüfungen (RO: § 26)**

(1) Eine Modulprüfungsleistung gilt als „nicht ausreichend“ (5,0) gemäß § 36 Abs. 3, wenn die oder der Studierende einen für sie oder ihn verbindlichen Prüfungstermin ohne wichtigen Grund versäumt oder vor Beendigung der Prüfung die Teilnahme abgebrochen hat. Dasselbe gilt, wenn sie oder er eine schriftliche Modulprüfungsleistung nicht innerhalb der vorgegebenen Bearbeitungszeit erbracht oder als Modulprüfungsleistung in einer schriftlichen Aufsichtsarbeit ein leeres Blatt abgegeben oder in einer mündlichen Prüfung geschwiegen hat.

(2) Ein für das Versäumnis oder den Abbruch der Prüfung geltend gemachter Grund muss der Vorsitzenden oder dem Vorsitzenden des Prüfungsausschusses unverzüglich nach Bekanntwerden des Grundes schriftlich angezeigt und glaubhaft gemacht werden. Eine während der Erbringung einer Prüfungsleistung eintretende Prüfungsunfähigkeit muss unverzüglich bei der Prüferin oder dem Prüfer oder der Prüfungsaufsicht geltend gemacht werden. Die Verpflichtung zur unverzüglichen Anzeige und Glaubhaftmachung der Gründe gegenüber dem Prüfungsausschuss bleibt hiervon unberührt. Im Krankheitsfall ist unverzüglich, jedenfalls innerhalb von drei Werktagen, ein ärztliches Attest und eine Bescheinigung über die Prüfungsunfähigkeit durch den Haus-/Facharzt vorzulegen, aus der hervorgeht, für welche Art von Prüfung (schriftliche Prüfung, mündliche Prüfung, länger andauernde Prüfungen, andere Prüfungsformen) aus medizinischer Sicht die Prüfungsunfähigkeit für den betreffenden Prüfungstermin besteht. Der oder die Vorsitzende des Prüfungsausschusses entscheidet auf der Grundlage des in Anlage 11 der Rahmenordnung beigefügten Formulars über die Prüfungsunfähigkeit. Bei begründeten Zweifeln ist zusätzlich ein amtsärztliches Attest vorzulegen.

(3) Die Krankheit eines von der oder dem Studierenden zu versorgenden Kindes, das das 14. Lebensjahr noch nicht vollendet hat, oder eines pflegebedürftigen nahen Angehörigen (Kinder, Eltern, Großeltern, Ehe- oder Lebenspartner) steht eigener Krankheit gleich. Als wichtiger Grund gilt auch die Inanspruchnahme von Mutterschutz.

(4) Über die Anerkennung des Säumnis- oder Rücktrittsgrundes entscheidet die oder der Vorsitzende des Prüfungsausschusses. Bei Anerkennung des Grundes wird unverzüglich ein neuer Termin bestimmt.

(5) Bei anerkanntem Rücktritt oder Versäumnis bleiben die Prüfungsergebnisse in bereits abgelegten Teilen des Moduls bestehen.

#### **§ 24 Studien- und Prüfungsleistungen bei Krankheit und Behinderung; besondere Lebenslagen (RO: § 27)**

(1) In Veranstaltungen und Prüfungen ist Rücksicht zu nehmen auf Art und Schwere einer Behinderung oder einer chronischen Erkrankung der oder des Studierenden, oder auf Belastungen durch Schwangerschaft oder die Erziehung von Kindern oder die Betreuung von pflegebedürftigen nahen Angehörigen.

(2) Die Art und Schwere der Belastung ist durch die oder den Studierenden rechtzeitig gegenüber der oder dem Vorsitzenden des Prüfungsausschusses durch Vorlage geeigneter Unterlagen, bei Krankheit durch Vorlage eines ärztlichen Attestes, nachzuweisen. In Zweifelsfällen kann auch ein amtsärztliches Attest verlangt werden.

(3) Macht die oder der Studierende glaubhaft, dass sie oder er wegen einer Behinderung, einer chronischen Erkrankung, der Betreuung einer oder eines pflegebedürftigen nahen Angehörigen, einer Schwangerschaft oder der Erziehung eines Kindes, welches das 14. Lebensjahr noch nicht vollendet hat, nicht in der Lage ist, die Prüfungs- oder Studienleistung ganz oder teilweise in der vorgesehenen Form abzulegen, so ist dieser Nachteil durch entsprechende Maßnahmen, wie zum Beispiel eine Verlängerung der Bearbeitungszeit oder eine andere Gestaltung des Prüfungsverfahrens auszugleichen. Die Inanspruchnahme der gesetzlichen Mutterschutzfristen und der Fristen der Elternzeit ist bei entsprechendem Nachweis zu ermöglichen.

(4) Entscheidungen über den Nachteilsausgleich bei der Erbringung von Prüfungsleistungen trifft die oder der Vorsitzende des Prüfungsausschusses, bei Studienleistungen die oder der Vorsitzende des Prüfungsausschusses im Einvernehmen mit der oder dem Veranstaltungsverantwortlichen.

#### **§ 25 Verpflichtende Studienfachberatung; zeitliche Vorgaben für das Ablegen der Prüfungen (RO: § 28)**

(1) In den ersten beiden Semestern müssen insgesamt mindestens 26 CP erreicht sein. Bei Studierenden im Teilzeitstudium verlängert sich die Frist entsprechend, wobei Semester im Teilzeitstudium als halbe Fachsemes-

ter gezählt werden. Studierende, welche nicht nach Abschluss des zweiten Semesters die geforderte CP-Anzahl erreicht haben, werden durch das Prüfungsamt aufgefordert, die Studienfachberatung aufzusuchen. Nach dem verpflichtenden Beratungsgespräch erteilt der Prüfungsausschuss der oder dem Betroffenen die Auflage, die zum Zeitpunkt der Auflagenerteilung im Verhältnis zum Studienplan noch ausstehenden Modulprüfungen innerhalb einer vom Prüfungsausschuss zu bestimmenden Frist (mindestens zwei Semester) zu erbringen. Die Nichterfüllung der Auflage hat den Verlust des Prüfungsanspruches im Bachelorstudiengang Physik zur Folge. Hierauf ist bei der Auflagenerteilung hinzuweisen. Sofern die oder der Betroffene gemäß Abs. 2 rechtzeitig glaubhaft macht, aus wichtigem Grund an der Aufлагenerfüllung gehindert gewesen zu sein, verlängert der Prüfungsausschuss die Frist für die Erfüllung der Auflage um mindestens ein weiteres Semester. Im Falle des erstmaligen Nichterscheins zum Beratungsgespräch wird zeitnah erneut zum Beratungsgespräch geladen. Bleibt die oder der Studierende dem Beratungsgespräch erneut fern, finden die Sätze 4 bis 6 Anwendung, ohne dass erneut zu einem Beratungsgespräch eingeladen wird.

(2) Die für die Erreichung der geforderten CP-Anzahl nach Abs. 1 gesetzte Frist ist auf Antrag der oder des Studierenden zu verlängern, wenn die Verzögerung von der Johann Wolfgang Goethe-Universität zu vertreten ist oder die oder der Studierende infolge schwerwiegender Umstände nicht in der Lage war, die Frist einzuhalten. Bei der Einhaltung von Fristen werden Verlängerungen und Unterbrechungen von Studienzeiten nicht berücksichtigt, soweit sie

- durch genehmigte Urlaubssemester;
- durch Mitwirkung als ernannte oder gewählte Vertreterin oder ernannter oder gewählter Vertreter in der akademischen oder studentischen Selbstverwaltung;
- durch Krankheit, eine Behinderung oder chronische Erkrankung oder aus einem anderen von der oder dem Studierenden nicht zu vertretenden Grund;
- durch Mutterschutz oder Elternzeit;
- durch die notwendige Betreuung eines Kindes bis zum vollendeten 14. Lebensjahr oder der Pflege einer oder eines nahen Angehörigen (Eltern, Großeltern, Ehe- und Lebenspartner) mit Zuordnung zu einer Pflegestufe nach § 15 Abs. 1 des Elften Buches Sozialgesetzbuch;
- durch Angehörigkeit zu einem A-, B-, C- oder D/C-Kader der Spitzensportverbände

bedingt waren. Im Falle der Nummer 4 ist mindestens die Inanspruchnahme der Fristen entsprechend § 3 Abs. 2 und § 6 Abs. 1 des Mutterschutzgesetzes (MuSchG) und sind die Regelungen zur Elternzeit in §§ 15 und 16 des Bundeselterngeld- und Elternzeitgesetzes (BEEG) entsprechend zu berücksichtigen. Ferner bleibt ein ordnungsgemäßes Auslandsstudium von bis zu zwei Semestern unberücksichtigt. Der Antrag soll zu dem Zeitpunkt gestellt werden, an dem die oder der Studierende erkennt, dass eine Fristverlängerung erforderlich wird. Der Antrag ist grundsätzlich vor Ablauf der Frist zu stellen. Die Pflicht zur Erbringung der Nachweise obliegt der oder dem Studierenden; sie sind zusammen mit dem Antrag einzureichen. Bei Krankheit ist ein ärztliches Attest vorzulegen. § 23 Abs. 2 Satz 4 gilt entsprechend. In Zweifelsfällen kann ein amtsärztliches Attest verlangt werden. Über den Antrag auf Verlängerung der Frist entscheidet der Prüfungsausschuss.

## **§ 26 Täuschung und Ordnungsverstoß (RO: § 29)**

(1) Versucht die oder der Studierende das Ergebnis ihrer oder seiner Prüfungs- oder Studienleistung durch Täuschung oder durch Benutzung nicht zugelassener Hilfsmittel zu beeinflussen, gilt die Prüfungs- oder Studienleistung mit „nicht ausreichend“ (5,0) gewertet. Der Versuch einer Täuschung liegt insbesondere auch dann vor, wenn die oder der Studierende nicht zugelassene Hilfsmittel in den Prüfungsraum mitführt oder eine falsche Erklärung nach § 14 Abs. 7, § 30 Abs. 8, § 33 Abs. 5 oder § 35 Abs. 15 abgegeben hat oder wenn sie

oder er ein und dieselbe Arbeit (oder Teile davon) mehr als einmal als Prüfungs- oder Studienleistung eingereicht hat.

(2) Eine Studierende oder ein Studierender, die oder der aktiv an einem Täuschungsversuch mitwirkt, kann von der jeweiligen Prüferin oder dem jeweiligen Prüfer beziehungsweise von der Aufsichtsführenden oder dem Aufsichtsführenden von der Fortsetzung der jeweiligen Prüfung ausgeschlossen werden; in diesem Fall gilt die betreffende Prüfungs- oder Studienleistung als mit „nicht ausreichend“ (5,0) gewertet.

(3) Beim Vorliegen einer besonders schweren Täuschung, insbesondere bei wiederholter Täuschung oder einer Täuschung unter Beifügung einer schriftlichen Erklärung der oder des Studierenden über die selbstständige Anfertigung der Arbeit ohne unerlaubte Hilfsmittel, kann der Prüfungsausschuss den Ausschluss von der Wiederholung der Prüfung und der Erbringung weiterer Studienleistungen beschließen, so dass der Prüfungsanspruch im Bachelorstudiengang Physik erlischt. Die Schwere der Täuschung ist anhand der von der Studierenden oder dem Studierenden aufgewandten Täuschungsenergie, wie organisiertes Zusammenwirken oder Verwendung technischer Hilfsmittel, wie Funkgeräte und Mobiltelefone und der durch die Täuschung verursachten Beeinträchtigung der Chancengleichheit zu werten.

(4) Eine Studierende oder ein Studierender, die oder der den ordnungsgemäßen Ablauf der Prüfung stört, kann von der jeweiligen Prüferin oder dem jeweiligen Prüfer oder von der oder dem Aufsichtsführenden in der Regel nach einer Abmahnung von der Fortsetzung der Prüfungsleistung ausgeschlossen werden; in diesem Fall gilt die betreffende Prüfungsleistung als mit „nicht ausreichend“ (5,0) gewertet. Abs. 3 Satz 1 findet entsprechende Anwendung.

(5) Hat eine Studierende oder ein Studierender durch schuldhaftes Verhalten die Teilnahme an einer Prüfung zu Unrecht herbeigeführt, kann der Prüfungsausschuss entscheiden, dass die betreffende Prüfungsleistung als nicht bestanden („nicht ausreichend“ (5,0)) gilt.

(6) Die oder der Studierende kann innerhalb einer Frist von vier Wochen schriftlich verlangen, dass Entscheidungen nach Absätzen 1 bis 5 vom Prüfungsausschuss überprüft werden.

(7) Belastende Entscheidungen des Prüfungsausschusses sind der oder dem Studierenden unverzüglich schriftlich mitzuteilen, zu begründen und mit einer Rechtsbehelfsbelehrung zu versehen.

(8) Für Hausarbeiten, schriftliche Referate und die Bachelorarbeit gelten die fachspezifisch festgelegten Zitierregeln für das Anfertigen wissenschaftlicher Arbeiten. Bei Nichtbeachtung ist ein Täuschungsversuch zu prüfen.

(9) Um einen Verdacht wissenschaftlichen Fehlverhaltens überprüfen zu können, kann der Prüfungsausschuss beschließen, dass nicht unter Aufsicht zu erbringende schriftliche Prüfungs- und/oder Studienleistungen auch in elektronischer Form eingereicht werden müssen.

### **§ 27 Mängel im Prüfungsverfahren (RO: § 30)**

(1) Erweist sich, dass das Verfahren einer mündlichen oder einer schriftlichen Prüfungsleistung mit Mängeln behaftet war, die das Prüfungsergebnis beeinflusst haben, wird auf Antrag einer oder eines Studierenden oder von Amts wegen durch den Prüfungsausschuss angeordnet, dass von einer oder einem bestimmten Studierenden die Prüfungsleistung wiederholt wird. Die Mängel müssen bei einer schriftlichen Prüfungsleistung noch während der Prüfungssituation gegenüber der Aufsicht und bei mündlichen Prüfungen unverzüglich nach der Prüfung bei der beziehungsweise dem Vorsitzenden des Prüfungsausschusses beziehungsweise bei der Prüferin beziehungsweise dem Prüfer gerügt werden. Hält die oder der Studierende bei einer schriftlichen Prüfungsleistung die von der Aufsicht getroffenen Abhilfemaßnahmen nicht für ausreichend, muss sie oder er die Rüge unverzüglich nach der Prüfung bei der beziehungsweise dem Vorsitzenden des Prüfungsausschusses geltend machen.

(2) Sechs Monate nach Abschluss der Prüfungsleistung dürfen von Amts wegen Anordnungen nach Abs. 1 nicht mehr getroffen werden.

## **§ 28 Anerkennung und Anrechnung von Leistungen (RO: § 31)**

(1) Studienzeiten, Studienleistungen und Prüfungsleistungen werden ohne Gleichwertigkeitsprüfung angerechnet, wenn sie an einer Hochschule in Deutschland in dem gleichen Studiengang erbracht wurden, der Studiengang akkreditiert ist und bei den Modulen hinsichtlich der erreichten Qualifikationsziele keine wesentlichen Unterschiede bestehen. Kann der Prüfungsausschuss einen wesentlichen Unterschied nicht nachweisen, sind die Studienzeiten, Studienleistungen und Prüfungsleistungen anzurechnen.

(2) Studienzeiten, Studienleistungen und Prüfungsleistungen aus anderen Studiengängen werden angerechnet, sofern keine wesentlichen Unterschiede hinsichtlich der erworbenen Kompetenzen bestehen. Bei dieser Anrechnung ist kein schematischer Vergleich, sondern eine Gesamtbetrachtung und Gesamtbewertung von Inhalt, Umfang und Anforderungen der Studien- und Prüfungsleistungen unter besonderer Berücksichtigung der erreichten Qualifikationsziele vorzunehmen. Die Beweislast für die fehlende Gleichwertigkeit trägt der Prüfungsausschuss. Abs.1 Satz 2 gilt entsprechend.

(3) Abs. 2 findet entsprechende Anwendung für die Anerkennung von Studienzeiten, Studienleistungen und Prüfungsleistungen in staatlich anerkannten Fernstudien, an anderen Bildungseinrichtungen, insbesondere an staatlichen oder staatlich anerkannten Berufsakademien, für multimedial gestützte Studien- und Prüfungsleistungen sowie für von Schülerinnen und Schülern auf der Grundlage von § 54 Abs. 5 HHG erbrachte Studien- und Prüfungsleistungen.

(4) Für die Anrechnung von Leistungen, die an ausländischen Hochschulen erbracht wurden, gilt Abs. 2 ebenfalls entsprechend. Bei der Anrechnung sind die von der Kultusministerkonferenz und der Hochschulrektorenkonferenz gebilligten Äquivalenzvereinbarungen sowie Absprachen im Rahmen von Hochschulpartnerschaftsverträgen zu beachten. Soweit Äquivalenzvereinbarungen nicht vorliegen, entscheidet der Prüfungsausschuss. Bei Zweifeln an der Gleichwertigkeit ist die Zentralstelle für ausländisches Bildungswesen zu hören.

(5) Bei obligatorischem oder empfohlenem Auslandsstudium soll die oder der Studierende vor Beginn des Auslandsstudiums mit der oder dem Vorsitzenden des Prüfungsausschusses oder einer oder einem hierzu Beauftragten ein Gespräch über die Anerkennungsfähigkeit von Studien- und Prüfungsleistungen führen.

(6) Abschlussarbeiten (z.B. Bachelorarbeiten, Staatsexamensarbeiten), welche Studierende außerhalb des Bachelorstudiengangs Physik der Johann Wolfgang Goethe-Universität bereits erfolgreich erbracht haben, werden nicht angerechnet. Weiterhin ist eine mehrfache Anrechnung ein- und derselben Leistung im Bachelorstudiengang Physik nicht möglich.

(7) Werden Prüfungsleistungen angerechnet, sind die Noten – soweit die Notensysteme vergleichbar sind – zu übernehmen und in die Berechnung der Gesamtnote einzubeziehen. Bei unvergleichbaren Notensystemen wird der Vermerk „bestanden“ aufgenommen. Angerechnete Leistungen werden in der Regel mit Angabe der Hochschule, in der sie erworben wurden, im Abschlussdokument gekennzeichnet.

(8) Die Antragstellerin oder der Antragsteller legt dem Prüfungsausschuss alle für die Anrechnung beziehungsweise Anerkennung erforderlichen Unterlagen vor, aus denen die Bewertung, die CP und die Zeitpunkte sämtlicher Prüfungsleistungen hervorgehen, denen sie oder er sich in einem anderen Studiengang oder an anderen Hochschulen bisher unterzogen hat. Aus den Unterlagen muss sich auch ergeben, welche Prüfungen und Studienleistungen nicht bestanden oder wiederholt wurden. Der Prüfungsausschuss kann die Vorlage weiterer Unterlagen, wie die rechtlich verbindlichen Modulbeschreibungen der anzuerkennenden Module, verlangen.

(9) Fehlversuche in anderen Studiengängen oder in Studiengängen an anderen Hochschulen werden angerechnet, sofern sie im Falle ihres Bestehens angerechnet worden wären.

(10) Die Anrechnung und Anerkennung von Prüfungsleistungen, die vor mehr als fünf Jahren erbracht wurden, kann in Einzelfällen abgelehnt werden; die Entscheidung kann mit der Erteilung von Auflagen verbunden werden. Bei Vorliegen der Voraussetzungen der Absätze 1 bis 4 i.V. mit Abs. 8 besteht ein Rechtsanspruch auf Anrechnung. Satz 1 und die Absätze 6 und 9 bleiben unberührt.

(11) Entscheidungen mit Allgemeingültigkeit zu Fragen der Anrechnung trifft der Prüfungsausschuss; die Anrechnung im Einzelfall erfolgt durch dessen Vorsitzende oder dessen Vorsitzenden, falls erforderlich unter Heranziehung einer Fachprüferin oder eines Fachprüfers. Unter Berücksichtigung der Anrechnung setzt sie oder er ein Fachsemester fest.

(12) Soweit Anrechnungen von Studien- oder Prüfungsleistungen erfolgen, die nicht mit CP versehen sind, sind entsprechende Äquivalente zu errechnen und auf dem Studienkonto entsprechend zu vermerken.

(13) Sofern Anrechnungen vorgenommen werden, können diese mit Auflagen zu nachzuholenden Studien- oder Prüfungsleistungen verbunden werden. Auflagen und eventuelle Fristen zur Auflagenerfüllung sind der Antragstellerin oder dem Antragsteller schriftlich mitzuteilen. Die Mitteilung ist mit einer Rechtsbehelfsbelehrung zu versehen.

### **§ 29 Anrechnung von außerhalb einer Hochschule erworbenen Kompetenzen (RO: § 32)**

Für Kenntnisse und Fähigkeiten, die vor Studienbeginn oder während des Studiums außerhalb einer Hochschule erworben wurden und die in Niveau und Lernergebnis Modulen des Studiums äquivalent sind, können die CP der entsprechenden Module auf Antrag angerechnet werden. Dies gilt insbesondere für das Modul VPROG. Die Anrechnung erfolgt individuell durch den Prüfungsausschuss auf Vorschlag der oder des Modulverantwortlichen. Voraussetzung sind schriftliche Nachweise (z.B. Zeugnisse, Zertifikate) über den Umfang, Inhalt und die erbrachten Leistungen. Insgesamt dürfen nicht mehr als 50 % der im Studiengang erforderlichen CP durch Anrechnung ersetzt werden. Die Anrechnung der CP erfolgt ohne Note. Dies wird im Zeugnis entsprechend ausgewiesen.

## **Abschnitt VI: Durchführungen der Modulprüfungen**

### **§ 30 Modulprüfungen (RO: § 33)**

(1) Modulprüfungen werden studienbegleitend erbracht. Mit ihnen wird das jeweilige Modul abgeschlossen. Sie sind Prüfungsereignisse, welche begrenzt wiederholbar sind und in der Regel mit Noten bewertet werden.

(2) Module schließen in der Regel mit einer einzigen Modulprüfung ab, welche auch im zeitlichen Zusammenhang zu einer der Lehrveranstaltungen des Moduls durchgeführt werden kann (veranstaltungsbezogene Modulprüfung).

(3) Durch die Modulprüfung soll die oder der Studierende nachweisen, dass sie oder er die Inhalte und Methoden des Moduls in den wesentlichen Zusammenhängen beherrscht und die erworbenen Kenntnisse und Fähigkeiten anwenden kann. Gegenstand der Modulprüfungen sind grundsätzlich die in den Modulbeschreibungen festgelegten Inhalte der Lehrveranstaltungen des jeweiligen Moduls. Bei veranstaltungsbezogenen Modulprüfungen werden die übergeordneten Qualifikationsziele des Moduls mit geprüft.

(4) Bei kumulativen Modulprüfungen ist für das Bestehen des Moduls das Bestehen sämtlicher Modulteilprüfungen notwendig.

(5) Die jeweilige Prüfungsform für die Modulprüfung oder Modulteilprüfung ergibt sich aus der Modulbeschreibung. Schriftliche Prüfungen erfolgen in der Form von:

- Klausuren;



- Hausarbeiten;
- Projektarbeiten.

Mündliche Prüfungen erfolgen in der Form von:

- Einzelprüfungen.

Weitere Prüfungsformen sind:

- Seminarvorträge;
- Referate;
- Präsentationen.

(6) Die Form und Dauer der Modulprüfungen und gegebenenfalls der Modulteilprüfungen sind in den Modulbeschreibungen geregelt. Sind in der Modulbeschreibung mehrere Varianten von Prüfungsformen vorgesehen, wird die Prüfungsform des jeweiligen Prüfungstermins von der oder dem Prüfenden festgelegt und den Studierenden zu Beginn der Lehrveranstaltungen des Moduls, spätestens aber bei der Bekanntgabe des Prüfungstermins, mitgeteilt.

(7) Prüfungssprache ist Deutsch. Einzelne schriftliche oder mündliche Prüfungen können im gegenseitigen Einvernehmen aller an der Prüfung Beteiligten in einer Fremdsprache abgenommen werden. Näheres regelt die Modulbeschreibung.

(8) Ohne Aufsicht angefertigte schriftliche Arbeiten (beispielsweise Hausarbeiten) sind von der oder dem Studierenden nach den Regeln guter wissenschaftlicher Praxis anzufertigen. Die oder der Studierende hat bei der Abgabe der Arbeit schriftlich zu versichern, dass sie oder er diese selbstständig verfasst und alle von ihr oder ihm benutzten Quellen und Hilfsmittel in der Arbeit angegeben hat. Ferner ist zu erklären, dass die Arbeit noch nicht – auch nicht auszugsweise – in einem anderen Studiengang als Studien- oder Prüfungsleistung verwendet wurde.

(9) Teilnehmerinnen und Teilnehmer an Modulprüfungen müssen sich durch Vorlage eines amtlichen Lichtbildausweises oder der Goethecard ausweisen können.

(10) Die Prüferin oder der Prüfer entscheidet darüber, ob und welche Hilfsmittel bei einer Modulprüfung benutzt werden dürfen. Die zugelassenen Hilfsmittel sind rechtzeitig vor der Prüfung bekannt zu geben.

### **§ 31 Mündliche Prüfungsleistungen (RO: § 34)**

(1) Mündliche Prüfungen werden von der oder dem Prüfenden in Gegenwart einer oder eines Beisitzenden als Einzelprüfung abgehalten.

(2) Die Dauer der mündlichen Prüfungen liegt zwischen mindestens 15 Minuten und höchstens 60 Minuten pro zu prüfender Studierender oder zu prüfendem Studierenden. Die Dauer der jeweiligen Modulprüfung ergibt sich aus der Modulbeschreibung.

(3) Die wesentlichen Gegenstände und Ergebnisse der mündlichen Prüfung sind von der oder dem Beisitzenden in einem Protokoll festzuhalten. Das Prüfungsprotokoll ist von der Prüferin oder dem Prüfer und der oder dem Beisitzenden zu unterzeichnen. Vor der Festsetzung der Note ist die oder der Beisitzende unter Ausschluss des Prüflings sowie der Öffentlichkeit zu hören. Das Protokoll ist dem Prüfungsamt unverzüglich zuzuleiten.

(4) Das Ergebnis der mündlichen Prüfung ist der oder dem Studierenden im Anschluss an die mündliche Prüfung bekannt zu geben und bei Nichtbestehen oder auf unverzüglich geäußerten Wunsch näher zu begründen; die gegebene Begründung ist in das Protokoll aufzunehmen.

(5) Mündliche Prüfungen sind für Studierende, die die gleiche Prüfung ablegen sollen, hochschulöffentlich. Die oder der zu prüfende Studierende kann der Zulassung der Öffentlichkeit widersprechen. Die Zulassung der Öffentlichkeit erstreckt sich nicht auf die Beratung und Bekanntgabe des Prüfungsergebnisses an die oder den zu prüfenden Studierenden. Sie kann darüber hinaus aus Kapazitätsgründen begrenzt werden. Zur Überprüfung der in Satz 1 genannten Gründe kann die oder der Vorsitzende des Prüfungsausschusses entsprechende Nachweise verlangen.

### **§ 32 Klausurarbeiten (RO: § 35)**

(1) Klausurarbeiten beinhalten die Beantwortung einer Aufgabenstellung oder mehrerer Aufgabenstellungen oder Fragen. In einer Klausurarbeit soll die oder der Studierende nachweisen, dass sie oder er eigenständig in begrenzter Zeit und unter Aufsicht mit begrenzten Hilfsmitteln Aufgaben lösen und auf Basis des notwendigen Grundlagenwissens beziehungsweise unter Anwendung der geläufigen Methoden des Faches ein Problem erkennen und Wege zu einer Lösung finden kann.

(2) „Multiple-Choice“-Fragen dürfen bei Klausuren bis zu 25 % der zu erreichenden Gesamtpunktzahl ausmachen.

(3) Für Klausuren, bei denen mehr als 25 % der zu erreichenden Gesamtpunkte durch „Multiple-Choice“-Fragen zu erlangen sind, sind bei der Erstellung des Fragenkatalogs und der Bewertung der Klausuren folgende Regelungen zu beachten:

- Die Prüfungsfragen müssen zuverlässige Prüfungsergebnisse ermöglichen. Die Prüfungsfragen müssen zweifelsfrei verstehbar, eindeutig beantwortbar und dazu geeignet sein, den zu überprüfenden Kenntnis- und Wissensstand der Studierenden eindeutig festzustellen. Insbesondere darf neben derjenigen Lösung, die in der Bewertung als richtig vorgegeben worden ist, nicht auch eine andere Lösung vertretbar sein. Der Prüfungsausschuss hat dies durch ein geeignetes Verfahren sicherzustellen;
- Erweisen sich die Aufgaben in diesem Sinne als ungeeignet, müssen sie von der Bewertung ausgeschlossen werden. Entsprechen Antworten nicht dem vorgegebenen Lösungsmuster, sind aber dennoch vertretbar, werden sie zu Gunsten der oder des Studierenden anerkannt. Maluspunkte für falsche Antworten sind unzulässig;
- Der Fragen- und Antwortkatalog ist von mindestens zwei Prüfungsberechtigten zu entwerfen, wobei eine oder einer der Gruppe der Professorinnen und Professoren angehören muss;
- Den Studierenden sind die Bestehensvoraussetzungen und das Bewertungsschema für die Klausur spätestens mit der Aufgabenstellung bekannt zu geben.

Eine Klausur, die mehr als 25 % „Multiple-Choice“-Fragen enthält, ist bestanden, wenn die oder der Studierende mindestens 50 % (Bestehensgrenze) der gestellten Prüfungsfragen zutreffend beantwortet hat oder wenn die Zahl der von der Studierenden oder dem Studierenden zutreffend beantworteten Fragen die durchschnittliche Prüfungsleistung aller Prüfungsteilnehmerinnen und Prüfungsteilnehmer um nicht mehr als 22 % unterschreitet, die erstmals an der Prüfung teilgenommen haben.

Klausuren, bei denen mehr als 25 % der zu erreichenden Gesamtpunkte durch „Multiple-Choice“-Fragen zu erlangen sind, bedürfen der Zustimmung des Prüfungsausschusses.

(4) Erscheint die oder der Studierende verspätet zur Klausur, so kann sie oder er die versäumte Zeit nicht nachholen. Der Prüfungsraum kann nur mit Erlaubnis der aufsichtführenden Person verlassen werden.

(5) Die eine Klausur beaufsichtigende Person hat über jede Klausur ein Kurzprotokoll zu fertigen. In diesem sind alle Vorkommnisse einzutragen, welche für die Feststellung des Prüfungsergebnisses von Belang sind, insbesondere Vorkommnisse nach § 23 und § 26.

(6) Die Bearbeitungszeit für die Klausurarbeiten soll sich am Umfang des zu prüfenden Moduls beziehungsweise im Fall von Modulteilprüfungen am Umfang des zu prüfenden Modulteils orientieren. Sie beträgt für Klausurarbeiten mindestens 45 Minuten und höchstens 120 Minuten. Die konkrete Dauer ist in den jeweiligen Modulbeschreibungen festgelegt.

(7) Die Klausurarbeiten werden in der Regel von einer oder einem Prüfenden bewertet. Sie sind im Falle des Nichtbestehens ihrer letztmaligen Wiederholung von einer zweiten Prüferin oder einem zweiten Prüfer zu bewerten. Die Bewertung ist schriftlich zu begründen. Bei Abweichung der Noten errechnet sich die Note der Klausurarbeit aus dem Durchschnitt der beiden Noten. Das Bewertungsverfahren der Klausuren soll vier Wochen nicht überschreiten.

(8) Multimedial gestützte Prüfungsklausuren („e-Klausuren“) sind zulässig, sofern sie dazu geeignet sind, den Prüfungszweck zu erfüllen. Sie dürfen ausschließlich unter Einsatz von in der Verwaltung der Universität stehender oder vom zuständigen Prüfungsamt im Einvernehmen mit dem HRZ für diesen Zweck freigegebener DV-Systeme erbracht werden. Dabei ist die eindeutige Identifizierbarkeit der elektronischen Daten zu gewährleisten. Die Daten müssen unverwechselbar und dauerhaft den Prüflingen zugeordnet werden können. Die Prüfung ist in Anwesenheit einer fachlich sachkundigen Protokollführerin oder eines fachlich sachkundigen Protokollführers durchzuführen. Über den Prüfungsverlauf ist eine Niederschrift anzufertigen, in die mindestens die Namen der Protokollführerin oder des Protokollführers sowie der Prüflinge, Beginn und Ende der Prüfung sowie eventuelle besondere Vorkommnisse aufzunehmen sind. Für die Einsichtnahme in die multimedial gestützte Prüfung sowie in die Prüfungsergebnisse gilt § 46. Die Aufgabenstellung einschließlich einer Musterlösung, das Bewertungsschema, die einzelnen Prüfungsergebnisse sowie die Niederschrift sind gemäß den gesetzlichen Bestimmungen zu archivieren.

### **§ 33 Hausarbeiten und sonstige schriftliche Ausarbeitungen (RO: § 36)**

(1) Mit einer schriftlichen Hausarbeit soll die oder der Studierende zeigen, dass sie oder er in der Lage ist, ein Problem aus einem Fachgebiet selbstständig nach wissenschaftlichen Methoden zu bearbeiten. Sie muss Bestandteil eines Moduls sein.

(2) Eine Hausarbeit kann als Gruppenarbeit zugelassen werden, wenn der als Prüfungsleistung zu bewertende Beitrag der Einzelnen aufgrund objektiver Kriterien erkennbar ist.

(3) Der oder dem Studierenden kann Gelegenheit gegeben werden, ein Thema vorzuschlagen. Die Ausgabe des Themas erfolgt durch die oder den Prüfenden, die oder der die Bearbeitungsdauer der Hausarbeit dokumentiert.

(4) Hausarbeiten sollen mindestens zwei und längstens vier Wochen Bearbeitungszeit (Vollzeit, d.h. 2 bis 5 CP Workload) umfassen. Die jeweilige Bearbeitungsdauer ist in der Modulbeschreibung festgelegt. Die Abgabefristen für die Hausarbeiten werden von den Prüfenden festgelegt und dokumentiert.

(5) Die Hausarbeit ist innerhalb der festgelegten Bearbeitungsfrist in einfacher Ausfertigung mit einer Erklärung gemäß § 30 Abs. 8 versehen, bei der Prüferin oder dem Prüfer einzureichen; im Falle des Postwegs ist der Poststempel entscheidend. Die Abgabe der Hausarbeit ist durch die oder den Prüfenden aktenkundig zu machen.

(6) Die Bewertung der Hausarbeit durch die Prüferin oder den Prüfer soll binnen sechs Wochen nach Einreichung erfolgt sein; die Beurteilung ist schriftlich zu begründen. Im Übrigen findet § 32 Abs. 7 entsprechende Anwendung.

(7) Eine Studierende oder ein Studierender, deren oder dessen Hausarbeit mit „nicht ausreichend“ (5,0) bewertet worden ist, kann bei der oder dem Prüfenden die Nachbesserung der Hausarbeit beantragen. Dies gilt nicht, wenn die Bewertung mit „nicht ausreichend“ (5,0) auf § 23 oder auf § 26 beruht. Die oder der Prüfer

setzt eine Frist für die Nachbesserung der Hausarbeit. Bei der Entscheidung über die nachgebesserte Hausarbeit wird lediglich darüber entschieden, ob die Hausarbeit mit der Note 4,0 oder schlechter bewertet wird. Wird die Frist für die Abgabe der nachgebesserten Hausarbeit nicht eingehalten, wird die Hausarbeit endgültig mit der Note „nicht ausreichend“ (5,0) bewertet.

(8) Für sonstige schriftliche Ausarbeitungen gelten die Absätze 1 bis 6 entsprechend.

### **§ 34 Projektarbeiten (RO: § 38)**

(1) Durch Projektarbeiten soll die Fähigkeit zur Entwicklung, Durchsetzung und Präsentation von Konzepten nachgewiesen werden. Hierbei sollen die Studierenden nachweisen, dass sie an einer größeren Aufgabe Ziele definieren sowie Lösungsansätze und Konzepte erarbeiten können.

(2) Die Dauer der Projektarbeiten ist in der Modulbeschreibung geregelt.

(3) Bei einer in Form einer Teamarbeit erbrachten Projektarbeit muss der Beitrag der oder des einzelnen Studierenden deutlich erkennbar und bewertbar sein und die Anforderungen nach Abs. 1 erfüllen.

### **§ 35 Bachelorarbeit (RO: § 40)**

(1) Die Bachelorarbeit ist obligatorischer Bestandteil des Bachelorstudiengangs. Sie bildet ein eigenständiges Modul.

(2) Die Bachelorarbeit ist eine Prüfungsarbeit, die zeigen soll, dass die oder der Studierende dazu in der Lage ist, innerhalb einer vorgegebenen Frist ein Problem aus ihrem oder seinem Fach selbstständig nach wissenschaftlichen Methoden zu bearbeiten.

(3) Der Bearbeitungsumfang der Bachelorarbeit beträgt 12 CP; dies entspricht einer Bearbeitungszeit von 9 Wochen Vollzeitarbeit.

(4) Um die Zulassung zur Bachelorarbeit beantragen zu können, müssen die Module VEX1-3, VTH1-3, VMATH1-3, PEX1 und PEX2 abgeschlossen sein.

(5) Die Betreuung der Bachelorarbeit wird von einer Person aus dem Kreis der Prüfungsberechtigten gemäß § 20 übernommen. Diese hat die Pflicht, die Studierende oder den Studierenden bei der Anfertigung der Bachelorarbeit anzuleiten und sich regelmäßig über den Fortgang der Arbeit zu informieren. Die Betreuerin oder der Betreuer hat sicherzustellen, dass gegebenenfalls die für die Durchführung der Bachelorarbeit erforderliche apparative Ausstattung zur Verfügung steht. Die Betreuerin oder der Betreuer ist in der Regel Erstgutachterin oder Erstgutachter der Bachelorarbeit.

(6) Mit Zustimmung der oder des Vorsitzenden des Prüfungsausschusses kann die Bachelorarbeit auch in einer Einrichtung außerhalb der Johann Wolfgang Goethe-Universität angefertigt werden. In diesem Fall muss das Thema in Absprache mit einem Mitglied der Professorengruppe des Fachbereichs Physik gestellt werden.

(7) Das Thema der Bachelorarbeit ist mit der Betreuerin oder dem Betreuer zu vereinbaren und bei der Anmeldung der Bachelorarbeit der oder dem Vorsitzenden des Prüfungsausschusses mitzuteilen. Findet die Studierende oder der Studierende keine Betreuerin oder keinen Betreuer, so sorgt die oder der Vorsitzende des Prüfungsausschusses auf Antrag der oder des Studierenden dafür, dass diese oder dieser rechtzeitig ein Thema für die Bachelorarbeit und die erforderliche Betreuung erhält.

(8) Die oder der Vorsitzende des Prüfungsausschusses entscheidet über die Zulassung zur Bachelorarbeit.

(9) Die Ausgabe des Themas erfolgt durch die Vorsitzende oder den Vorsitzenden des Prüfungsausschusses. Das Thema muss so beschaffen sein, dass es innerhalb der vorgesehenen Frist bearbeitet werden kann. Der Zeit-

punkt der Ausgabe und das Thema sind beim Prüfungsamt aktenkundig zu machen. Die Bachelorarbeit darf vor der aktenkundigen Ausgabe des Themas nicht bearbeitet werden.

(10) Die Bachelorarbeit ist in deutscher Sprache abzufassen. Mit Zustimmung der oder des Vorsitzenden des Prüfungsausschusses kann sie in einer Fremdsprache angefertigt werden. Für die Anfertigung der Bachelorarbeit in englischer Sprache bedarf es dieser Zustimmung nicht. Die Anfertigung der Bachelorarbeit in einer Fremdsprache (mit Ausnahme Englisch) ist spätestens mit der Anmeldung der Bachelorarbeit beim Prüfungsausschuss zu beantragen. Die Zustimmung zur Anfertigung in der gewählten Fremdsprache wird im Rahmen der Themenvergabe erteilt, sofern mit der Anmeldung der Bachelorarbeit die schriftliche Einverständniserklärung der Betreuerin oder des Betreuers vorliegt und die Möglichkeit zur Bestellung einer Zweitgutachterin oder eines Zweitgutachters mit hinreichender sprachlicher Qualifikation in der gewählten Fremdsprache besteht. Falls die Bachelorarbeit in einer anderen Sprache als Deutsch abgefasst wird, ist ihr eine Zusammenfassung in deutscher Sprache beizufügen.

(11) Das gestellte Thema kann nur einmal und nur innerhalb der ersten Hälfte der Bearbeitungszeit zurückgegeben werden. Das neu gestellte Thema muss sich inhaltlich von dem zurückgegebenen Thema unterscheiden. Wird infolge des Rücktritts gemäß Abs. 12 Satz 3 ein neues Thema für die Bachelorarbeit ausgegeben, so ist die Rückgabe dieses Themas ausgeschlossen.

(12) Kann der Abgabetermin aus von der oder dem Studierenden nicht zu vertretenden Gründen (z.B. Erkrankung der oder des Studierenden beziehungsweise eines von ihr oder ihm zu versorgenden Kindes), nicht eingehalten werden, so verlängert die oder der Vorsitzende des Prüfungsausschusses die Bearbeitungszeit, wenn die oder der Studierende dies vor dem Ablieferungstermin beantragt. Maximal kann eine Verlängerung um 50% der Bearbeitungszeit eingeräumt werden. Dauert die Verhinderung länger, so kann die oder der Studierende von der Prüfungsleistung zurücktreten.

(13) Die Bachelorarbeit ist fristgemäß im Prüfungsamt einzureichen. Der Zeitpunkt des Eingangs ist aktenkundig zu machen. Im Falle des Postwegs ist der Poststempel entscheidend. Wird die Bachelorarbeit nicht fristgemäß abgeliefert, gilt sie als mit „nicht ausreichend“ (5,0) gewertet.

(14) Die Bachelorarbeit ist in drei schriftlichen (gebundenen) Exemplaren und in Form eines pdf-Dokumentes einzureichen. Wird die Bachelorarbeit innerhalb der Abgabefrist nicht in der vorgeschriebenen Form abgegeben, gilt sie als mit „nicht ausreichend“ (5,0) gewertet.

(15) Die Bachelorarbeit ist nach den Regeln der guten wissenschaftlichen Praxis zu verfassen. Insbesondere sind alle Stellen, Bilder und Zeichnungen, die wörtlich oder sinngemäß aus Veröffentlichungen oder aus anderen fremden Texten entnommen wurden, als solche kenntlich zu machen. Die Bachelorarbeit ist mit einer Erklärung der oder des Studierenden zu versehen, dass sie oder er die Arbeit selbstständig und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Quellen und Hilfsmittel verfasst hat. Ferner ist zu erklären, dass die Bachelorarbeit nicht, auch nicht auszugsweise, für eine andere Prüfung oder Studienleistung verwendet worden ist.

(16) Der Prüfungsausschuss leitet die Bachelorarbeit der Betreuerin oder dem Betreuer als Erstgutachterin oder Erstgutachter zur Bewertung gemäß § 36 Abs. 3 zu. Gleichzeitig bestellt er eine weitere Prüferin oder einen weiteren Prüfer aus dem Kreis der Prüfungsberechtigten gemäß § 20 zur Zweitbewertung und leitet ihr oder ihm die Arbeit ebenfalls zur Bewertung zu. Mindestens eine oder einer der Prüfenden soll der Gruppe der Professorinnen und Professoren des Fachbereichs Physik angehören. Die Zweitgutachterin oder der Zweitgutachter kann sich bei Übereinstimmung der Bewertung auf eine Mitzeichnung des Gutachtens der Erstgutachterin oder des Erstgutachters beschränken. Die Bewertung soll von den Prüfenden unverzüglich erfolgen; sie soll spätestens sechs Wochen nach Einreichung der Arbeit vorliegen. Bei unterschiedlicher Bewertung der Bachelorarbeit durch die beiden Prüfenden wird von der oder dem Vorsitzenden des Prüfungsausschusses die Note für die Bachelorarbeit entsprechend § 36 Abs. 5 festgesetzt.

(17) Die Bachelorarbeit wird binnen weiterer zwei Wochen durch eine weitere aus dem Kreis der Prüfungsberechtigten gemäß § 20 zu bestellende Person bewertet, wenn die Beurteilungen der beiden Prüfenden um mehr als 2,0 voneinander abweichen oder eine oder einer der beiden Prüfenden die Bachelorarbeit als „nicht ausreichend“ (5,0) beurteilt hat. Die Note wird in diesem Fall aus den Noten der Erstprüferin oder des Erstprüfers, der Zweitprüferin oder des Zweitprüfers und der dritten Prüferin oder des dritten Prüfers gemäß § 39 Abs. 8 gebildet. Bei Vorliegen der Voraussetzungen des § 23 oder § 26 findet Satz 1 keine Anwendung.

## **Abschnitt VII: Bewertung der Studien- und Prüfungsleistungen; Bildung der Noten und der Gesamtnote; Nichtbestehen der Gesamprüfung**

### **§ 36 Bewertung/Benotung der Studien- und Prüfungsleistungen; Bildung der Noten und der Gesamtnote (RO: § 42)**

(1) Studienleistungen werden nach Maßgabe der Modulbeschreibung und Abs. 3 benotet, gehen aber nicht in die Gesamtnote der Bachelorprüfung ein.

(2) Prüfungsleistungen werden in der Regel benotet und ausnahmsweise nach Maßgabe der Modulbeschreibung mit „bestanden“ oder „nicht bestanden“ bewertet. Die Benotung beziehungsweise Bewertung der Prüfungsleistungen wird von den jeweiligen Prüferinnen und Prüfern vorgenommen. Dabei ist stets die individuelle Leistung der oder des Studierenden zugrunde zu legen.

(3) Für die Benotung der einzelnen Prüfungsleistungen sind folgende Noten zu verwenden:

1	sehr gut	eine hervorragende Leistung;
2	gut	eine Leistung, die erheblich über den durchschnittlichen Anforderungen liegt;
3	befriedigend	eine Leistung, die durchschnittlichen Anforderungen entspricht;
4	ausreichend	eine Leistung, die trotz ihrer Mängel noch den Anforderungen genügt;
5	nicht ausreichend	eine Leistung, die wegen erheblicher Mängel den Anforderungen nicht mehr genügt.

Zur differenzierten Bewertung der Prüfungsleistungen können die Noten um 0,3 auf Zwischenwerte angehoben oder abgesenkt werden; zulässig sind die Noten 1,0; 1,3; 1,7; 2,0; 2,3; 2,7; 3,0; 3,3; 3,7; 4,0 und 5,0.

(4) Bei kumulativen Modulprüfungen errechnet sich die Modulnote als ein nach CP gewichtetes Mittel der Noten für die einzelnen Teilprüfungen. Zur Ermittlung der Note der Modulprüfung werden die Noten der einzelnen Modulteilprüfungen mit den ihnen zugeordneten CP multipliziert und durch die Gesamtzahl der einbezogenen CP dividiert. Bei der Bildung der Modulnote wird nur die erste Dezimalstelle hinter dem Komma berücksichtigt.

(5) Wird die Modulprüfung von zwei oder mehreren Prüfenden unterschiedlich bewertet, errechnet sich die Modulnote aus dem arithmetischen Mittel der Noten der Prüferbewertungen. Bei der Bildung der Modulnote wird nur die erste Dezimalstelle hinter dem Komma berücksichtigt.

(6) Sofern die Modulbeschreibung dies vorsieht, können die Prüferinnen und Prüfer von der rechnerisch ermittelten Note einer Modulprüfung abweichen, wenn dies aufgrund des Gesamteindrucks den Leistungsstand

der Studierenden besser entspricht und die Abweichung keinen Einfluss auf das Bestehen hat (Bonusregelung). Hierbei sind insbesondere die während des Semesters in Übungen oder sonstigen Lehrveranstaltungen erbrachten Studienleistungen zu berücksichtigen, dies jedoch maximal bis zu einem Wert von 25 von 100 der Gesamtbewertung der entsprechenden Modulprüfung. Näheres regelt die Modulbeschreibung. Die zur Vergabe von Bonuspunkten führenden Studienleistungen sind spätestens zu Beginn eines Semesters in geeigneter Weise öffentlich bekanntzugeben. Erworbene Bonuspunkte verfallen nach Ablauf jenes Semesters, welches auf das Semester folgt, in welchem der Bonus vergeben worden ist.

(7) Für die Bachelorprüfung wird eine Gesamtnote über Gruppen von Modulen gebildet. In jeder Gruppe wird, soweit mehrere Module zur Note beitragen, der auf eine Dezimalstelle nach dem Komma gerundete Mittelwert berechnet, wobei die ausgewählten Module mit ihren CP gewichtet werden. Dieser Mittelwert geht dann mit dem für die Gruppe angegebenen Gesamtgewicht in die Endnote ein. Die Gruppen sind

- a) Experimentalphysik: die Module VEX1, VEX2, VEX3A, VEX3B, VEX4A und VEX4B. Aus diesen sind Noten zu mindestens 24 CP auszuwählen. Gesamtgewicht der Gruppe: 32 CP.
- b) Theoretische Physik: die Module VTH1, VTH2, VTH3, VTH4 und VTH5. Aus diesen sind Noten zu mindestens 32 CP auszuwählen. Gesamtgewicht der Gruppe: 32 CP.
- c) Bachelorarbeit: das Modul BA. Gesamtgewicht der Gruppe: 12 CP.
- d) Mathematik: die Module VMATH1, VMATH2 und VMATH3. Gesamtgewicht der Gruppe: 24 CP.
- e) Wahlbereich: Noten aus bestandenen Wahlpflichtmodulen mit einem Umfang von mindestens 8 CP und maximal 16 CP. Gesamtgewicht der Gruppe: 12 CP.
- f) Nebenfachbereich: die Noten aus allen bestandenen, benoteten Nebenfachmodulen (mit einem Umfang von mindestens 8 CP). Gesamtgewicht der Gruppe: 16 CP.

Im Falle einer Auswahl werden jeweils die besseren Noten für die Endnote berücksichtigt.

(8) Die Gesamtnote einer bestandenen Bachelorprüfung ergibt sich durch die folgende Abbildung, wobei nur die erste Dezimalstelle hinter dem Komma berücksichtigt wird; alle weiteren Stellen werden ohne Rundung gestrichen:

1,0 bis einschließlich 1,5	sehr gut
1,6 bis einschließlich 2,5	gut
2,6 bis einschließlich 3,5	befriedigend
3,6 bis einschließlich 4,0	ausreichend
über 4,0	nicht ausreichend

(9) Wird eine englischsprachige Übersetzung des Zeugnisses ausgefertigt, werden die Noten für die einzelnen Prüfungsleistungen sowie die Gesamtnote entsprechend folgender Notenskala abgebildet:

1,0 bis einschließlich 1,5	very good
1,6 bis einschließlich 2,5	good
2,6 bis einschließlich 3,5	satisfactory
3,6 bis einschließlich 4,0	sufficient
über 4,0	fail

(10) Bei einer Gesamtnote bis einschließlich 1,2 lautet das Gesamturteil „mit Auszeichnung bestanden“. Die englischsprachige Übersetzung von „mit Auszeichnung bestanden“ lautet: „with distinction“.

(11) Zur Transparenz der Gesamtnote wird in das Diploma Supplement eine ECTS-Einstufungstabelle gemäß § 44 aufgenommen.

### **§ 37 Bestehen und Nichtbestehen von Prüfungen; Notenbekanntgabe (RO: § 43)**

(1) Eine aus einer einzigen Prüfungsleistung bestehende Modulprüfung ist bestanden, wenn sie mit der Note „ausreichend“ (4,0) oder besser bewertet worden ist. Andernfalls ist sie nicht bestanden.

(2) Eine aus mehreren Modulteilprüfungen bestehende Modulprüfung (kumulative Modulprüfung) ist nur dann bestanden, wenn sämtliche Modulteilprüfungen mit mindestens „ausreichend“ (4,0) bewertet worden sind.

(3) Die Bachelorprüfung ist bestanden, wenn sämtliche in dieser Ordnung vorgeschriebenen Module erfolgreich erbracht wurden, das heißt die geforderten Studiennachweise vorliegen und die vorgeschriebenen Modulprüfungen einschließlich der Bachelorarbeit mit mindestens „ausreichend“ (4,0) bewertet worden sind.

(4) Die Ergebnisse sämtlicher Prüfungen werden unverzüglich bekannt gegeben. Der Prüfungsausschuss entscheidet darüber, ob die Notenbekanntgabe anonymisiert hochschulöffentlich durch Aushang und/oder durch das elektronische Prüfungsverwaltungssystem erfolgt, wobei die schutzwürdigen Interessen der Betroffenen zu wahren sind. Wurde die Modulprüfung endgültig mit „nicht ausreichend“ (5,0) bewertet oder wurde die Bachelorarbeit schlechter als ausreichend (4,0) bewertet, erhält die oder der Studierende durch die Vorsitzende oder den Vorsitzenden des Prüfungsausschusses einen schriftlichen, mit einer Rechtsbehelfsbelehrung versehenen, Bescheid, der eine Belehrung darüber enthalten soll, ob und in welcher Frist die Modulprüfung beziehungsweise die Bachelorarbeit wiederholt werden kann.

### **§ 38 Zusammenstellung des Prüfungsergebnisses (Transcript of Records) (RO: § 44)**

Den Studierenden wird auf Antrag eine Bescheinigung über bestandene Prüfungen in Form einer Datenabschrift (Transcript of Records) in deutscher und englischer Sprache ausgestellt, die mindestens die Modultitel, das Datum der einzelnen Prüfungen und die Noten enthält.

## **Abschnitt VIII: Wechsel von Wahlpflichtmodulen/ Nebenfächern; Wiederholung von Prüfungen; Verlust des Prüfungsanspruchs und endgültiges Nichtbestehen**

### **§ 39 Wechsel von Wahlpflichtmodulen/Nebenfächern (RO: § 45)**

(1) Wird ein Wahlpflichtmodul endgültig nicht bestanden, kann in ein neues Wahlpflichtmodul gewechselt werden.

(2) Der Wechsel eines Nebenfaches ist möglich, wenn im ursprünglich gewählten Nebenfach eine Modul- oder Modulteilprüfung noch nicht endgültig nicht bestanden wurde.

### **§ 40 Wiederholung von Prüfungen; Freiversuch; Notenverbesserung (RO: § 46)**

(1) Bestandene Prüfungen können nicht wiederholt werden.

(2) Bestandene Modulabschlussprüfungen oder Modulteilprüfungen können einmal zur Notenverbesserung wiederholt werden, wobei die bessere Leistung angerechnet wird. Hierbei dürfen die Modulabschluss- und/oder Modulteilprüfungen aus maximal zwei Modulen nach Wahl der oder des Studierenden stammen. Der Prüfungsausschuss bestimmt die Bedingungen und die Frist, innerhalb derer die Wiederholung der Prüfungen zur Notenverbesserung zu beantragen und die Wiederholungsprüfungen durchzuführen sind.

(3) Alle nicht bestandenen Pflichtmodulprüfungen und Pflichtmodulteilprüfungen müssen wiederholt werden. Bei Modulteilprüfungen ist nur der nicht bestandene Teil zu wiederholen.



(4) Erstmals nicht bestandene Modulabschlussprüfungen in den Pflichtmodulen VEX1, VEX2, VTH1, VTH2, VMATH1 und VMATH2 gelten als nicht unternommen, wenn sie jeweils spätestens zu dem im Regelstudienplan vorgesehenen Semester abgelegt werden (Freiversuch). Prüfungen, die wegen Täuschung oder eines sonstigen ordnungswidrigen Verhaltens für nicht bestanden erklärt wurden, sind vom Freiversuch ausgenommen.

(5) Nicht bestandene Modulprüfungen und Modulteilprüfungen können höchstens zweimal wiederholt werden. In einem der Pflichtmodule VEX3A, VEX3B, VEX4A, VEX4B, VTH3, VTH4, VTH5, VMATH3 und VPROG nach Wahl des oder der Studierenden können nicht bestandene Prüfungsleistungen ein drittes Mal wiederholt werden. Diese dritte Wiederholungsprüfung wird stets in Form einer mündlichen Prüfung abgenommen. Die Regelungen gemäß § 39 und den Absätzen 1 und 4 bleiben unberührt. Entsprechend können Nebenfachstudierende der Physik in jedem der Exportmodule NFPHY-VA1, NFPHY-VA2, NFPHY-VB1 und NFPHY-VB2 nicht bestandene Prüfungsleistungen ein drittes Mal in mündlicher Form wiederholen.

(6) Eine nicht bestandene Bachelorarbeit kann einmal wiederholt werden. Es wird ein anderes Thema ausgegeben. Eine Rückgabe des Themas der Bachelorarbeit ist im Rahmen einer Wiederholungsprüfung nur zulässig, wenn die oder der Studierende bei der Anfertigung der ersten Bachelorarbeit von dieser Möglichkeit keinen Gebrauch gemacht hat. Eine wiederholte Rückgabe des Themas ist nicht zulässig.

(7) Fehlversuche derselben oder einer vergleichbaren Modulprüfung eines anderen Studiengangs der Johann Wolfgang Goethe-Universität oder einer anderen deutschen Hochschule sind auf die zulässige Zahl der Wiederholungsprüfungen anzurechnen. Der Prüfungsausschuss kann in besonderen Fällen, insbesondere bei einem Studiengangwechsel, von einer Anrechnung absehen.

(8) Der Prüfungsausschuss kann der oder dem Studierenden vor der Wiederholung einer Modulprüfung Auflagen erteilen.

(9) Die erste Wiederholungsprüfung erfolgt in der Regel vor Beginn der Vorlesungszeit des nächsten Semesters. Sie muss spätestens innerhalb von 15 Monaten abgelegt werden. Die zweite Wiederholungsprüfung muss zum nächstmöglichen Prüfungstermin jeweils nach der nicht bestandenen Wiederholungsprüfung erfolgen. Der Prüfungsausschuss kann Ausnahmen von diesen Fristen genehmigen, wenn die Prüfung dann nicht angeboten wird. Bei einer nichtbestandenen Bachelorarbeit erfolgt die Wiederholung (Anmeldung) innerhalb eines Jahres nach dem Nichtbestehen.

(10) Für die Wiederholung von schriftlichen Prüfungsleistungen mit Ausnahme der Bachelorarbeit kann der Prüfungsausschuss eine mündliche Prüfung ansetzen.

(11) Wiederholungsprüfungen sind grundsätzlich nach der Ordnung abzulegen, nach der die Erstprüfung abgelegt wurde.

#### **§ 41 Verlust des Prüfungsanspruchs und endgültiges Nichtbestehen (RO: § 47)**

(1) Die Bachelorprüfung ist endgültig nicht bestanden und der Prüfungsanspruch geht endgültig verloren, wenn

1. eine Modulprüfung nach Ausschöpfen aller Wiederholungsversuche nicht bestanden ist,
2. eine Frist für die Erbringung bestimmter Leistungen gemäß § 25 überschritten worden ist,
3. eine Frist für die Wiederholung einer Modulprüfung gemäß § 40 überschritten wurde,
4. ein schwerwiegender Täuschungsfall oder ein schwerwiegender Ordnungsverstoß gemäß § 26 vorliegt.

(2) Über das endgültige Nichtbestehen der Bachelorprüfung und dem damit verbundenen Verlust des Prüfungsanspruchs wird ein Bescheid erteilt, der mit einer Rechtsbehelfsbelehrung versehen ist.

(3) Hat die oder der Studierende die Bachelorprüfung endgültig nicht bestanden und damit den Prüfungsanspruch endgültig verloren, ist sie oder er zu exmatrikulieren. Auf Antrag erhält die oder der Studierende gegen Vorlage der Exmatrikulationsbescheinigung eine Bescheinigung des Prüfungsamtes, in welcher die bestandenen Modulprüfungen, deren Noten und die erworbenen Kreditpunkte aufgeführt sind und die erkennen lässt, dass die Bachelorprüfung endgültig nicht bestanden ist.

## **Abschnitt IX: Prüfungszeugnis; Urkunde und Diploma Supplement**

### **§ 42 Prüfungszeugnis (RO: § 48)**

Über die bestandene Bachelorprüfung ist möglichst innerhalb von vier Wochen nach Eingang der Bewertung der letzten Prüfungsleistung ein Zeugnis in deutscher Sprache, auf Antrag der oder des Studierenden mit einer Übertragung in englischer Sprache, jeweils nach den Vorgaben der Muster der Rahmenordnung auszustellen. Das Zeugnis enthält die Angabe der Module mit den Modulnoten (dabei werden diejenigen Module gekennzeichnet, welche nicht in die Gesamtnote für die Bachelorprüfung eingegangen sind), das Thema und die Note der Bachelorarbeit, die Regelstudienzeit und die Gesamtnote.

Das Zeugnis ist von der oder dem Vorsitzenden des Prüfungsausschusses zu unterzeichnen und mit dem Siegel der Johann Wolfgang Goethe-Universität zu versehen. Das Zeugnis trägt das Datum des Tages, an dem die letzte Prüfungsleistung erbracht worden ist.

### **§ 43 Bachelorurkunde (RO: § 49)**

(1) Gleichzeitig mit dem Zeugnis der Bachelorprüfung erhält die oder der Studierende eine Bachelorurkunde mit dem Datum des Zeugnisses. Darin wird die Verleihung des akademischen Grades beurkundet. Auf Antrag kann die Urkunde zusätzlich in Englisch ausgestellt werden.

(2) Die Urkunde wird von der Studiendekanin oder dem Studiendekan des Fachbereichs Physik sowie der oder dem Vorsitzenden des Prüfungsausschusses unterzeichnet und mit dem Siegel der Johann Wolfgang Goethe-Universität versehen.

(3) Der akademische Grad darf erst nach Aushändigung der Urkunde geführt werden.

### **§ 44 Diploma Supplement (RO: § 50)**

(1) Mit der Urkunde und dem Zeugnis wird ein Diploma Supplement entsprechend dem zwischen der Hochschulrektorenkonferenz und der Kultusministerkonferenz abgestimmte Text in der jeweils geltenden Fassung ausgestellt (Muster Anlage 10 RO).

(2) Das Diploma Supplement enthält eine ECTS-Einstufungstabelle. Die Gesamtnoten, die im jeweiligen Studiengang in einer Vergleichskohorte vergeben werden, sind zu erfassen und ihre zahlenmäßige und prozentuale Verteilung auf die Notenstufen gemäß § 36 Abs. 8 zu ermitteln und in einer Tabelle wie folgt darzustellen:

Gesamtnoten	Gesamtzahl innerhalb der Referenzgruppe	Prozentzahl der Absolventinnen/ Absolventen innerhalb der Referenzgruppe
bis 1,5 (sehr gut)		
von 1,6 bis 2,5 (gut)		
von 2,6 bis 3,5 (befriedigend)		
von 3,6 bis 4,0 (ausreichend)		

Die Referenzgruppe ergibt sich aus der Anzahl der Absolventinnen und Absolventen des jeweiligen Studiengangs in einem Zeitraum von drei Studienjahren. Die Berechnung erfolgt nur, wenn die Referenzgruppe aus mindestens 50 Absolventinnen und Absolventen besteht. Haben weniger als 50 Studierende innerhalb der Vergleichskohorte den Studiengang abgeschlossen, so sind nach Beschluss des Prüfungsausschusses weitere Jahrgänge in die Berechnung einzubeziehen.

## **Abschnitt X: Ungültigkeit der Bachelorprüfung; Prüfungsakten; Einsprüche und Widersprüche; Prüfungsgebühren**

### **§ 45 Ungültigkeit von Prüfungen (RO: § 51)**

(1) Hat die oder der Studierende bei einer Studien- oder Prüfungsleistung getäuscht und wird diese Tatsache erst nach Aushändigung des Zeugnisses bekannt, so kann der Prüfungsausschuss nachträglich die Noten für diejenigen Studien- und Prüfungsleistungen, bei deren Erbringung die oder der Studierende getäuscht hat, entsprechend berichtigen und die Prüfung oder die Studienleistung ganz oder teilweise für nicht bestanden erklären. Die Prüferinnen oder Prüfer sind vorher zu hören. Der oder dem Studierenden ist vor einer Entscheidung Gelegenheit zur Äußerung zu geben.

(2) Waren die Voraussetzungen für die Zulassung zu einer Prüfung nicht erfüllt, ohne dass die oder der Studierende hierüber täuschen wollte, und wird diese Tatsache erst nach Aushändigung des Zeugnisses bekannt, so wird dieser Mangel durch das Bestehen der Prüfung geheilt. Hat die oder der Studierende die Zulassung zur Prüfung vorsätzlich zu Unrecht erwirkt, so entscheidet der Prüfungsausschuss unter Beachtung des Hessischen Landesverwaltungsverfahrensgesetzes in der jeweils geltenden Fassung über die Rechtsfolgen. Abs. 1 Satz 3 gilt entsprechend.

(3) Das unrichtige Zeugnis ist einzuziehen und gegebenenfalls ein neues zu erteilen. Mit dem unrichtigen Zeugnis sind auch das Diploma Supplement und gegebenenfalls der entsprechende Studiennachweis einzuziehen und gegebenenfalls neu zu erteilen. Mit diesen Dokumenten ist auch die Bachelorurkunde einzuziehen, wenn die Prüfung aufgrund einer Täuschungshandlung für „nicht bestanden“ erklärt wurde. Eine Entscheidung nach Abs. 1 und Abs. 2 Satz 2 ist nach einer Frist von fünf Jahren ab dem Datum des Prüfungszeugnisses ausgeschlossen.

## **§ 46 Einsicht in Prüfungsakten; Aufbewahrungsfristen (RO: § 52)**

(1) Innerhalb eines Jahres nach Abschluss eines Moduls und nach Abschluss des gesamten Prüfungsverfahrens wird der oder dem Studierenden auf Antrag Einsicht in die sie oder ihn betreffenden Prüfungsakten (Prüfungsprotokolle, Prüfungsarbeiten nebst Gutachten) gewährt.

(2) Die Prüfungsakten sind von den Prüfungsämtern zu führen. Maßgeblich für die Aufbewahrungsfristen von Prüfungsunterlagen ist § 20 der Hessischen Immatrikulationsverordnung (HImmaVO) in der jeweils gültigen Fassung.

## **§ 47 Einsprüche und Widersprüche (RO: § 53)**

(1) Gegen Entscheidungen der oder des Vorsitzenden des Prüfungsausschusses ist Einspruch möglich. Er ist binnen eines Monats nach Bekanntgabe der Entscheidung bei der oder dem Vorsitzenden des Prüfungsausschusses einzulegen. Über den Einspruch entscheidet der Prüfungsausschuss. Hilft er dem Einspruch nicht ab, erlässt die oder der Vorsitzende des Prüfungsausschusses einen begründeten Ablehnungsbescheid, der mit einer Rechtsbehelfsbelehrung zu versehen ist.

(2) Gegen belastende Entscheidungen des Prüfungsausschusses und gegen Prüferbewertungen kann die oder der Betroffene, sofern eine Rechtsbehelfsbelehrung erteilt wurde, innerhalb eines Monats, sonst innerhalb eines Jahres nach Bekanntgabe, bei der oder dem Vorsitzenden des Prüfungsausschusses (Prüfungsamt) schriftlich Widerspruch erheben. Hilft der Prüfungsausschuss, gegebenenfalls nach Stellungnahme beteiligter Prüferinnen und Prüfer, dem Widerspruch nicht ab, erteilt die Präsidentin oder der Präsident den Widerspruchsbescheid. Der Widerspruchsbescheid ist zu begründen und mit einer Rechtsbehelfsbelehrung zu versehen.

## **Abschnitt XI: Schlussbestimmungen**

### **§ 48 In-Kraft-Treten und Übergangsbestimmungen (RO: § 56)**

(1) Diese Ordnung tritt am Tage nach ihrer Veröffentlichung im UniReport Satzungen und Ordnungen der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main in Kraft.

(2) Diese Ordnung gilt für alle Studierenden, die ihr Studium ab dem Wintersemester 2020/21 im Bachelorstudiengang Physik aufnehmen.

(3) Studierende, die das Studium im Bachelorstudiengang Physik vor Inkrafttreten dieser Ordnung aufgenommen haben, können die Bachelorprüfung nach der Ordnung vom 1. Oktober 2013 bis spätestens 30. September 2026 ablegen.

Frankfurt am Main, den 13.08.2020

**Prof. Dr. Michael Lang**

Dekan des Fachbereichs Physik der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main

## Anlage 1a: Studienverlaufsplan bei Beginn im Wintersemester

Modul	Lehrveranstaltung	LV-Form	SWS	CP	Benotet?
<b>1. Fachsemester</b>					
VEX1	Experimentalphysik 1: Mechanik, Thermodynamik	V, Ü	5+2	10	ja
VTH1	Theoretische Physik 1: Mathematische Methoden der Theoretischen Physik	V, Ü	4+2.5	8	ja
VMATH1	Mathematik für Studierende der Physik 1	V, Ü	4+2	8	ja
Soft Skill-, Wahlpflicht- und/oder Nebenfachmodule gemäß Wahl der oder des Studierenden				3-6	
<b>Summe SWS bzw. CP</b>			<b>19.5+</b>	<b>29-32</b>	
<b>2. Fachsemester</b>					
VEX2	Experimentalphysik 2: Elektrodynamik	V, Ü	4+2	8	ja
VTH2	Theoretische Physik 2: Klassische Mechanik	V, Ü	4+2.5	8	ja
VMATH2	Mathematik für Studierende der Physik 2	V, Ü	4+2	8	ja
PEX1	Anfängerpraktikum 1	P	4	6	nein
<b>Summe SWS bzw. CP</b>			<b>22.5</b>	<b>30</b>	
<b>3. Fachsemester</b>					
VEX3A	Experimentalphysik 3a: Optik	V, Ü	2+1	4	ja
VEX3B	Experimentalphysik 3b: Atome und Quanten	V, Ü	2+1	4	ja
VTH3	Theoretische Physik 3: Klassische Elektrodynamik	V, Ü	4+2.5	8	ja
VMATH3	Mathematik für Studierende der Physik 3	V,Ü	4+2	8	ja
PEX2	Anfängerpraktikum 2	P	4	6	nein
<b>Summe SWS bzw. CP</b>			<b>22.5</b>	<b>30</b>	
<b>4. Fachsemester</b>					
VEX4A	Experimentalphysik 4a: Kerne und Elementarteilchen	V, Ü	2+1	4	ja
VEX4B	Experimentalphysik 4b: Festkörper	V, Ü	2+1	4	ja
VTH4	Theoretische Physik 4: Quantenmechanik	V, Ü	4+2.5	8	ja
VPROG	Einführung in Programmierung für Studierende der Physik	V, Ü	3+2	6	ja
Wahlpflicht- und/oder Nebenfachmodule gemäß Wahl der oder des Studierenden				6-10	
<b>Summe SWS bzw. CP</b>			<b>17.5+</b>	<b>28-32</b>	
<b>5. Fachsemester</b>					
VTH5	Theoretische Physik 5: Thermodynamik und statistische Physik	V, Ü	4+2.5	8	ja
PEXF	Fortgeschrittenenpraktikum	P	6	12	nein
Wahlpflicht- und/oder Nebenfachmodule gemäß Wahl der oder des Studierenden				8-12	
<b>Summe SWS bzw. CP</b>			<b>12.5+</b>	<b>28-32</b>	

6. Fachsemester					
EWA	Bachorseminar	S	2	6	nein
	Projektplanung	P	2		
BA	Bachelorarbeit	angeleitete wiss. Arbeit		12	ja
Wahlpflicht- und/oder Nebenfachmodule gemäß Wahl der oder des Studierenden				10-14	
<b>Summe SWS bzw. CP</b>			<b>4+</b>	<b>28-32</b>	
<b>Summe 1.-6. Sem.</b>				<b>180</b>	

Gemäß § 9 Abs. 5 sind im Laufe des Bachelorstudiums Nebenfachmodule im Umfang von 16-22 CP und Wahlpflichtmodule im Umfang von 12-18 CP einzubringen, so dass zusammen mindestens 34 CP erreicht werden. Drei CP der Nebenfachmodule dürfen aus Veranstaltungen zu Schlüsselqualifikationen stammen. Diese Bedingungen gelten sowohl für Studienbeginn im Wintersemester als auch für Studienbeginn im Sommersemester.

## Anlage 1b: Studienverlaufsplan bei Beginn im Sommersemester

Modul	Lehrveranstaltung	LV-Form	SWS	CP	Benotet?
<b>1. Fachsemester</b>					
VEX2	Experimentalphysik 2: Elektrodynamik	V, Ü	4+2	8	ja
PEX2	Anfängerpraktikum 2	P	4	6	nein
Wahlpflicht- und/oder Nebenfachmodule gemäß Wahl der oder des Studierenden				14-18	
<b>Summe SWS bzw. CP</b>			<b>10+</b>	<b>28-32</b>	
<b>2. Fachsemester</b>					
VEX1	Experimentalphysik 1: Mechanik, Thermodynamik	V, Ü	5+2	10	ja
VTH1	Theoretische Physik 1: Mathematische Methoden der Theoretischen Physik	V, Ü	4+2.5	8	ja
VMATH1	Mathematik für Studierende der Physik 1	V, Ü	4+2	8	ja
Soft Skill-, Wahlpflicht- und/oder Nebenfachmodule gemäß Wahl der oder des Studierenden				2-6	nein
<b>Summe SWS bzw. CP</b>			<b>19.5+</b>	<b>28-32</b>	
<b>3. Fachsemester</b>					
VEX4A	Experimentalphysik 4a: Kerne und Elementarteilchen	V, Ü	2+1	4	ja
VEX4B	Experimentalphysik 4b: Festkörper	V, Ü	2+1	4	ja
VTH2	Theoretische Physik 2: Klassische Mechanik	V, Ü	4+2.5	8	ja
VMATH2	Mathematik für Studierende der Physik 2	V, Ü	4+2	8	ja
PEX1	Anfängerpraktikum 1	P	4	6	nein
<b>Summe SWS bzw. CP</b>			<b>22.5</b>	<b>30</b>	
<b>4. Fachsemester</b>					
VEX3A	Experimentalphysik 3a: Optik	V, Ü	2+1	4	ja
VEX3B	Experimentalphysik 3b: Atome und Quanten	V, Ü	2+1	4	ja
VTH3	Theoretische Physik 3: Klassische Elektrodynamik	V, Ü	4+2.5	8	ja
VMATH3	Mathematik für Studierende der Physik 3	V,Ü	4+2	8	ja
Wahlpflicht- und/oder Nebenfachmodule gemäß Wahl der oder des Studierenden				4-8	
<b>Summe SWS bzw. CP</b>			<b>18.5+</b>	<b>28-32</b>	
<b>5. Fachsemester</b>					
VTH4	Theoretische Physik 4: Quantenmechanik	V, Ü	4+2.5	8	ja
VPROG	Einführung in die Programmierung für Studierende der Physik	V, Ü	3+2	6	ja
PEXF	Fortgeschrittenenpraktikum	P	6	12	nein
Soft Skill-, Wahlpflicht- und/oder Nebenfachmodule gemäß Wahl der oder des Studierenden				2-6	
<b>Summe SWS bzw. CP</b>			<b>17.5+</b>	<b>28-32</b>	

6. Fachsemester					
VTH5	Theoretische Physik 5: Thermodynamik und statistische Physik	V, Ü	4+2.5	8	ja
EWA	Bachelorseminar	S	2	6	nein
	Projektplanung	P	2		
BA	Bachelorarbeit	angeleitete wiss. Arbeit	3 Mon.	12	ja
Soft Skill-, Wahlpflicht- und/oder Nebenfachmodule gemäß Wahl der oder des Studierenden				2-6	
<b>Summe SWS bzw. CP</b>			<b>10.5+</b>	<b>28-32</b>	
<b>Summe 1.-6. Sem.</b>				<b>180</b>	



## Anlage 2: Nebenfächer

Im Folgenden werden beispielhaft Nebenfächer für den Bachelorstudiengang aufgeführt. Weitere Nebenfächer können gemäß § 9 Abs. 5 genehmigt werden.

Nebenfach	Verantwortlicher Fachbereich	Module	Bemerkungen
Astronomie	Physik	ASTRO1 (8 CP) ASTRO2 (8 CP) ASTRO3 (13 CP)	
Betriebswirtschaftslehre	Wirtschaftswissenschaften	entweder OFIN (5 CP) plus OMAR (5 CP) oder OFIN (5 CP) plus OMAR (5 CP) plus BACC (6 CP) plus BMGT (6 CP)	Die Module OFIN und OMAR sind verpflichtend. Es können zusätzlich die Module BACC und BMGT gewählt werden, die dann beide absolviert werden müssen.
Chemie	Chemie	Siehe separate Tabelle	Das Modul „Grundlagen der allgemeinen und anorganischen Chemie für Naturwissenschaftler“ sowie eines der Praktikumsmodule (siehe Tabelle) sind verpflichtend.
Elektronik	Physik	ELEK-A (9 CP) ELEK-D (8 CP)	
Geophysik	Geowissenschaften/ Geographie	BP12 (7CP) BWp1 (8CP) BWp2 (8CP) Gph1 (8CP) Gph2 (8CP) Gph3 (8CP)	Das Modul BP12 ist verpflichtend, alle anderen nach Wahl. Eventuelle Teilnahmevoraussetzungen für die fortgeschrittenen Module sind mit den Dozenten bzw. Dozentinnen zu besprechen.
Informatik	Informatik und Mathematik	B-EPI (12 CP) B-PPDC (5 CP) B-PDB (6 CP) B-ARA (9 CP) B-RTKS (6 CP) B-ALGO-1 (8 CP) B-ALGO-2 (8 CP)	Das Modul B-EPI ist verpflichtend, alle anderen nach Wahl.
Mathematik	Mathematik	BaM-LA2 (9 CP) BaM-ES (9 CP) BaM-NM (11 CP) BaM-TOP-g (9 CP) BaM-FA-g (9 CP) BaM-PDGL-g (9 CP) BaM-STO-g (9 CP)	Andere Module können nach Absprache gewählt werden.
Meteorologie	Geowissenschaften Geographie	EMETA (10 CP), EMETB (12 CP), METV (5 CP), METPC (6 CP), METTH (6 CP), METP (6 CP), METS (4 CP), METWA (5-16 CP)	Verpflichtend sind entweder Modul EMETA oder EMETB.
Philosophie	Philosophie und Geschichtswissenschaften	BM1 (NF 10 CP, HF 12 CP), BM2 (NF 10 CP, HF 13 CP), BM3 (13 CP) AM1 (10 CP), AM2 (10 CP) AM3 (10 CP) VM1 (10 CP) VM2 (10 CP) VM3 (10 CP)	

Physikdidaktik	Physik	Physikdidaktik 1 (13 CP) Physikdidaktik 2 (14 CP)	Das Modul Physikdidaktik 1 ist verpflichtend, Physikdidaktik 2 optional.
Volkswirtschaftslehre (s. Erläuterung)	Wirtschaftswissenschaften	entweder OVWL (10 CP) oder OVWL (10 CP) plus BMIK (12 CP) oder BMAK (12 CP)	Das Modul OVWL ist verpflichtend, es kann zusätzlich noch BMIK oder BMAK gewählt werden.

### Nebenfach Chemie im Bachelorstudiengang Physik

Modul	CP	Bemerkung		
Grundlagen der Allgemeinen und Anorganischen Chemie für Studierende der Naturwissenschaften und des Lehramts als Prüfungsleistung	7	verpflichtend		
Praktikum Allgemeine und Anorganische Chemie für Studierende der Naturwissenschaften als Prüfungsleistung	4	Eines der beiden Praktika ist verpflichtend.		
Physikalisch-Chemische Experimente für Studierende der Naturwissenschaften	6			
Festkörperchemie	3			
Materialchemie	4			
Organische Chemie für Studierende der Naturwissenschaften und des Lehramts L2	7			
Molecular Computational Chemistry: Theoretische Grundlagen (CW-PTC.1)	5	Es kann entweder CW-PTC.1 oder CW-PTC.2 absolviert werden, das Absolvieren beider Module zusammen ist ausgeschlossen.		
Molecular Computational Chemistry: Struktur und Dynamik (CW-PTC.2)	10			
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>Vorlesung und Übung Theoretische Grundlagen der molekularen Computational Chemistry</td> <td>5 CP</td> </tr> <tr> <td>Praktikum Molekülrechnungen</td> <td>5 CP</td> </tr> </table>			Vorlesung und Übung Theoretische Grundlagen der molekularen Computational Chemistry	5 CP
Vorlesung und Übung Theoretische Grundlagen der molekularen Computational Chemistry	5 CP			
Praktikum Molekülrechnungen	5 CP			
Molekulare Spektroskopie	5			

### Anlage 3: Liste der Import- und Exportmodule

Herkunftsstudiengang	Modul (Titel, Nummer)	FB	SoSe / WiSe	CP
BSc Chemie	Grundlagen der Allgemeinen und Anorganischen Chemie für Studierende der Naturwissenschaften und des Lehramts als Prüfungsleistung	FB14	WiSe	7
BSc Chemie	Praktikum Allgemeine und Anorganische Chemie für Studierende der Naturwissenschaften als Prüfungsleistung	FB14	SoSe	4
BSc Chemie	Physikalisch-Chemische Experimente für Studierende der Naturwissenschaften	FB14	WiSe/ SoSe	6
BSc Chemie	Festkörperchemie	FB14	SoSe	3
MSc Chemie	Materialchemie	FB14	WiSe	4
BSc Chemie	Organische Chemie für Studierende der Naturwissenschaften und des Lehramts L2	FB14	SoSe	7
BSc Chemie	Molecular Computational Chemistry: Theoretische Grundlagen	FB14	SoSe	5
BSc Chemie	Molecular Computational Chemistry: Struktur und Dynamik	FB14	SoSe	10
BSc Chemie	Molekulare Spektroskopie	FB14	WiSe	5
BSc Geowissenschaften	Geophysik (BP12)	FB11	WiSe/ SoSe	7
BSc Geowissenschaften	Geophysikalische Methoden (BWp1)	FB11	WiSe/ SoSe	8
BSc Geowissenschaften	Vertiefung Geophysik (BWp2)	FB11	WiSe/ SoSe	8
MSc Geowissenschaften	Geophysik 1 (Gph1)	FB11	WiSe	8
MSc Geowissenschaften	Geophysik 2 (Gph2)	FB11	SoSe	8

MSc Geowissenschaften	Geophysik 3 (Gph3)	FB11	WiSe	8
BSc Informatik	Einführung in die Praktische Informatik (B-EPI)	FB12	WiSe	12
BSc Informatik	Programmierparadigmen und Compilerbau (B-PPDC)	FB12	SoSe	5
BSc Informatik	Programmierung von Datenbanken (P-PDB)	FB12	SoSe	6
BSc Informatik	Automaten und Rechnerarchitekturen (B-ARA)	FB12	SoSe	9
BSc Informatik	Rechnertechnologie und kombinatorische Schaltungen (B-RTKS)	FB12	SoSe	6
BSc Informatik	Algorithmen und Datenstrukturen 1 (B-ALGO-1)	FB12	SoSe	8
BSc Informatik	Algorithmen und Datenstrukturen 2 (B-ALGO-2)	FB12	WiSe	8
BSc Mathematik	Lineare Algebra 2 (BaM-LA2)	FB12	SoSe	9
BSc Mathematik	Elementare Stochastik (BaM-ES)	FB12	SoSe	9
BSc Mathematik	Numerische Mathematik (BaM-NM)	FB12	WiSe	11
BSc Mathematik	Topologie (BaM-TOP-g)	FB12	WiSe/ SoSe	9
BSc Mathematik	Funktionalanalysis (BaM-FA-g)	FB12	WiSe/ SoSe	9
BSc Mathematik	Partielle Differentialgleichungen (BaM-PDGL-g)	FB12	WiSe/ SoSe	9
BSc Mathematik	Stochastik (BaM-STO-g)	FB12	WiSe/ SoSe	9
BSc Meteorologie	Allgemeine Meteorologie und Klimatologie (EMETA)	FB11	WiSe	10
BSc Meteorologie	Atmospheric Dynamics (EMETB)	FB11	WiSe	12
BSc Meteorologie	Numerical Weather Prediction (METV)	FB11	WiSe	5

BSc Meteorologie	Physik und Chemie der Atmosphäre 1 (METPC)	FB11	SoSe	6
BSc Meteorologie	Atmosphärendynamik 3 (METTH)	FB11	WiSe	6
BSc Meteorologie	Meteorologische Praktika (METP)	FB11	SoSe	8
BSc Meteorologie	Meteorologisches Seminar (METS)	FB11	WiSe	4
BSc Meteorologie	Meteorologisches Pflichtwahlmodul (METWA)	FB11	WiSe/ SoSe	5-16
BSc Philosophie	Einführung in die Geschichte der Philosophie (BM1/NF Philosophie)	FB08	WiSe/ SoSe	10
BSc Philosophie	Einführung in die Geschichte der Philosophie (BM1/HF Philosophie)	FB08	WiSe/ SoSe	12
BSc Philosophie	Einführung in die Philosophie (BM2/NF Philosophie)	FB08	WiSe/ SoSe	10
BSc Philosophie	Einführung in die Philosophie (BM2/HF Philosophie)	FB08	WiSe/ SoSe	13
BSc Philosophie	Logik (BM3)	FB08	WiSe/ SoSe	13
BSc Philosophie	Geschichte der Philosophie (AM1)	FB08	WiSe/ SoSe	10
BSc Philosophie	Theoretische Philosophie (AM2)	FB08	WiSe/ SoSe	10
BSc Philosophie	Praktische Philosophie (AM3)	FB08	WiSe/ SoSe	10
BSc Philosophie	Geschichte der Philosophie (VM1)	FB08	WiSe/ SoSe	10
BSc Philosophie	Theoretische Philosophie (VM2)	FB08	WiSe/ SoSe	10
BSc Philosophie	Praktische Philosophie (VM3)	FB08	WiSe/ SoSe	10
BSc Wirtschaftswissenschaften	Finanzen 1 (OFIN)	FB02	WiSe/ SoSe	5

BSc Wirtschaftswissenschaften	Marketing 1 (OMAR)	FB02	WiSe/ SoSe	5
BSc Wirtschaftswissenschaften	Accounting 1 (BACC)	FB02	WiSe/ SoSe	6
BSc Wirtschaftswissenschaften	Management (BMGT)	FB02	WiSe/ SoSe	6
BSc Wirtschaftswissenschaften	Einführung in die Volkswirtschaftslehre (OVWL)	FB02	WiSe/ SoSe	10
BSc Wirtschaftswissenschaften	Mikroökonomie 1 (BMIK)	FB02	WiSe/ SoSe	12
BSc Wirtschaftswissenschaften	Makroökonomie 1 (BMAK)	FB02	WiSe/ SoSe	12

<b>Dienstleistung für Studiengang</b>	<b>Modul</b>	<b>FB</b>	<b>SoSe / WiSe</b>	<b>CP</b>
BSc Natur- und Lebenswissenschaften, BSc Geowissenschaften	Experimentalphysik 1: Mechanik und Thermodynamik (VEX1)	FB11, FB14, FB15	WiSe	10
BSc Natur- und Lebenswissenschaften, BSc Geowissenschaften	Theoretische Physik 1: Mathematische Methoden der Theoretischen Physik (VTH1)	FB11, FB14, FB15	WiSe	8
BSc Natur- und Lebenswissenschaften, BSc Geowissenschaften	Astronomie I (ASTRO1)	FB11, FB14, FB15	SoSe	8
BSc Geowissenschaften	Astronomie II (ASTRO2)	FB11	WiSe	8
BSc Geowissenschaften	Astronomie III (ASTRO3)	FB11	WiSe/ SoSe	13
BSc Natur- und Lebenswissenschaften, BSc Geowissenschaften	Experimentalphysik 2: Elektrodynamik (VEX2)	FB11, FB14, FB15	SoSe	8
BSc Natur- und Lebenswissenschaften	Mathematik für Studierende der Physik 1 (VMATH1)	FB11, FB14, FB15	WiSe	8
BSc Natur- und Lebenswissenschaften	Theoretische Physik 2: Klassische Mechanik (VTH2)	FB11, FB14, FB15	SoSe	8
BSc Geowissenschaften	Theoretische Physik 4: Quantenmechanik (VTH4)	FB11	SoSe	8

BSc Natur- und Lebenswissenschaften	Mathematik für Studierende der Physik 2 (VMATH2)	FB11, FB14, FB15	SoSe	8
BSc Natur- und Lebenswissenschaften	Anfängerpraktikum 1 (PEX1)	FB11, FB14, FB15	WiSe/ SoSe	6
BSc Natur- und Lebenswissenschaften	Experimentalphysik 3a: Optik (VEX3A)	FB11, FB14, FB15	WiSe	4
BSc Natur- und Lebenswissenschaften	Experimentalphysik 3b: Atome und Quanten (VEX3B)	FB11, FB14, FB15	WiSe	4
BSc Natur- und Lebenswissenschaften	Theoretische Physik 3: Klassische Elektrodynamik (VTH3)	FB11, FB14, FB15	WiSe	8
BSc Natur- und Lebenswissenschaften	Mathematik für Studierende der Physik 3 (VMATH3)	FB11, FB14, FB15	WiSe	8
BSc Natur- und Lebenswissenschaften	Anfängerpraktikum 2 (PEX2)	FB11, FB14, FB15	WiSe/ SoSe	6
BSc Natur- und Lebenswissenschaften	Experimentalphysik 4a: Kerne, Elementarteilchen (VEX4A)	FB11, FB14, FB15	SoSe	4
BSc Natur- und Lebenswissenschaften	Experimentalphysik 4b: Festkörper (VEX4B)	FB11, FB14, FB15	SoSe	4
BSc Natur- und Lebenswissenschaften	Theoretische Physik 4: Quantenmechanik (VTH4)	FB11, FB14, FB15	SoSe	8
BSc Natur- und Lebenswissenschaften	Theoretische Physik 5: Thermodynamik und statistische Physik (VTH5)	FB11, FB14, FB15	WiSe	8
BSc Natur- und Lebenswissenschaften	Numerische Methoden der Physik (VNUMP)	FB11, FB14, FB15	SoSe	6
BSc Natur- und Lebenswissenschaften	Fortgeschrittenenpraktikum (PEXF)	FB11, FB14, FB15	WiSe/ SoSe	12
BSc Informatik, BSc Natur- und Lebenswissenschaften, BSc Geographie, BSc Geowissenschaften	Einführung in die Physik A1 für Nebenfachstudierende (NFPHY-VA1)	FB11, FB12, FB14, FB15	WiSe	6
BSc Informatik, BSc Natur- und Lebenswissenschaften, BSc Geowissenschaften	Einführung in die Physik A2 für Nebenfachstudierende (NFPHY-VA2)	FB11, FB12, FB14, FB15	SoSe	6

BSc Biochemie, BSc Chemie	Einführung in die Physik A1 für Nebenfachstudierende, Abschluss mit Studienleistung (NFPHY-VA1S)	FB14	WiSe	6
BSc Biochemie, BSc Chemie	Einführung in die Physik A2 für Nebenfachstudierende, Abschluss mit Studienleistung (NFPHY-VA2S)	FB14	SoSe	6
BSc Biowissenschaften	Einführung in die Physik B1 für Nebenfachstudierende (NFPHY-VB1)	FB15	WiSe	5
BSc Biowissenschaften	Einführung in die Physik B2 für Nebenfachstudierende (NFPHY-VB2)	FB15	SoSe	5
BSc Informatik	Physikalisches Praktikum A1 für Nebenfachstudierende (NFPHY-PA1)	FB12	WiSe/ SoSe	6
BSc Informatik	Physikalisches Praktikum A2 für Nebenfachstudierende (NFPHY-PA2)	FB12	WiSe/ SoSe	6
BSc Biowissenschaften	Physikalisches Praktikum B für Nebenfachstudierende (NFPHY-PB)	FB15	WiSe/ SoSe	6
BSc Biochemie, BSc Chemie, BSc Geowissenschaften	Physikalisches Praktikum C für Nebenfachstudierende (NFPHY-PC)	FB11, FB14	WiSe/ SoSe	3



## Anlage 4: Modulbeschreibungen

### Inhaltsverzeichnis

4.1	Pflichtmodule	50
4.1.1	Experimentalphysik	50
4.1.2	Theoretische Physik	60
4.1.3	Mathematik	66
4.1.4	Bachelorarbeit	69
4.2	Wahlpflichtmodule: I) Jährlich angebotene Module	71
4.2.1	Fachgebietsübergreifende Module	71
4.2.2	Astrophysik und Kosmologie	75
4.2.3	Kern- und Elementarteilchenphysik	84
4.2.4	Festkörperphysik	97
4.2.5	Optik, Laser- und Atomphysik	104
4.2.6	Beschleuniger-, Plasma- und angewandte Physik	108
4.2.7	Biophysik	118
4.2.8	Neurowissenschaften	122
4.3	Wahlpflichtmodule: II) Zweijährlich oder unregelmäßig angebotene Module	126
4.3.1	Fachgebietsübergreifende Module	126
4.3.2	Astrophysik und Kosmologie	136
4.3.3	Kern- und Elementarteilchenphysik	139
4.3.4	Festkörperphysik	144
4.3.5	Atomphysik und Quantenoptik	149
4.3.6	Plasmaphysik	151
4.3.7	Neurowissenschaften	152
4.4	Schlüsselqualifikationsmodule	153
4.5	Nebenfachmodule angeboten vom FB Physik	156
4.5.1	Nebenfach Astronomie	156
4.5.2	Nebenfach Elektronik	159
4.5.3	Nebenfach Didaktik der Physik	162
4.6	Exportmodule	164
4.6.1	Vorlesungen	164
4.6.2	Praktika	171

## 4.1 Pflichtmodule

### 4.1.1 Experimentalphysik

Modul	Modulname	Art des Moduls	CP
VEX1	<b>Experimentalphysik 1: Mechanik, Thermodynamik</b>	Pflichtmodul	10
<b>Inhalte</b>			
<p><i>Experimentalphysik 1a: Mechanik:</i> Massepunktnäherung, Kräfte, Gravitation, Newton'sche Gesetze, Bewegungsgleichung, Impuls- und Energieerhaltung, Stoßgesetze, trockene Reibung, Reibung im Fluid, harmonischer Oszillator (ungedämpft und gedämpft), starre Körper, Drehmoment, Drehimpuls, Bewegungsgleichung der Rotation, Drehimpulserhaltung, Scheinkräfte bei Rotation, Keplersche Gesetze.</p> <p><i>Experimentalphysik 1b: Thermodynamik:</i> Die Vorlesung Thermodynamik leitet makroskopische Zustandsgrößen ab, durch die Wärme als eine besondere Form der Energie behandelt werden kann und zeigt die Zusammenhänge auf, durch die sich Wärme in Arbeit überführen lässt. Die Inhalte werden auch anhand von zahlreichen Experimenten verdeutlicht. Kenntnisse über folgende Begriffe und Themen werden vermittelt: Temperatur und Druck und ihre Messung, Aggregatzustand, Wärme, molekulare Wärmeleitung, Konvektion, Wärmestrahlung, Thermografie, Zustandsdiagramme, Zustandsgrößen (<math>p, V, T</math>), ideales Gas, kinetische Gastheorie, Maxwell-Boltzmann-Verteilung, Gleichverteilungssatz, Regel von Dulong-Petit, Zustandsgleichung, spezifische Wärme, barometrische Höhenformel, Partialdruck, Osmose, Zustandsänderungen (reversibel/irreversibel, adiabatisch/isotherm/isobar/isochor), Gleichgewicht/Nichtgleichgewicht, Entropie und Wahrscheinlichkeit, Hauptsätze, Kreisprozesse, Wärmekraftmaschinen, Kältemaschinen und Wärmepumpen, reale Gase, Phasenumwandlung (van der Waals-Gleichung), Dampfdruckkurve, Gibbsche Phasenregel, Plancksches Strahlungsgesetz.</p>			

### Lernergebnisse/Kompetenzziele

Das Modul ist das erste einer Serie von drei Modulen bzw. Modulteilern der Experimentalphysik, die die klassische Physik behandeln. Während sich das erste der Beschreibung dynamischer Prozesse unter dem Einfluss von Kräften widmet, haben die beiden anderen (Elektrodynamik und Optik) die Eigenschaften elektromagnetischer Felder und Wellen einschließlich deren Wechselwirkung mit Teilchen und Körpern zum Gegenstand. Das erste Modul betrachtet dynamische Prozesse von zwei Gesichtspunkten aus. Zunächst behandelt es die Mechanik der Massenpunkte und der starren Körper, bei der die zeitliche Entwicklung des einzelnen Objektes deterministisch beschrieben werden kann. Anschließend werden große Ensembles von Teilchen behandelt, die nur noch mittels statistischer Größen charakterisiert werden können.

Da die Studierenden des ersten Semesters einen sehr heterogenen Bildungshintergrund haben, beginnt die Behandlung der Mechanik mit einer Wiederholung von Schulstoff und entwickelt daraus systematisch — veranschaulicht durch viele Demonstrationsexperimente — Grundbegriffe und elementare Zusammenhänge der Mechanik und der allgemeinen Physik. Die Studierenden sind anschließend in der Lage, konsequent mit vektoriellen Größen zu operieren und Bewegungsvorgänge der Translation und Rotation durch die Aufstellung von Bewegungsgleichungen und deren Lösung zu analysieren.

Im Gegensatz zur Mechanik müssen die Studierenden im Fall der Thermodynamik lernen, mit statistischen Beschreibungen von Teilchenensembles im thermodynamischen Gleichgewicht und bei (reversiblen) Zustandsänderungen umzugehen. Dieser begriffsbildende Teil der Vorlesung macht im wesentlichen vom Modellsystem des idealen Gases Gebrauch. Die Temperatur wird als Maß für die mittlere kinetische Translationsenergie der Teilchen eingeführt, der Druck als Ergebnis von Impulsüberträgen bei Stößen mit der Wand. Die wichtige Größe der Entropie wird vorgestellt und ihre Bedeutung für die Beschreibung von Zustandsänderungen herausgearbeitet. Neben diesen konzeptionellen Aspekten werden wichtige experimentelle Kenntnisse — unterstützt durch viele Demonstrationsexperimente — vermittelt. So werden Methoden der Messung von Temperatur und Druck vorgestellt, die Bestimmung von Wärmekapazitäten illustriert und verschiedene Arten von Zustandsänderungen und Kreisprozessen diskutiert und vorgeführt. Vom Modellsystem des idealen Gases zu realen Gasen übergehend, werden grundsätzliche Aspekte von Phasenumwandlungen herausgearbeitet. Aus zeitlichen Gründen nicht oder nur am Rande behandelt werden Materialaustauschprozesse und Stoffumwandlungen bei Zustandsänderungen, wie sie bei chemischen Reaktionen und bei Verbrennungsmotoren auftreten.

Die Übungen ermöglichen die aktive Anwendung der Grundbegriffe und die Einübung der mathematischen Behandlung der Fallbeispiele. Darüber hinaus werden in den Übungen auch die "Soft Skills" des wissenschaftlichen Diskutierens und des Vortragens in einer kleinen Runde vermittelt. Die in der Vorlesung erworbenen Kenntnisse werden in den Folgesemestern in den Praktika und im Theoriemodul VTH2 vertieft.

### Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls

keine

### Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen

<b>Teilnahmenachweise</b>	regelmäßige Teilnahme an den Übungen
<b>Leistungsnachweise</b>	erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben
<b>Prüfungsvorleistungen</b>	Erbringen aller Leistungsnachweise

**Lehr- / Lernformen** Vorlesung, Übung

### Modulprüfung

**Modulabschlussprüfung, benotet**

**bestehend aus:** mündliche Prüfung (ca. 30 Min.) oder Klausur (90 Min.)

Modul	Modulname	Art des Moduls	CP
VEX2	<b>Experimentalphysik 2: Elektrodynamik</b>	Pflichtmodul	8
<b>Inhalte</b>			
<p>Veranschaulichung von Vektorfeldern anhand hydrodynamischer Beispiele, Elektrostatik, Potential und potentielle Energie, Satz von Gauß, Faraday-Käfig, van-de-Graaff-Generator, Feldelektronenmikroskop, Kondensator, Dielektrika, elektrischer Strom, Ohmsches Gesetz (mikroskopisch und makroskopisch), Kirchhoffsche Gesetze, Magnetostatik, magnetische Materialeigenschaften, Halleffekt, Amperesches Gesetz, Biot-Savart-Gesetz, Spule, Elektromotor, magnetische Induktion, Wirbelströme, Magnetismus, zeitlich veränderliche Felder, komplexer Widerstand, Rolle der Phase, Transformator, Schwingkreis, Maxwellsche Gleichungen, elektromagnetische Wellen, Dipolstrahlung, Wellenleiter und Resonatoren, Lorentztransformation der Felder.</p>			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
<p>Das Modul behandelt die klassische Physik. Die Studierenden lernen Grundbegriffe und elementare Zusammenhänge der Physik veranschaulicht durch viele Demonstrationsexperimente kennen. Die Übungen ermöglichen die aktive Anwendung der Grundbegriffe und die Einübung der mathematischen Behandlung der Fallbeispiele. Darüberhinaus werden in den Übungen auch die "Soft Skills" des wissenschaftlichen Diskutierens und des Vortragens in einer kleinen Runde vermittelt.</p>			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
keine			
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>		regelmäßige Teilnahme an den Übungen	
<b>Leistungsnachweise</b>		erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben	
<b>Prüfungsvorleistungen</b>		Erbringen aller Leistungsnachweise	
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesung, Übung	
<b>Modulprüfung</b>			
<b>Modulabschlussprüfung, benotet</b>			
<b>bestehend aus:</b>		mündliche Prüfung (ca. 30 Min.) oder Klausur (90 Min.)	

Modul VEX3A	Modulname <b>Experimentalphysik 3a: Optik</b>	Art des Moduls Pflichtmodul	CP 4
<b>Inhalte</b>			
Wellenoptik, ebene Wellen, Polarisierung, elektromagnetische Wellen in Materie, komplexer Brechungsindex, Übergang von einem Material in ein anderes, Fresnel-Gleichungen, Interferenz, geometrische Optik, Fermatsches Prinzip, optische Abbildung, optische Instrumente, Beugung, beugungsbegrenztes Auflösungsvermögen, Grundzüge der Abbeschen Abbildungstheorie, quantenoptischer Ansatz, optisches Pumpen und Laserübergänge.			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verständnis des Ursprungs und grundlegender Eigenschaften elektromagnetischer Wellenphänomene und Verständnis der Wellenoptik als Teil der Elektrodynamik.</li> <li>• Fähigkeit zur mathematischen Beschreibung der Wellenausbreitung und der Wechselwirkung von Wellen mit Materie auf der Basis der dielektrischen Funktion bzw. des frequenzabhängigen Brechungsindex. Interferenz und Beugung können in einfachen Geometrien beschrieben werden.</li> <li>• Verständnis der Analogien zwischen Optik und Quantenmechanik hinsichtlich der Wellenphänomene (beispielsweise zwischen dem Tunneleffekt der Quantenmechanik und der verbotenen Totalreflexion der Optik).</li> <li>• Fähigkeit zur Anwendung von Abbildungsgleichungen und zur Analyse optischer Instrumente einschließlich der Identifikation grundlegender Abbildungsfehler.</li> <li>• Verständnis der Beugungsbegrenzung der Abbildung.</li> </ul>			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
keine			
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>		regelmäßige Teilnahme an den Übungen	
<b>Leistungsnachweise</b>		erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben	
<b>Prüfungsvorleistungen</b>		Erbringen aller Leistungsnachweise	
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesung, Übung	
<b>Modulprüfung</b>			
<b>Modulabschlussprüfung, benotet</b>			
<b>bestehend aus:</b>		mündliche Prüfung (ca. 30 Min.) oder Klausur (90 Min.)	

Modul	Modulname	Art des Moduls	CP
VEX3B	<b>Experimentalphysik 3b: Atome und Quanten</b>	Pflichtmodul	4
<b>Inhalte</b>			
Größe und Nachweis von Atomen, das Photon, Photoeffekt, Comptoneffekt, Hohlraumstrahlung, Rutherfordstreuung, Teilchen als Wellen, Unschärferelation, Bohrsches Atommodell, Grundlagen der Quantenmechanik, Wellenfunktion, Schrödingergleichung, Potentialkasten, harmonischer Oszillator, Tunneleffekt, Quantenmechanik des Wasserstoffatoms, Spin, Feinstruktur, Lambshift, Hyperfeinstruktur, Zeemaneffekt, Paschen-Back-Effekt, Stern Gerlach Experiment, Pauliprinzip, das $H_2^+$ -Molekül			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
Im Modul lernen Studierende den Paradigmenwechsel von der klassischen zur modernen Physik kennen. Dabei werden Kernkompetenzen der abstrakten nichtdeterministischen Naturbeschreibung im Mikrokosmos vermittelt. Im Modul lernen Studierende viele im Alltag erworbene und im Handeln vielfach bewährte Konzepte in Frage zu stellen. Sie werden in die Lage versetzt, neue und intuitiv schwer zugängliche Konzepte anhand einer Reihe von Schlüsselexperimenten zu plausibilisieren.			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
keine			
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>	regelmäßige Teilnahme an den Übungen		
<b>Leistungsnachweise</b>	erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben		
<b>Prüfungsvorleistungen</b>	Erbringen aller Leistungsnachweise		
<b>Lehr- / Lernformen</b>	Vorlesung, Übung		
<b>Modulprüfung</b>			
<b>Modulabschlussprüfung, benotet</b>			
<b>bestehend aus:</b>	mündliche Prüfung (ca. 30 Min.) oder Klausur (60 Min.)		

Modul VEX4A	Modulname <b>Experimentalphysik 4a: Kerne und Elementarteilchen</b>	Art des Moduls Pflichtmodul	CP 4
<b>Inhalte</b>			
<p>Aufbau und Struktur der Atomkerne; Kernreaktionen: Spaltung, Synthese, Fusion; Kernkraft; Radioaktivität; Streuexperimente; Struktur des Protons; elementare Wechselwirkungen und Teilchen: Leptonen, Hadronen, Quarks, Austauschteilchen; das Quarkmodell, das Standardmodell der Teilchenphysik; starke, schwache und elektromagnetische Wechselwirkung; Nachweismethoden: Wechselwirkung von Strahlung mit Materie, Experimente und Detektoren der Teilchenphysik; Astrokernphysik.</p>			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
<p>Das Modul vermittelt die erforderlichen Grundlagen zum konzeptionellen Verständnis experimenteller Kern- und Teilchenphysik. Die Studierenden besitzen dann die</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fähigkeit, die Größenordnungen, Zeit- und Energieskalen kernphysikalischer Vorgänge richtig anzugeben und einzuordnen;</li> <li>- Fähigkeit zu beurteilen, wann klassische und wann quantenmechanische Konzepte vorteilhafter sind;</li> <li>- Fähigkeit, theoretische Konzepte und Vorhersagen mit experimentell beobachtbaren Phänomenen zu verknüpfen;</li> <li>- Fähigkeit, geeignete Technologien zu benennen, um eine gegebene Fragestellung in geeigneter Weise experimentell zu bearbeiten;</li> <li>- Fähigkeit, die Ergebnisse kern- und teilchenphysikalischer Messungen zu interpretieren und deren Signifikanz einzuschätzen;</li> <li>- Kenntnis der historischen Zusammenhänge rund um die Entwicklung der Kern- und Teilchenphysik, um deren wissenschaftliche, technologische, gesellschaftliche und politische Bedeutung zu beurteilen.</li> </ul>			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
keine			
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>	regelmäßige Teilnahme an den Übungen		
<b>Leistungsnachweise</b>	erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben		
<b>Prüfungsvorleistungen</b>	Erbringen aller Leistungsnachweise		
<b>Lehr- / Lernformen</b>	Vorlesung, Übung		
<b>Modulprüfung</b>			
<b>Modulabschlussprüfung, benotet</b>			
<b>bestehend aus:</b>	mündliche Prüfung (ca. 30 Min.) oder Klausur (90 Min.)		

Modul VEX4B	Modulname <b>Experimentalphysik 4b: Festkörper</b>	Art des Moduls Pflichtmodul	CP 4
<b>Inhalte</b>			
Einführung: Grundlagenforschung an Festkörpern und Festkörper in der technischen Anwendung, Chemische Bindung, Aufbau kristalliner Festkörper, Streuung an periodischen Strukturen, reziprokes Gitter, Modell freier Elektronen, Bändermodell, Metalle und Isolatoren, Grundvorstellungen Supraleiter/Halbleiter, experimentelle Methoden der Festkörperphysik. Es werden Beispiele aus der aktuellen Forschung diskutiert.			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
Die Studierenden werden mit einigen grundlegenden Gesetzmäßigkeiten und Formalismen vertraut gemacht, die sich aus der periodischen Anordnung von Atomen/Molekülen im kristallinen Festkörper ergeben. Dabei werden einfache Modelle und Konzepte vorgestellt, die zu einem qualitativen Verständnis wesentlicher Festkörpereigenschaften führen. Die Vorlesung zielt darauf ab, das Abstraktionsvermögen der Studierenden zu schärfen und ihnen ein Gerüst an die Hand zu geben, das sie in die Lage versetzt, grundlegende Phänomene der Festkörperphysik einzuordnen.			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
keine			
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>		regelmäßige Teilnahme an den Übungen	
<b>Leistungsnachweise</b>		erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben	
<b>Prüfungsvorleistungen</b>		Erbringen aller Leistungsnachweise	
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesung, Übung	
<b>Modulprüfung</b>			
<b>Modulabschlussprüfung, benotet</b>			
<b>bestehend aus:</b>		mündliche Prüfung (ca. 30 Min.) oder Klausur (90 Min.)	



Modul	Modulname	Art des Moduls	CP
PEX1	<b>Anfängerpraktikum 1</b>	Pflichtmodul	6
<b>Inhalte</b>			
Versuche zur Mechanik, Optik, Wärmelehre			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
Im diesem Modul erlernen die Studierenden Grundtechniken des Experimentierens. Die Experimente werden in Zweiergruppen durchgeführt. Dadurch wird Teamarbeit und die kritische Diskussion physikalischer und technischer Probleme eingeübt. Das Praktikum vermittelt auch die Fähigkeit zur kritischen Einschätzung der Verlässlichkeit experimenteller Daten, einer Kernkompetenz jedes Naturwissenschaftlers und jeder Naturwissenschaftlerin.			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
keine			
<b>Studiennachweise</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>		regelmäßige Teilnahme am Praktikum	
<b>Leistungsnachweise</b>		Abgabe und Bestehen von Praktikumsprotokollen, Bestehen des Abschlusskolloquiums (in Zweiergruppen, ca. 15 Min. pro Person) (weitere Details werden in der Praktikumsordnung festgelegt)	
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Praktikum	
<b>Modulprüfung</b>			
keine			

Modul	Modulname	Art des Moduls	CP
PEX2	<b>Anfängerpraktikum 2</b>	Pflichtmodul	6
<b>Inhalte</b>			
Versuche zur Elektrizitätslehre			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
Im diesem Modul erlernen die Studierenden Grundtechniken des Experimentierens. Die Experimente werden in Zweiergruppen durchgeführt. Dadurch wird Teamarbeit und die kritische Diskussion physikalischer und technischer Probleme eingeübt. Das Praktikum vermittelt auch die Fähigkeit zur kritischen Einschätzung der Verlässlichkeit experimenteller Daten, einer Kernkompetenz jedes Naturwissenschaftlers und jeder Naturwissenschaftlerin.			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
keine			
<b>Studiennachweise</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>		regelmäßige Teilnahme am Praktikum	
<b>Leistungsnachweise</b>		Abgabe und Bestehen von Praktikumsprotokollen, Bestehen des Abschlusskolloquiums (in Zweiergruppen, ca. 15 Min. pro Person) (weitere Details werden in der Praktikumsordnung festgelegt)	
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Praktikum	
<b>Modulprüfung</b>			
keine			

Modul	Modulname	Art des Moduls	CP
PEXF	<b>Fortgeschrittenenpraktikum</b>	Pflichtmodul	12
<b>Inhalte</b>			
Versuche aus den Themenkreisen: Hall-Effekt und Bandstruktur, Optisches Pumpen, Supraleitung und Phasenübergänge, Magnetische Hysterese, Filtern im Fourierraum, Hochfrequenzresonatoren, Ultrahochvakuum und Massenspektrometer, Volumenplasma, Multipol-Magnetfeldanalyse, digitale Steuerung, Mößbauer-Effekt, Röntgenfluoreszenz, $\beta$ -Spektrometer, Ionisationskammer, $\gamma$ - $\gamma$ -Spektroskopie, Blitzlichtfotolyse, IR-Spektroskopie			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
Das Praktikum vermittelt experimentelle Fertigkeiten aus mehreren Gebieten der modernen Physik. Es wird Teamarbeit im Labor eingeübt. Vermittelt wird auch die Protokollierung von Laborarbeit, die Dokumentation und die kritische Evaluation von experimentellen Daten.			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
keine			
<b>Studiennachweise</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>		regelmäßige Teilnahme am Praktikum	
<b>Leistungsnachweise</b>		Abgabe und Bestehen von Praktikumsprotokollen, Seminarvortrag (weitere Details werden in der Praktikumsordnung festgelegt)	
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Praktikum	
<b>Modulprüfung</b>			
keine			

#### 4.1.2 Theoretische Physik

Modul	Modulname	Art des Moduls	CP
VTH1	<b>Theoretische Physik 1: Mathematische Methoden der Theoretischen Physik</b>	Pflichtmodul	8
<b>Inhalte</b>			
<p>Vektorrechnung (Beispiel: Newtonsche Bewegungsgleichungen, Kreisbewegung, Drehimpuls), lineare Differentialgleichungen, komplexe Zahlen (Beispiel: harmonischer Oszillator), elementare Vektoranalysis und Kurvenintegrale (Beispiel: konservative Kräfte), krummlinige Koordinaten, Koordinatentransformationen (Beispiel: Galilei-Transformation, Scheinkräfte), Matrizen (Beispiel: Drehmatrizen, spezielle Relativitätstheorie), einfache Eigenwertprobleme.</p>			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
<p>Das Modul legt die mathematischen Grundlagen für alle weiteren Vorlesungen der theoretischen Physik. Die Studierenden lernen die wichtigsten Techniken zur Lösung der physikalischen Grundgleichungen in praktischen Problemen aus der Mechanik. Außerdem werden die physikalischen Grundkonzepte für die Beschreibung der Natur eingeführt, wie Raum und Zeit, Naturgesetze als Differentialgleichungen und typische Abstraktionen der Physik wie Punktteilchen.</p>			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
keine			
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>		regelmäßige Teilnahme an den Übungen	
<b>Leistungsnachweise</b>		erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben	
<b>Prüfungsvorleistungen</b>		Erbringen aller Leistungsnachweise	
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesung, Übung	
<b>Modulprüfung</b>			
<b>Modulabschlussprüfung, benotet</b>			
<b>bestehend aus:</b>		mündliche Prüfung (ca. 30 Min.) oder Klausur (90 Min.)	

Modul VTH2	Modulname <b>Theoretische Physik 2: Klassische Mechanik</b>	Art des Moduls Pflichtmodul	CP 8
<b>Inhalte</b>			
Newtonsche Bewegungsgleichungen, Erhaltungssätze, Keplerproblem, Lagrangesche und Hamiltonsche Formulierung der Mechanik, Poisson-Klammern, starrer Körper, kräftefreier Kreisel, gekoppelte Oszillatoren, klassische Feldtheorie (schwingende Saite).			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
In diesem Modul wird die klassische Mechanik auf einem höheren Abstraktionsniveau behandelt. Die Studierenden lernen die Anwendung generalisierter Koordinaten sowie die Formulierung der Bewegungsgleichungen im Phasenraum oder als Variationsprobleme. Die Studierenden lernen die wissenschaftliche Diskussion komplexer theoretischer Zusammenhänge. In den Übungen wird das Lernen in der Gruppe und die Vermittlung eigenen Wissens erlernt.			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
keine			
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>		regelmäßige Teilnahme an den Übungen	
<b>Leistungsnachweise</b>		erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben	
<b>Prüfungsvorleistungen</b>		Erbringen aller Leistungsnachweise	
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesung, Übung	
<b>Modulprüfung</b>			
<b>Modulabschlussprüfung, benotet</b>			
<b>bestehend aus:</b>		mündliche Prüfung (ca. 30 Min.) oder Klausur (90 Min.)	

Modul VTH3	Modulname <b>Theoretische Physik 3: Klassische Elektrodynamik</b>	Art des Moduls Pflichtmodul	CP 8
<b>Inhalte</b>			
Elektrostatik, Magnetostatik, elektromagnetische Wellen, Maxwellsche Gleichungen und ihre Anwendung, Poynting-Satz und Maxwell-Tensor, Eichung, Elemente der theoretischen Optik, Hohlleiter, Antennen, Lagrange-Formulierung, spezielle Relativitätstheorie der elektromagnetischen Phänomene. Mathematische Methoden: orthogonale Funktionensysteme, spezielle Funktionen, partielle Differentialgleichungen, Greensfunktionen, Residuensatz.			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
In diesem Modul wird mit der klassischen Elektrodynamik eine erste Bekanntschaft mit Feldtheorien vermittelt. Die Studierenden lernen die Grundlagen der Lösungen partieller Differentialgleichungen, spezielle Funktionen und die relativistische Formulierung der Theorie inklusive der Konsequenzen des relativistischen Weltbildes in Bezug auf die Raumzeit und Kausalität.			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
keine			
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>		regelmäßige Teilnahme an den Übungen	
<b>Leistungsnachweise</b>		erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben	
<b>Prüfungsvorleistungen</b>		Erbringen aller Leistungsnachweise	
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesung, Übung	
<b>Modulprüfung</b>			
<b>Modulabschlussprüfung, benotet</b>			
<b>bestehend aus:</b>		mündliche Prüfung (ca. 30 Min.) oder Klausur (90 Min.)	

Modul VTH4	Modulname <b>Theoretische Physik 4: Quantenmechanik</b>	Art des Moduls Pflichtmodul	CP 8
<b>Inhalte</b>			
mathematische Grundlagen, Schrödingergleichung, Matrizenformulierung, Messprozess und Unschärfe, Zeitentwicklung, eindimensionale Probleme, harmonischer Oszillator und Wasserstoffatom, Störungstheorie, Spin			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
In diesem Modul wird die Quantenmechanik als wichtigster Bestandteil der modernen Physik vorgestellt. Neben dem mathematischen Apparat und den erkenntnistheoretischen Konsequenzen stehen die wichtigsten Anwendungen der elementaren Quantenmechanik im Vordergrund.			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
keine			
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>		regelmäßige Teilnahme an den Übungen	
<b>Leistungsnachweise</b>		erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben	
<b>Prüfungsvorleistungen</b>		Erbringen aller Leistungsnachweise	
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesung, Übung	
<b>Modulprüfung</b>			
<b>Modulabschlussprüfung, benotet</b>			
<b>bestehend aus:</b>		mündliche Prüfung (ca. 30 Min.) oder Klausur (90 Min.)	

Modul VTH5	Modulname <b>Theoretische Physik 5: Thermodynamik und Statistische Physik</b>	Art des Moduls Pflichtmodul	CP 8
<b>Inhalte</b>			
Grunddefinitionen, Carnotprozess und Hauptsätze, thermodynamische Potentiale, Gleichgewichtsbedingungen, Phasenübergänge, Ergodentheorie, Mikro- und Makrozustände, Dichtematrix, Entropie, statistische Gesamtheiten, nichtwechselwirkende Gase, Quantenstatistik und entartete Quantengase, Bose-Einstein-Kondensation, Boltzmann-Gleichung.			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
Anhand wichtiger Modellsysteme (e.g. klassisches ideales Gas, van-der Waals Zustandsgleichung, Spinsysteme, Bose- und Fermigase) erlernen die Studenten die Anwendung dieser Konzepte auf konkrete Problemstellungen und gewinnen Einblick in ihre Relevanz für moderne Entwicklungen in der Forschung (e.g. ultrakalte Quantengase).			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
keine			
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>		regelmäßige Teilnahme an den Übungen	
<b>Leistungsnachweise</b>		erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben	
<b>Prüfungsvorleistungen</b>		Erbringen aller Leistungsnachweise	
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesung, Übung	
<b>Modulprüfung</b>			
<b>Modulabschlussprüfung, benotet</b>			
<b>bestehend aus:</b>		mündliche Prüfung (ca. 30 Min.) oder Klausur (90 Min.)	



Modul VPROG	Modulname <b>Einführung in die Programmierung für Studierende der Physik</b>	Art des Moduls Pflichtmodul	CP 6
<b>Inhalte</b>			
Einführung in eine Objekt-orientierte Programmiersprache, wie C++, Java oder Fortran 2003, sowie in Grundelemente der numerischen Mathematik, wie Rundung, Inter- und Extrapolation, Differentiation, Integration sowie Lösung gewöhnlicher Differentialgleichungen und linearer Gleichungssysteme. Anwendungen aus der klassischen Physik.			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
Studierende können Programme zur Lösung eines komplexen physikalischen Problems auf dem Computer erstellen: Sie sind in der Lage, die zugrundeliegenden physikalischen Gleichungen für die numerische Lösung aufzubereiten, das zur Lösung geeignetste numerische Verfahren zu identifizieren und die resultierenden Algorithmen in einer Objekt-orientierten Programmiersprache zu implementieren. Sie sind darin versiert, auch größere Programmpakete effizient zu handhaben und die resultierenden Programme auf modernen Rechenanlagen zur Anwendung zu bringen.			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
keine			
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>		regelmäßige Teilnahme an den Übungen	
<b>Leistungsnachweise</b>		erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben; erfolgreicher Abschluss eines Programmierprojekts	
<b>Prüfungsvorleistungen</b>		Erbringen aller Leistungsnachweise	
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesung, Übung	
<b>Modulprüfung</b>			
<b>Modulabschlussprüfung, benotet</b>			
<b>bestehend aus:</b>		mündliche Prüfung (ca. 30 Min.) oder Klausur (90 Min.)	

### 4.1.3 Mathematik

Modul	Modulname	Art des Moduls	CP
VMATH1	<b>Mathematik für Studierende der Physik 1</b>	Pflichtmodul	8
<b>Inhalte</b>			
Grundstrukturen: Reelle und komplexe Zahlen, Lineare Algebra I (Vektorräume, lineare Abbildungen, Matrizen, lineare Gleichungssysteme), Konvergenz und Stetigkeit, Differenzierbarkeit, Taylorreihe, Integral für (vektorierte) Regelfunktionen, Weierstraßscher Approximationssatz und Fourier-Entwicklung. Fourierintegral.			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
Das Modul vermittelt erste mathematische Grundkenntnisse für Physiker und Physikerinnen. Die Studierenden erlernen die Grundkonzepte der Mathematik. Als Kernkompetenzen werden abstraktes Denken, logisches Schließen und Beweisführung vermittelt. In den Übungen werden die "Soft Skills" Diskussion in der Kleingruppe sowie der Kurzvortrag geübt.			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
keine			
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>	regelmäßige Teilnahme an den Übungen		
<b>Leistungsnachweise</b>	erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben		
<b>Prüfungsvorleistungen</b>	Erbringen aller Leistungsnachweise		
<b>Lehr- / Lernformen</b>	Vorlesung, Übung		
<b>Modulprüfung</b>			
<b>Modulabschlussprüfung, benotet</b>			
<b>bestehend aus:</b>	Klausur (90 Min.)		

Modul	Modulname	Art des Moduls	CP
VMATH2	<b>Mathematik für Studierende der Physik 2</b>	Pflichtmodul	8
<b>Inhalte</b>			
Lineare Algebra II (Determinanten, Eigenwerte, klassische Matrixgruppen, Exponentialabbildung für Matrizen), gewöhnliche Differentialgleichungen I, Grundlagen der mehrdimensionalen Differentialrechnung, Funktionentheorie vom Cauchy'schen Integralsatz zum Residuensatz			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
Das Modul vertieft und erweitert mathematische Grundkenntnisse. Die Kernkompetenzen abstraktes Denken, logisches Schließen und Beweisführung werden weiter trainiert. In den Übungen werden die "Soft Skills" Diskussion in der Kleingruppe sowie der Kurzvortrag geübt.			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
keine			
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>		regelmäßige Teilnahme an den Übungen	
<b>Leistungsnachweise</b>		erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben	
<b>Prüfungsvorleistungen</b>		Erbringen aller Leistungsnachweise	
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesung, Übung	
<b>Modulprüfung</b>			
<b>Modulabschlussprüfung, benotet</b>			
<b>bestehend aus:</b>		Klausur (90 Min.)	

Modul	Modulname	Art des Moduls	CP
VMATH3	<b>Mathematik für Studierende der Physik 3</b>	Pflichtmodul	8
<b>Inhalte</b>			
Satz über implizit definierte Funktionen und Anwendungen, Differenzierbare Untermannigfaltigkeiten des euklidischen Raums, Vektoranalysis, Integration von Funktionen mehrerer Variabler und der Transformationssatz, Integralsätze, gewöhnliche Differentialgleichungen II (dynamische Systeme)			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
Das Modul vertieft und erweitert mathematische Grundkenntnisse. Die Kernkompetenzen abstraktes Denken, logisches Schließen und Beweisführung werden weiter trainiert. In den Übungen werden die "Soft Skills" Diskussion in der Kleingruppe sowie der Kurzvortrag geübt.			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
keine			
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>		regelmäßige Teilnahme an den Übungen	
<b>Leistungsnachweise</b>		erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben	
<b>Prüfungsvorleistungen</b>		Erbringen aller Leistungsnachweise	
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesung, Übung	
<b>Modulprüfung</b>			
<b>Modulabschlussprüfung, benotet</b>			
<b>bestehend aus:</b>		Klausur (90 Min.)	

#### 4.1.4 Bachelorarbeit

Modul	Modulname	Art des Moduls	CP
EWA	<b>Einführung in das wissenschaftliche Arbeiten</b>	Pflichtmodul	6
<b>Inhalte</b>			
<p><i>Bachelorseminar:</i> Wechselnde Themen aus dem Bereich der experimentellen oder theoretischen Physik</p> <p><i>Vorbereitung Bachelorarbeit:</i> Schon vor Ausgabe des Themas der Bachelorarbeit machen sich die Studierenden mit den spezifischen wissenschaftlichen Fragestellungen sowie den verwendeten Methoden (Messmethoden, Computerwerkzeugen, etc) der Arbeitsgruppe vertraut, in der sie die Bachelorarbeit durchführen wollen.</p>			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
Studierende können sich über spezialisierte Fachliteratur selbstständig in den engeren wissenschaftlichen Hintergrund eines Projekts einarbeiten sowie die für seine praktische Umsetzung nötigen experimentellen oder theoretischen Techniken identifizieren und anwenden. Sie können eine komplexe Problemstellung, ihren wissenschaftlichen Hintergrund und die erarbeitete Lösung in einem (mindestens halbstündigen) freien Vortrag vor einem sachkundigen Publikum präsentieren.			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
Module VEX1, VEX2, VEX3, VTH1, VTH2, VTH3, VMATH1, VMATH2, VMATH3, PEX1, PEX2			
<b>Studiennachweise</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>		regelmäßige Teilnahme am Seminar	
<b>Leistungsnachweise</b>		erfolgreiche Dokumentation der im Praktikum <i>Vorbereitung Bachelorarbeit</i> erfolgten Einarbeitung in das für die Bachelorarbeit ausgewählte Fachgebiet im Gespräch mit dem vorgesehenen Betreuer bzw. der vorgesehenen Betreuerin sowie Seminarvortrag (unbenotet)	
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Seminar, Praktikum	
<b>Modulprüfung</b>			
keine			

Modul	Modulname	Art des Moduls	CP
BA	<b>Bachelorarbeit</b>	Pflichtmodul	12
<b>Inhalte</b>			
Eigenständige wissenschaftliche Arbeit zu einem mit dem Betreuer bzw der Betreuerin vereinbarten Thema, unter Anleitung durch den Betreuer bzw die Betreuerin			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
Das Modul dient einer eigenständigen wissenschaftlichen Arbeit unter Anleitung. Nach Absolvieren sind Studierende in der Lage, gelerntes Wissen auf einen neuen Zusammenhang hoher Komplexität anzuwenden und auf dieser Basis ein vorgegebenes neues Problem zu lösen sowie einen wissenschaftlichen Bericht darüber zu verfassen. Das Modul wird durch das Praktikum <i>Vorbereitung Bachelorarbeit</i> des Moduls EWA vorbereitet und vom <i>Bachelorseminar</i> des Moduls EWA begleitet.			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
Zulassungsvoraussetzungen gemäß §35 Abs.4.			
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>		keine	
<b>Leistungsnachweise</b>		keine	
<b>Prüfungsvorleistungen</b>		keine	
<b>Lehr- / Lernformen</b>		angeleitete wissenschaftliche Projektarbeit	
<b>Modulprüfung</b>			
<b>Modulabschlussprüfung, benotet</b>			
<b>bestehend aus:</b>		schriftliche Darstellung des Bachelorprojekts und seiner Ergebnisse in Form einer Bachelorarbeit	

## 4.2 Wahlpflichtmodule: I) Jährlich angebotene Module

### 4.2.1 Fachgebietsübergreifende Module

Modul	Modulname	Art des Moduls	CP
VHQM	<b>Höhere Quantenmechanik</b>	Wahlpflichtmodul	8
<b>Inhalte</b>			
Grundlagen der relativistischen Quantenmechanik, Klein-Gordon-Gleichung, Dirac-Gleichung, Symmetrien in der Quantenmechanik, Vielteilchentheorien im Fock-Raum, Näherungsmethoden für wechselwirkende Quantenvielteilchensysteme, elementare Streutheorie.			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
Dieses Modul behandelt ausgewählte höhere Methoden der Quantenmechanik, wie sie für die moderne Physik grundlegend sind, insbesondere relativistische Quantenmechanik, Vielteilchentheorie, Symmetrien in der Quantenmechanik und Streutheorie. Damit werden die Studierenden befähigt, in ihren Abschlussarbeiten theoretische Probleme auf modernem Niveau anzugehen. Auf diese Weise werden insbesondere auch die Grundlagen für die Erweiterung der Quantenmechanik zur Quantenfeldtheorie gelegt.			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
keine			
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>		regelmäßige Teilnahme an den Übungen	
<b>Leistungsnachweise</b>		erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben	
<b>Prüfungsvorleistungen</b>		Erbringen aller Leistungsnachweise	
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesung, Übung	
<b>Modulprüfung</b>			
<b>Modulabschlussprüfung, benotet</b>			
<b>bestehend aus:</b>		mündliche Prüfung (ca. 30 Min.) oder Klausur (90 Min.)	

Modul	Modulname	Art des Moduls	CP
VHEX	<b>Höhere Experimentalphysik</b>	Wahlpflichtmodul	8
<b>Inhalte</b>			
<p><i>Höhere Experimentalphysik 1:</i> Freie Elektronen und Ionen: Erzeugung freier Ladungsträger, Bewegung freier Ladungsträger in zeitabhängigen Feldern, Gasentladung, Plasmen, Plasmawellen  Festkörperphysik: Metalle, klassisches Elektronengas, Fermi-Gas, Energiebänder, Wärmeleitung, Supraleitung, HF-Supraleitung, nichtlineare Dynamik und Stabilität</p> <p><i>Höhere Experimentalphysik 2:</i> Theorie und Experimente zur Elektrodynamik: Energiedichte und Energieströmung, zeitabhängige und statische magnetische und elektrische Felder, Elektromagnetische Wellen, Wellenleiter und Resonatoren, Hochfrequenzdiagnose  Thermodynamik: Thermodynamische Systeme und Zustandsgrößen, Hauptsätze, kinetische Gastheorie, ideales Gas, Entropie und Gleichgewichtszustände, Aggregatzustände und Phasen</p>			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
<p>In diesem Modul sollen die Grundlagen der Elektrodynamik, Thermodynamik, Plasmaphysik und Festkörperphysik hauptsächlich durch Experimente veranschaulicht werden.  Ziel dieses Moduls ist es, den Studierenden einen Zugang zu den unterschiedlichen physikalischen Systemen schwerpunktmäßig durch experimentelle Veranschaulichung zu geben.  Durch das Vorführen und die Beteiligung an den Experimenten, die deutlich über dem Niveau der Grundvorlesungen liegen, sollen abstrakte Inhalte verständlicher und wichtige, elementare Zusammenhänge zwischen den unterschiedlichen Bereichen der Physik hergestellt werden. Dadurch versteht sich die Vorlesung als Bindeglied zwischen den Basisvorlesungen im Grundstudium und den Spezialvorlesungen im Masterstudiengang.</p>			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
keine			
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>	regelmäßige Teilnahme an den Übungen		
<b>Leistungsnachweise</b>	erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben		
<b>Prüfungsvorleistungen</b>	Erbringen aller Leistungsnachweise		
<b>Lehr- / Lernformen</b>	Vorlesungen, Übungen		
<b>Modulprüfung</b>			
<b>Modulabschlussprüfung, benotet</b>			
<b>bestehend aus:</b>	mündliche Prüfung (ca. 30 Min.) oder Klausur (90 Min.)		



Modul	Modulname	Art des Moduls	CP
VPSOC	<b>Physik sozio-ökonomischer Systeme mit dem Computer</b>	Wahlpflichtmodul	5
<b>Inhalte</b>			
<p>Dieses Modul gibt eine Einführung in das interdisziplinäre Forschungsfeld der Physik sozio-ökonomischer Systeme. In sozio-ökonomischen Systemen, wie z.B. bei Finanzmärkten, sozialen Netzwerken, Verkehrssystemen oder wissenschaftliche Kooperationsnetzwerken, sind die dem System zugrunde liegenden Akteure ständigen Entscheidungssituationen ausgesetzt, wobei der Erfolg und die Auswirkung der individuell gewählten Strategie von den Entscheidungen der anderen beteiligten Akteuren abhängt. Die (evolutionäre) Spieltheorie und die Physik komplexer Netzwerke stellen die beiden Grundsäulen der theoretischen Beschreibung und mathematischen Formulierung solcher Systeme dar. Im ersten Teil des Kurses werden die grundlegenden Konzepte der Spieltheorie thematisiert und die Studierenden erlernen, unter Verwendung von Computeralgebra-Systemen (Maple und Mathematica), deren Anwendung auf diverse Spielklassen. Neben den endlichen Zweipersonen-Spielen und N-Personen-Spielen wird auch auf die evolutionäre Entwicklung ganzer Spieler-Populationen eingegangen (evolutionäre Spieltheorie). Die zeitliche Entwicklung der Entscheidungen der Spieler wird zusätzlich durch die zugrunde liegende Struktur des sozio-ökonomischen Netzwerks der Spielergruppen bestimmt. Der zweite Teil des Kurses befasst sich deshalb mit der Theorie sozio-ökonomischer Netzwerke und deren mathematischen Beschreibung mittels graphentheoretischer Konzepte. Hierbei wird zusätzlich auf die computerbasierte Simulation unterschiedlicher Netzwerkstrukturen eingegangen und ein Programm, welches das Barabasi-Albert Modell eines skalenfreien Netzwerks numerisch simuliert, gemeinsam mit dem Betreuer erstellt. Der dritte Teil gibt einen Einblick in die aktuelle Forschung und behandelt neuere Entwicklungen dieses Forschungsfeldes. Es wird hierbei einerseits speziell auf die evolutionäre Spieltheorie auf komplexen Netzwerken und die Quanten-Spieltheorie eingegangen, andererseits wird ein breiter Überblick der diversen Anwendungsfelder sozio-ökonomischer Systeme vermittelt.</p> <p>Im speziellen werden die folgenden Themen behandelt: Grundlagen der Spieltheorie, Definition eines Spiels, Strategiemenge der Spieler, reine und gemischte Strategie, dominante Strategie und Nash-Gleichgewicht, Zweipersonen Spiele, N-Personen–M-Strategien Spiel, Koordinationsspiele, Anti-Koordinationsspiele und dominante Spiele, evolutionäre Spieltheorie und Replikatorgleichung, Theorie der komplexen Netzwerke, skalenfreie, exponentielle, zufällige und kleine Welt Netzwerke, Anwendungsfelder und Beispiele real existierender sozio-ökonomischer und biologischer Netzwerke, Einführung in die Quanten-Spieltheorie, Programmieren und Visualisieren in Maple, Mathematica. Bei Bedarf: Python/Matplotlib, C/C++ bzw. Java.</p>			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
<p>Nach Abschluss des Moduls verstehen die Studierenden die Grundlagen der Spieltheorie und die Theorie der komplexen Netzwerke und haben diese in mehreren Anwendungsbeispielen mittels numerischer Rechnungen angewendet. Die Studierenden sind nach Abschluss des Moduls in der Lage, die evolutionäre Entwicklung von Populationen in einem sich zeitlich wiederholenden Spiel zu beschreiben und dilemma-artige Konstellationen zu analysieren. Des weiteren beherrschen die Studierenden nach Abschluss des Moduls die Grundlagen der Programmierumgebungen bzw. Programmiersprachen Maple und Python/Matplotlib.</p>			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
keine			
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>	regelmäßige Teilnahme an den Übungen		
<b>Leistungsnachweise</b>	erfolgreiche Durchführung einer Projektarbeit		
<b>Prüfungsvorleistungen</b>	Erbringen aller Leistungsnachweise		
<b>Lehr- / Lernformen</b>	Vorlesung, Übung		
<b>Modulprüfung</b>			
<b>Modulabschlussprüfung, benotet</b>			
<b>bestehend aus:</b>	mündliche Prüfung (ca. 30 Min.) oder Klausur (90 Min.)		

Modul	Modulname	Art des Moduls	CP
VNLQM	<b>Quantum Theory from a Nonlinear Perspective</b>	Wahlpflichtmodul	6
<b>Inhalte</b>			
<p><i>Is Quantum Theory Intrinsically Nonlinear?:</i> Nichtlinearitäten in konventioneller Quantenmechanik; Welle-Teilchen Aspekte bei Wellenpaketlösungen der zeitabhängigen Schrödingergleichung; dynamische Invariante; Zusammenhänge mit zeitabhängiger Green Funktion, Wigner Funktion, Supersymmetrie, ver- allgemeinerten Erzeugungs-/Vernichtungsoperatoren und Kohärenten Zuständen; entsprechende Beziehungen bei zeitunabhängiger Quantenmechanik, Bose-Einstein-Kondensaten, Nichtlinearer Dynamik, statistischer Thermodynamik, Kosmologie u.s.w..</p> <p><i>Nonlinearities and Dissipation in Classical and Quantum Physics:</i> Konventionelle Methoden zur Beschreibung offener dissipativer Systeme, z.B. Langevin- und Fokker-Planck Gleichungen, verallgemeinerte Mastergleichung; alternative Wellenpaketansätze; nichtlineare Schrödingergleichungen, modifizierte Lagrange-/Hamilton-Formalismen, nichtunitäre Transformationen zwischen formalen und physikalischen Beschreibungsebenen.</p>			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
<p>Die Studierenden sollen nach Absolvieren des Moduls verstehen, dass die Ergebnisse der konventionellen Formulierung der zeitabhängigen Quantenmechanik nicht nur mittels zeitabhängiger Schrödingergleichung, sondern auch mittels einer komplexen nichtlinearen Riccati-Gleichung erhältlich sind. Dabei hat die nichtlineare Formulierung den Vorteil, dass sie nicht nur die Sensibilität bezüglich gewählter Anfangsbedingungen deutlich herausstellt, sondern auch die Verknüpfungen zwischen verschiedenen anderen Formulierungen von Quantendynamik klar aufzeigt. Es soll erkannt werden, dass die Ausnahmestellung der Riccati-Gleichung auf ihrer Linearisierbarkeit basiert, was letztlich erlaubt, Quantendynamik als komplexe klassische Mechanik zu formulieren. Das Verständnis dieser Zusammenhänge soll dann die Übertragung dieser Konzepte auf zeitunabhängige Quantensysteme, z.B. in deren supersymmetrischer Formulierung, aber auch auf völlig andere Bereiche der Physik, über statistische Thermodynamik, Soliton-Theorie bis hin zur Kosmologie ermöglichen. Schließlich soll offensichtlich werden, dass sich der nichtlineare Formalismus zwanglos auch auf offene Quantensysteme mit dissipativer, irreversibler Dynamik verallgemeinern lässt.</p>			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
keine			
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>		keine	
<b>Leistungsnachweise</b>		Fachgespräch (ca. 30 Min.) zum Inhalt der Lehrveranstaltung <i>Nonlinearities and Dissipation in Classical and Quantum Physics</i>	
<b>Prüfungsvorleistungen</b>		keine	
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesungen	
<b>Modulprüfung</b>			
<b>Modulabschlussprüfung, benotet</b>			
<b>bestehend aus:</b>		mündliche Prüfung (30 Min.) zum Inhalt der Lehrveranstaltung <i>Is Quantum Theory Intrinsically Nonlinear?</i>	

#### 4.2.2 Astrophysik und Kosmologie

Modul VART	Modulname <b>Allgemeine Relativitätstheorie</b>	Art des Moduls Wahlpflichtmodul	CP 6
<b>Inhalte</b>			
Riemannsche Geometrie, Bewegungsgleichung, Ricci- und Einstein-Tensor, Einsteinsche Feldgleichung, experimentelle Tests, Schwarzschild-Lösung, schwarze Löcher, Gravitationswellen, Tolman-Oppenheimer-Volkov-Gleichung und Sternstruktur.			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
Das Modul soll die Grundlagen für das moderne Verständnis der Rolle der Gravitation in der Natur vermitteln. Dazu werden die notwendigen mathematischen Hilfsmittel bereitgestellt (Tensorrechnung im gekrümmten Riemannschen Raum) und auf verschiedene Beispielprobleme angewandt. Die im Modul vermittelten Kenntnisse sollen den Teilnehmern den Zugang zu aktuellen Fragestellungen der Astrophysik ermöglichen und dienen auch als Grundlage für die Beschäftigung mit der Kosmologie.			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
keine			
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>		regelmäßige Teilnahme an den Übungen	
<b>Leistungsnachweise</b>		erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben	
<b>Prüfungsvorleistungen</b>		Erbringen aller Leistungsnachweise	
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesung, Übung	
<b>Modulprüfung</b>			
<b>Modulabschlussprüfung, benotet</b>			
<b>bestehend aus:</b>		mündliche Prüfung (ca. 30 Min.) oder Klausur (90 Min.)	

Modul	Modulname	Art des Moduls	CP
VAGR	<b>Advanced General Relativity</b>	Wahlpflichtmodul	6
<b>Inhalte</b>			
<p>The 3+1 decomposition of spacetime. Formulations of the Einstein equations. Lagrangian formulations. The ADM formulation. Conformal traceless formulations. Gauge conditions in 3+1 formulations. Constraint equations. initial data and constrained evolution. Hyperbolic systems of partial differential equations. Quasi-linear formulation. Conservative formulation. Characteristic equations for linear systems. Riemann invariants. Characteristics and caustics. Domain of determinacy. region of influence. Linear hydrodynamic waves. Sound waves. Nonlinear hydrodynamic waves. Rarefaction waves. Shock waves. Contact discontinuities. The Riemann problem. Solution of the one-dimensional Riemann problem. Formulations of the hydrodynamic equations. The Wilson formulation. The importance of conservative formulations. The "Valencia" formulation. Finite-Difference Methods. The discretisation process. Numerical errors. Consistency. convergence and stability. The upwind scheme. The FTCS scheme. The Lax-Friedrichs scheme. The leapfrog scheme. The Lax-Wendroff scheme Kreiss-Oliger dissipation. Artificial-viscosity approaches. HRSC Methods and Conservative schemes. Rankine-Hugoniot conditions. Finite-volume conservative numerical schemes. Finite-difference conservative numerical schemes. Upwind methods. Monotone methods. Total variation diminishing methods. Godunov methods. Reconstruction techniques. Slope-limiter methods Approximate Riemann solvers. HLLC. Roe Riemann solvers. The method of lines. Explicit Runge-Kutta methods. Implicit-explicit Runge-Kutta methods.</p>			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
<p>At the end of the course the students will have been exposed to many of the most active areas of research in general relativity and relativistic astrophysics. Furthermore, with the discussion of the mathematical and computational techniques employed in numerical relativity, the students will be able to carry out quantitative studies of relativistic compact objects. Overall, the material in the course will provide all the necessary background for a successful research work in relativistic astrophysics.</p>			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
keine			
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>		regelmäßige Teilnahme an den Übungen	
<b>Leistungsnachweise</b>		erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben	
<b>Prüfungsvorleistungen</b>		Erbringen aller Leistungsnachweise	
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesung, Übung	
<b>Modulprüfung</b>			
<b>Modulabschlussprüfung, benotet</b>			
<b>bestehend aus:</b>		mündliche Prüfung (ca. 30 Min.) oder Klausur (90 Min.)	

Modul	Modulname	Art des Moduls	CP
VARTC	<b>Allgemeine Relativitätstheorie mit dem Computer</b>	Wahlpflichtmodul	5
<b>Inhalte</b>			
<p>In diesem Modul werden die mathematisch anspruchsvollen Gleichungen der Allgemeinen Relativitätstheorie (ART) in diversen Programmierumgebungen analysiert. Im ersten Teil des Kurses erlernen die Studierenden die Verwendung von Computeralgebra-Systemen (Maple und Mathematica). Die oft komplizierten und zeitaufwendigen Berechnungen der tensoriellen Gleichungen der ART können mit Hilfe dieser Programme erleichtert werden. Diverse Anwendungen der Einstein- und Geodätengleichung werden in Maple implementiert, quasi analytische Berechnungen durchgeführt und entsprechende Lösungen berechnet und visualisiert. Der zweite Teil des Kurses befasst sich mit der numerischen Berechnung von Neutronensternen und Weißen Zwergen mittels eines C/C++ Programms. Nach einer kurzen Auffrischung der grundlegenden Programmierkenntnisse, erstellen die Studierenden, gemeinsam mit dem Betreuer, ein Programm, das die Tolman-Oppenheimer-Volkov-Gleichung numerisch löst und visualisieren die Ergebnisse. Zusätzlich wird hierbei in die Grundkonzepte der parallelen Programmierung eingeführt und eine MPI- und OpenMP-Version des C/C++ Programms erstellt. Im dritten Teil des Kurses werden zeitabhängige numerische Simulationen der ART mittels des Einstein Toolkit durchgeführt und deren Ergebnisse mittels Python/Matplotlib visualisiert. Inhaltlich wird hierbei ebenfalls auf den, dem Programm zugrunde liegenden (3+1)-Split der ART eingegangen und, abhängig von den Vorkenntnissen der Studierenden, mehrere fortgeschrittene, astrophysikalisch relevante Probleme simuliert. Mögliche Themen dieses abschließenden Teils könnten die folgenden Systeme darstellen: Oszillationen eines Neutronensterns, Kollaps eines Neutronenstern zu einem Schwarzen Loch oder die Kollision zweier Neutronensterne unter Berücksichtigung der Aussendung von Gravitationswellen. Der Schwerpunkt der gesamten Veranstaltung liegt sowohl auf der Allgemeine Relativitätstheorie als auch auf der Vermittlung spezieller Programmierkenntnisse. Im speziellen werden die folgenden Themen behandelt: Kovariante Ableitung, Ricci- und Einstein-Tensor, Einsteinsche Feldgleichung, Geodätengleichung, Schwarzschild- und Kerr-Lösung, Raumzeitdiagramme in Schwarzschild und Eddington-Finkelstein Koordinaten, Penrose-Diagramme, Bewegung eines Teilchens um ein rotierendes schwarzes Loch, Herleitung der Tolman-Oppenheimer-Volkov-Gleichung, Weiße Zwerge, Neutronen- und Quarksterne, (3+1)-Split der ART, (Optional: Oppenheimer-Snyder-Collapse einer Staubwolke zu einem schwarzen Loch), Programmieren und Visualisieren in Maple, Mathematica und Python/Matplotlib, Programmieren in C/C++, paralleles Programmieren mit MPI und OpenMP, Grundlagen des Einstein Toolkit, numerische Simulationen auf dem Linux-basierte Rechen-Cluster FUCHS.</p>			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
<p>Nach Abschluss des Moduls verstehen die Studierenden die Allgemeine Relativitätstheorie besser, da sie in mehreren Anwendungsbeispielen die Eigenschaften der Raumzeitkrümmung und die Bewegung von Probekörpern und Licht in gekrümmter Raumzeit selbst mittels numerischer Rechnungen simuliert haben. Unter anderem können sie die Einsteinsche Feldgleichung und die Geodätengleichung auf nicht-rotierende und rotierende schwarze Löcher anwenden, Raumzeitverformungen in kompakten Objekten analysieren und sie verstehen die aktuell in der Literatur diskutierten Gravitationswellendetektionen von Neutronenstern und schwarze Loch Kollisionen. Des weiteren beherrschen die Studierenden die Grundlagen der Programmierumgebungen bzw. Programmiersprachen Maple, Python/Matplotlib, C/C++, MPI, OpenMP und Einstein Toolkit.</p>			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
keine			
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>		regelmäßige Teilnahme an den Übungen	
<b>Leistungsnachweise</b>		erfolgreiche Durchführung einer Projektarbeit	
<b>Prüfungsvorleistungen</b>		Erbringen aller Leistungsnachweise	
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesung, Übung	

**Modulprüfung**

**Modulabschlussprüfung, benotet**

**bestehend aus:**

mündliche Prüfung (ca. 30 Min.) oder Klausur  
(90 Min.)

Modul	Modulname	Art des Moduls	CP
VKOSMO	<b>Kosmologie</b>	Wahlpflichtmodul	6
<b>Inhalte</b>			
Beobachtungstatsachen, kosmologisches Prinzip, Rotverschiebung, Hubble-Expansion und Hintergrundstrahlung, Robertson-Walker-Metrik, Friedman-LeMaître-Gleichungen, kosmologische Konstante, Friedman-Lösungen, Big Bang, Nukleosynthese, inflationäres Universum, dunkle Energie und dunkle Materie			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
Ziel des Moduls ist die Vermittlung des aktuellen naturwissenschaftlichen Weltbilds zur Beschreibung von Aufbau und Dynamik des Universums. Auf der Basis der Allgemeinen Relativitätstheorie einerseits und der astronomischen Beobachtungen andererseits werden die Erkenntnisse des kosmologischen Standardmodells vermittelt. Die Teilnehmer des Moduls werden in die Lage versetzt, den aktuellen Forschungsstand der Kosmologie zu verfolgen (z.B. Urknall, dunkle Materie, dunkle Energie).			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
keine			
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>		regelmäßige Teilnahme an den Übungen	
<b>Leistungsnachweise</b>		erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben	
<b>Prüfungsvorleistungen</b>		Erbringen aller Leistungsnachweise	
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesung, Übung	
<b>Modulprüfung</b>			
<b>Modulabschlussprüfung, benotet</b>			
<b>bestehend aus:</b>		mündliche Prüfung (ca. 30 Min.) oder Klausur (90 Min.)	

Modul	Modulname	Art des Moduls	CP
VKTHASTB	<b>Spezielle Themen der theoretischen Astrophysik für BSc-Studierende</b>	Wahlpflichtmodul	5–11
<b>Inhalte</b>			
<p>abhängig von den gewählten Lehrveranstaltungen; Inhalte können sein:</p> <p><i>Theoretische Astrophysik:</i> Theoretische Grundlagen der Physik, Strahlung, Hydrodynamik, Plasmaphysik, Magnetohydrodynamik, Stellare Dynamik</p> <p><i>Astroteilchenphysik:</i> Elemente des Standardmodells der Teilchenphysik, Grundlagen der Thermodynamik der Quantengase, die Zustandsgleichung der Materie bei extremen Dichten (Wigner-Seitz und Thomas-Fermi Modelle) Hydrostatisches Gleichgewicht in Newtonscher Theorie, Chandrasekhar-Masse für Weiße Zwerge, Kühlung der Weißen Zwerge, die Dichtefunktionaltheorie der Kernmaterie, Hypernukleare Materie, Struktur der Sterne in der ART, Oppenheimer-Volkoff-Gleichungen, Kühlung der Neutronensterne, Suprafluidität und Supraleitung in Neutronensternen, Kosmologische Modelle, Teilchenphysik des frühen Universums.</p> <p><i>Struktur und Dynamik Extragalaktischer Systeme:</i> Innere Struktur und Physik extragalaktischer Systeme (Galaxien, Galaxienhaufen, Intergalaktische Materie) sowie ihre räumliche Verteilung und Dynamik. Großräumige Struktur und Entwicklung des Kosmos. Relevante Beobachtungen und Modelle.</p> <p><i>Struktur und Dynamik der Galaxis:</i> Komponenten der Galaxis: Sterne, Sternhaufen, interstellare Materie, Magnetfelder, kosmische Strahlung, räumliche Verteilung, Kinematik und Dynamik, Interpretation von Beobachtungsdaten</p> <p><i>Innere Struktur und Dynamik der Sterne:</i> Grundprinzipien des Sternaufbaus, Zustandsgleichung, Energietransport, Energiequellen, Sterne auf der Hauptreihe, die Sonne, Nach-Hauptreihen-Entwicklung, Endstadien der Sternentwicklung, Pulsationen und Astroseismologie, Novae und Supernovae</p> <p><i>Astrophysikalische Koordinatensysteme, Zeitrechnung, Kalenderrechnung:</i> Astrophysikalische Koordinatensysteme und ihre Anwendung in der Astrophysik, Kalender und Zeitrechnung, Definition des Tages und des Jahres</p> <p>Die Studierenden müssen mindestens zwei und können maximal drei Lehrveranstaltungen absolvieren. Dabei kann frei aus den verfügbaren Lehrveranstaltungen ausgewählt werden.</p>			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
<p>Dieses Modul bereitet die Studierenden auf eine Abschlussarbeit im Bereich Astronomie/Astrophysik vor. Nach Absolvieren des Moduls sind die Studierenden in dem von ihnen gewählten Vertiefungsbereich in der Lage, sich selbstständig in die aktuelle astrophysikalische Forschung einzuarbeiten bzw. direkt zu ihr beizutragen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden können aktuelle astrophysikalische Fachbegriffe verstehen.</li> <li>• Die Studierenden besitzen die vertiefenden Grundlagen, die diversen astrophysikalische Systeme basierend auf verschiedenen theoretischen Ansätzen einzuordnen.</li> <li>• Die Studierenden gewinnen ein umgreifendes Konzept für astronomische Größenordnungen.</li> <li>• Die Studierenden können Verknüpfungen zwischen Mikro- und Makrokosmos erstellen.</li> <li>• Die Studenten können aktuelle Fragestellungen der modernen Astrophysik wissenschaftlich untersuchen.</li> </ul>			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
keine			



<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b>	
<b>Teilnahmenachweise</b>	abhängig von den gewählten Lehrveranstaltungen: regelmäßige Teilnahme an den Übungen im Fall von Lehrveranstaltungen mit Übungen, regelmäßige Teilnahme am Seminar im Fall von Seminaren, regelmäßige Teilnahme am Praktikum im Fall von Praktika, keine im Fall von Vorlesungen ohne begleitende Übungen, Seminare oder Praktika
<b>Leistungsnachweise</b>	erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben oder Fachgespräch (ca. 30 Min.) oder Test oder Fachgespräch (ca. 30 Min.) plus Vortrag
<b>Prüfungsvorleistungen</b>	Erbringen aller Leistungsnachweise in der Lehrveranstaltung, zu der die lehrveranstaltungsbezogene Modulprüfung stattfinden soll
<b>Lehr- / Lernformen</b>	Vorlesungen, Übungen
<b>Modulprüfung</b>	
<b>Modulabschlussprüfung, benotet</b>	Die Modulprüfung zu diesem Modul erfolgt lehrveranstaltungsbezogen: In einer Lehrveranstaltung des Moduls nach Wahl der oder des Studierenden werden sowohl die konkreten Inhalte der jeweiligen Lehrveranstaltung als auch die übergeordneten Lernziele des Moduls abgeprüft. Alle anderen von der oder dem Studierenden in diesem Modul absolvierten Lehrveranstaltungen werden mit den oben aufgeführten Leistungsnachweisen abgeschlossen.
<b>bestehend aus:</b>	mündliche Prüfung (ca. 30 Min.) oder Klausur (90 Min.)

Modul	Modulname	Art des Moduls	CP
VKEXASTB	<b>Spezielle Themen der experimentellen Astrophysik für BSc-Studierende</b>	Wahlpflichtmodul	6–10
<b>Inhalte</b>			
<p>abhängig von den gewählten Lehrveranstaltungen; Inhalte können sein:</p> <p><i>Thermodynamik im Alltag:</i> Die Vorlesung beleuchtet eine Reihe von alltäglichen Phänomenen und Konstrukten unter thermodynamischen Gesichtspunkten, z.B.: Wärmebilanz von Lebewesen, Temperatur der Atmosphäre, Kältemaschinen, Verbrennungsmotoren, Wärmetauscher, Kochen, Sterne, Planeten</p> <p><i>Stern- und Planetenentstehung:</i> Physikalische Prozesse in sternbildenden Wolken, gravitative Instabilität, Strahlungstransport, Sternentstehung auf verschiedenen Skalen, Entstehung von interstellaren Wolken deren Entwicklung, Fragmentation und Kollaps, Vor-Hauptreihenentwicklung, Scheibenbildung, Planetenentstehung</p> <p><i>Experimentelle Tests der Relativitätstheorie:</i> Grundlagen der speziellen Relativitätstheorie, Experimente zur speziellen Relativitätstheorie, Grundlagen der allgemeinen Relativitätstheorie, Experimente zur allgemeinen Relativitätstheorie</p> <p><i>Experimente zur nuklearen Astrophysik:</i> Messung von Reaktionen mit geladenen Teilchen, Messung von photoneninduzierten Reaktionen, Messung von neutroneninduzierten Reaktionen</p> <p><i>Physik und Chemie des Interstellaren Mediums:</i> Dynamik des interstellaren Gases, hydrodynamische Instabilitäten, Turbulenz. Entstehung und Strahlung des interstellaren Gases, Staubs, PAHs (Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe). Energiegleichgewicht des ISM, Phasen des ISM, chemische Phasenübergänge. Chemische Prozesse, Bildung und Zerstörung von Atomen und Molekülen im ISM, Wechselwirkung Physik und Chemie. Spezielle interstellare Regionen: HII Regionen, diffuse Galaktische Wolken, Molekülwolken, Photonendominierte Regionen, X-Ray Dominierte Regionen, interstellare Schocks und Supernova-Überreste, Planetare Nebel. The dynamics of the interstellar gas, hydrodynamic instabilities, turbulence. Formation of and radiation from interstellar gas, dust and polycyclic aromatic hydrocarbons. The energy balance of the ISM, phases of the ISM and chemical phase transitions. Chemical processes, formation and destructions of atoms and molecules in the ISM, Interaction physics-chemistry. Special interstellar regions: HII regions, diffuse Galactic clouds, molecular clouds, photon-dominated regions and X-ray dominated regions, interstellar shocks and supernova remnants, planetary nebulae.</p> <p><i>Datenanalyse in Physik und Astronomie:</i> In der Vorlesung werden die Grundlagen der Datenanalyse sowie die Anwendung statistischer Methoden auf Daten aus der Astronomie und anderen Gebieten vorgestellt. Der Kurs behandelt folgende Themen: Deskriptive Statistik, Fehler und Unsicherheiten, Fehlerfortpflanzung, Wahrscheinlichkeit, Wahrscheinlichkeitsverteilungen, mathematische Statistik (induktive Statistik bzw. Inferenzstatistik), Datenglättung, Interpolationsverfahren, Regressionsanalyse, Multivariate Verfahren, Methode der kleinsten Quadrate, Korrelationsanalyse, Hypothesentests und Anpassungstests. Praktische Aspekte, wie Datenvisualisierung, Datenformate sowie die Arbeit mit realen Daten spielen eine wichtige Rolle. Bei ausreichend Zeit werden zusätzliche Themen wie Bildbearbeitung, astronomische Datenreduktion und andere vorgestellt. Vorlesungsinhalte werden oft anhand realer, astronomischer Daten vorgestellt. Die Inhalte der Vorlesung sind aber auf alle wissenschaftlichen Gebiete anwendbar.</p> <p>The lecture introduces the basic aspects of data analysis and the application of statistical methods to data in astronomy and other sciences.</p> <p>The course covers the following topics: Descriptive statistics, uncertainties and errors, error propagation, probability distributions, statistical inference, data smoothing, interpolation, regression, multivariate analysis, least-squares fitting, correlation analysis, hypothesis testing, correlation and testing fits. We will also cover practical aspects, such as plotting and presenting data, data formats, and work with real data. If time allows additional topics like image processing, astronomical data reduction, and others will be introduced.</p> <p>The course will often use real astronomical data or applications from astronomy, but the contents of the course are of course applicable to all physical sciences.</p>			

*Kernphysikalische Methoden in Forschung und Industrie:*

- Einführung und Kernphysikalische Grundlagen: Grundbegriffe, Kernreaktionen, Radioaktiver Zerfall
- Industrielle Anwendungen in Materialentwicklung und Analyse: Historische Anwendungen, Materialforschung, Sterilisation und Mutations Anwendungen, Tiefbohrungsanalyse
- Kernenergie und erneuerbare Energien: Fusion und Spaltung, Reaktoren, Reaktorgefahren und Speicher, Fusionsreaktoren, Erneuerbare Energien;
- Medizinische Anwendungen in Diagnostik and Behandlung: Radiographie, Bildgebende Verfahren, Bestrahlungsmethoden und Techniken;
- Isotopenanalyse und Iso-scapes: Isotopenverteilung und Fraktionierungsprozesse, Iso-Scapes, Klimaanalyse mit  $^{18}\text{O}$ , Forensische und biologische Anwendungen
- Anwendung in Kunst und Archäologie: Radiologie, XRF und PIXE, Raman Spektroskopie, Radiokarbon Methode, Thermolumineszenz
- Der Bombenpeak: Ursprung des Bombenpeaks, Anwendungen des Bombenpeaks
- Gesellschaftliche Ängste: Zukunftshoffnungen mit und Zukunftsängste vor neuen Techniken

Die Studierenden müssen mindestens zwei und können maximal drei Lehrveranstaltungen absolvieren. Dabei kann frei aus den verfügbaren Lehrveranstaltungen ausgewählt werden.

**Lernergebnisse/Kompetenzziele**

Ziel des Moduls ist es, experimentelle Methoden kennen zu lernen, die im großen Rahmen der Astrophysik angewandt werden. Den Studierenden werden die grundlegende Herangehensweise der beobachtungsorientierten Modellbildung und der daraus resultierenden Notwendigkeit für experimentelle Belege an Beispielen dargelegt. Mit dem Abschluss des Moduls sollen die Studierenden in der Lage sein, Experimente zu konzipieren sowie deren Signifikanz und systematische Unsicherheiten zu diskutieren.

**Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls**

keine

**Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen**

**Teilnahmenachweise**

abhängig von den gewählten Lehrveranstaltungen: regelmäßige Teilnahme an den Übungen im Fall von Lehrveranstaltungen mit Übungen, regelmäßige Teilnahme am Seminar im Fall von Seminaren, regelmäßige Teilnahme am Praktikum im Fall von Praktika, keine im Fall von Vorlesungen ohne begleitende Übungen, Seminare oder Praktika

**Leistungsnachweise**

erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben oder Fachgespräch (ca. 30 Min.) oder Test

**Prüfungsvorleistungen**

keine

**Lehr- / Lernformen**

Vorlesungen, Übung

**Modulprüfung**

**Modulabschlussprüfung, benotet**

**bestehend aus:**

mündliche Prüfung (ca. 30 Min.) zu den Inhalten aller von dem oder der Studierenden besuchten Lehrveranstaltungen des Moduls

#### 4.2.3 Kern- und Elementarteilchenphysik

Modul	Modulname	Art des Moduls	CP
VTHKP1	<b>Einführung in die Theoretische Kern- und Elementarteilchenphysik I</b>	Wahlpflichtmodul	6
<b>Inhalte</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nuclear models: liquid drop model, Fermi-Gas Model, Shell Model, Deform Shell Model</li> <li>• Collective Nuclear Models</li> <li>• Nucleon-Nucleon Interaction</li> <li>• Hartree-Fock Theory</li> <li>• The Klein-Gordon equation</li> <li>• Covariant electrodynamics</li> <li>• The Dirac equation</li> <li>• Quantum chromodynamics</li> <li>• Symmetries of QCD</li> </ul>			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
<p>Nach Absolvieren des Moduls sind die Studierenden im Bereich der elementaren Kernphysik und relativistischen Quantenmechanik in der Lage, sich selbstständig in die aktuelle Forschung einzuarbeiten. Die Studierenden kennen alle wesentlichen Konzepte und Fachbegriffe und verstehen deren inhaltliche Zusammenhänge. Die Studierenden können forschungsnahen Problemstellungen thematisch einordnen und mit den vermittelten Methoden analysieren. Die Studierenden können weiterführende Informationen zu einer gegebenen Fragestellung in Fachliteratur und Internet recherchieren. Die Studierenden können aktuelle wissenschaftliche Publikationen verstehen und wiedergeben. Die Studierenden besitzen das theoretische Rüstzeug, um eine gegebene wissenschaftliche Fragestellung selbst quantitativ zu untersuchen und zu beantworten.</p>			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
keine			
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>	regelmäßige Teilnahme an den Übungen		
<b>Leistungsnachweise</b>	erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben		
<b>Prüfungsvorleistungen</b>	Erbringen aller Leistungsnachweise		
<b>Lehr- / Lernformen</b>	Vorlesung, Übung		
<b>Modulprüfung</b>			
<b>Modulabschlussprüfung, benotet</b>			
<b>bestehend aus:</b>	mündliche Prüfung (ca. 30 Min.) oder Klausur (90 Min.)		

Modul VTHKP2	Modulname <b>Einführung in die Theoretische Kern- und Elementarteilchenphysik II</b>	Art des Moduls Wahlpflichtmodul	CP 6
<b>Inhalte</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduction to Quantum Chromodynamics (QCD): The constituent quark model, basic hadrons in the quark model; Non-abelian gauge field theory – QCD; SU(N) symmetry; Approximate symmetries of QCD – chiral symmetry; Feynman diagrams</li> <li>• Effective Models: Thermodynamic models; String model; Non-equilibrium models and transport approaches to strongly interacting systems</li> <li>• Heavy Ion Interactions: relativistic heavy-ion collisions at GSI, FAIR, CERN, LHC; Quark-Gluon-Plasma (QGP), Observables for the QGP</li> </ul>			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
<p>Nach Absolvieren des Moduls sind die Studierenden im Bereich der modernen Schwerionen- und Teilchenphysik in der Lage, sich selbstständig in die aktuelle Forschung einzuarbeiten. Die Studierenden kennen alle wesentlichen Konzepte und Fachbegriffe und verstehen deren inhaltliche Zusammenhänge. Die Studierenden können forschungsnahen Problemstellungen thematisch einordnen und mit den vermittelten Methoden analysieren. Die Studierenden können weiterführende Informationen zu einer gegebenen Fragestellung in Fachliteratur und Internet recherchieren. Die Studierenden können aktuelle wissenschaftliche Publikationen verstehen und wiedergeben. Die Studierenden besitzen das theoretische Rüstzeug, um eine gegebene wissenschaftliche Fragestellung selbst quantitativ zu untersuchen und zu beantworten.</p>			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
keine			
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>		regelmäßige Teilnahme an den Übungen	
<b>Leistungsnachweise</b>		erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben	
<b>Prüfungsvorleistungen</b>		Erbringen aller Leistungsnachweise	
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesung, Übung	
<b>Modulprüfung</b>			
<b>Modulabschlussprüfung, benotet</b>			
<b>bestehend aus:</b>		mündliche Prüfung (ca. 30 Min.) oder Klausur (90 Min.)	

Modul VQFT1	Modulname <b>Einführung in die Quantenfeldtheorie und das Standardmodell der Teilchenphysik</b>	Art des Moduls Wahlpflichtmodul	CP 8
<b>Inhalte</b>			
Relativistische Wellengleichungen, klassische Feldtheorie im Lagrangeformalismus, Symmetrien und Noethersches Theorem; Einführung Quantenfeldtheorie: kanonische Quantisierung für Skalar-, Spinor- und Vektorfelder, Störungstheorie, Feynman-Diagramme; Abelsche und nichtabelsche Eichfelder, Quantenelektrodynamik und Quantenchromodynamik, Berechnung einfacher Prozesse, die schwache Wechselwirkung, vereinigte Beschreibung der Wechselwirkungen im Standardmodell.			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
Das Modul befähigt Studierende zur Behandlung von relativistischen Quantensystemen mit unendlich vielen Freiheitsgraden. Sie können den allgemeinen Formalismus auf die fundamentalen Wechselwirkungen des Standardmodells der Teilchenphysik anwenden und sind in der Lage, Streuquerschnitte für alle elementaren Prozesse in führender Näherung zu berechnen. Nach Abschluss des Moduls können Studierende Bachelor- oder Masterarbeiten in der theoretischen Teilchenphysik bearbeiten.			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
keine			
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>		regelmäßige Teilnahme an den Übungen	
<b>Leistungsnachweise</b>		erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben	
<b>Prüfungsvorleistungen</b>		Erbringen aller Leistungsnachweise	
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesung, Übung	
<b>Modulprüfung</b>			
<b>Modulabschlussprüfung, benotet</b>			
<b>bestehend aus:</b>		mündliche Prüfung (ca. 30 Min.) oder Klausur (90 Min.)	

Modul VQFT2	Modulname <b>Fortgeschrittene Quantenfeldtheorie und Quantenchromodynamik</b>	Art des Moduls Wahlpflichtmodul	CP 8
<b>Inhalte</b>			
Feldquantisierung im Pfadintegralformalismus, Feynmanregeln der QCD und perturbative Auswertung, Renormierung und Renormierungsgruppe, asymptotische Freiheit und nichtperturbative Physik, Einführung in die Gittereichtheorie			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
Einführung sehr allgemeiner theoretischer Konzepte (Pfadintegrale, Renormierungstheorie) und ihre Anwendung auf konkrete, beobachtbare Systeme. Erkennen der Analogien zwischen statistischen und quantenfeldtheoretischen Systemen. Erlernen nichtperturbativer Techniken zur Evaluation von Feldtheorien.			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
keine			
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>		regelmäßige Teilnahme an den Übungen	
<b>Leistungsnachweise</b>		erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben	
<b>Prüfungsvorleistungen</b>		Erbringen aller Leistungsnachweise	
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesung, Übung	
<b>Modulprüfung</b>			
<b>Modulabschlussprüfung, benotet</b>			
<b>bestehend aus:</b>		mündliche Prüfung (ca. 30 Min.) oder Klausur (90 Min.)	

Modul VKT1	Modulname <b>Quarkstruktur der Materie</b>	Art des Moduls Wahlpflichtmodul	CP 6
<b>Inhalte</b>			
Elastische und inelastische Elektron- und Neutrinostreuung, Formfaktoren des Protons, Strukturfunktionen, Partonstruktur, Phänomenologie der Quantenchromodynamik, Farben, Gluonen, laufende Kopplung, Quarkonia, Baryonen und leichte Mesonen			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
Das Modul vermittelt Kenntnisse über die elementare Struktur der Materie auf der Ebene von Quarks und Gluonen und gibt einen Einblick in die Phänomenologie der elementaren starken Wechselwirkung. Ziel der Vorlesung ist insbesondere die Vermittlung des Konzeptes des Streuexperimentes. Es soll herausgearbeitet werden, wie aus den ermittelten Streudaten die jeweilige Information zur Struktur der Materie gezogen werden kann.			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
keine			
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>		regelmäßige Teilnahme an den Übungen	
<b>Leistungsnachweise</b>		erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben	
<b>Prüfungsvorleistungen</b>		Erbringen aller Leistungsnachweise	
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesung, Übung	
<b>Modulprüfung</b>			
<b>Modulabschlussprüfung, benotet</b>			
<b>bestehend aus:</b>		mündliche Prüfung (ca. 30 Min.) oder Klausur (90 Min.)	



Modul	Modulname	Art des Moduls	CP
VKT2	<b>Schwache Wechselwirkung und fundamentale Symmetrien</b>	Wahlpflichtmodul	6
<b>Inhalte</b>			
Schwache Wechselwirkung: Leptonen, Quarkmischungen, Neutrinooszillationen, Paritätsverletzung, Vektor-Axialvektor Kopplung, Neutrale Kaonen, CP-Verletzung, elektroschwache Vereinheitlichung.			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
Die Vorlesung behandelt die Eigenschaften der schwachen Wechselwirkung, anhand derer die wichtigsten Merkmale des Standardmodells und seine freien Parameter diskutiert werden. Wichtige Konzepte der modernen Teilchenphysik wie Mischung und Oszillation werden behandelt. Die Vorlesung endet mit einem Ausblick auf die aktuellen offenen Fragen des Feldes wie der elektroschwachen Symmetriebrechung und Physik jenseits des Standardmodells. Die ausführliche Diskussion von Schlüsselexperimenten soll die Fähigkeit schärfen, eine Verknüpfung zwischen experimenteller Beobachtung und physikalischem Sachverhalt herzustellen.			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
keine			
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>		regelmäßige Teilnahme an den Übungen	
<b>Leistungsnachweise</b>		erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben	
<b>Prüfungsvorleistungen</b>		Erbringen aller Leistungsnachweise	
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesung, Übung	
<b>Modulprüfung</b>			
<b>Modulabschlussprüfung, benotet</b>			
<b>bestehend aus:</b>		mündliche Prüfung (ca. 30 Min.) oder Klausur (90 Min.)	

Modul VKT3	Modulname <b>Starke Kernkraft und Kernmodelle</b>	Art des Moduls Wahlpflichtmodul	CP 6
<b>Inhalte</b>			
Starke Kernkraft, Deuteron, Streuexperimente, Streulänge, Fermigasmodell und Schalenmodell, Transferreaktionen, Elektromagnetische Kernübergänge, Kollektive Kernanregungen			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
Dieses weiterführende Modul richtet sich an Studierende, die sich auf eine Abschlussarbeit im Bereich Kern- und Teilchenphysik vorbereiten. In ihm werden vorhandene Kenntnisse der Kernphysik vertieft und mit aktuellen Forschungsthemen verknüpft. Die Studierenden werden in die Lage versetzt,			
<ul style="list-style-type: none"> <li>- forschungsnahe Problemstellungen thematisch einzuordnen und mit den vermittelten Methoden zu bearbeiten;</li> <li>- die Grenzen der Gültigkeit verschiedener kernphysikalischer Konzepte zu erkennen und geeignete Ansätze zu benennen;</li> <li>- Aufbau und Konzept aktueller kernphysikalischer Experimente zu beurteilen und zu deren Optimierung beizutragen;</li> <li>- Themen der aktuellen kernphysikalischen Forschung eigenständig in der Fachliteratur zu recherchieren und wiederzugeben.</li> </ul>			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
keine			
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>		regelmäßige Teilnahme an den Übungen	
<b>Leistungsnachweise</b>		erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben	
<b>Prüfungsvorleistungen</b>		Erbringen aller Leistungsnachweise	
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesung, Übung	
<b>Modulprüfung</b>			
<b>Modulabschlussprüfung, benotet</b>			
<b>bestehend aus:</b>		mündliche Prüfung (ca. 30 Min.) oder Klausur (90 Min.)	

Modul	Modulname	Art des Moduls	CP
VKT4B	<b>Kern- und Teilchenphysik 4 für BSc-Studierende</b>	Wahlpflichtmodul	5
<b>Inhalte</b>			
abhängig von den gewählten Lehrveranstaltungen; Inhalte können sein:			
<p><i>Kern- und Teilchenphysik 4a: Elektromagnetische Sonden der subatomaren Materie:</i> Photonselbstenergie, Elektronenstreuung, Paarvernichtung, zeitartige/raumartige Photonen, Parton-Verteilungsfunktionen, elektromagnetische Formfaktoren, Dalitz-Zerfälle, Übergangsformfaktoren von Hadronen, In-Medium Spektralfunktionen von Hadronen, thermische Photonen, Di-Leptonen.</p> <p><i>Kern- und Teilchenphysik 4b: Physik des Quark-Gluon Plasmas:</i> Das Phasendiagramm der Quanten-Chromodynamik, Experimente der ultra-relativistischen Schwerionenphysik, Reaktionsdynamik und globale Observablen, Sonden des Quark-Gluon Plasmas: Seltsame Teilchen, Jets, Photonen und <math>J/\psi</math></p> <p><i>Kern- und Teilchenphysik 4c: Resonanzphysik der Hadronen:</i> QCD-Bindungszustände (klassische, angeregte und exotische Systeme); Reaktionsmechanismen (Produktion und Zerfall von Hadronen); Statisches Quarkmodell und SU(3) und die Konsequenzen; Realistische Quarkmodelle; Analysemethoden und Systematik (sehr ausführlich); Experimente zur Hadronenspektroskopie (gestern, heute und morgen)</p> <p><i>Kern- und Teilchenphysik 4d: Physik schwerer Quarks und Quarkonia:</i> Produktionsprozesse schwerer Quarks (pQCD), Hadronen mit schweren Quarks (D/B Mesonen, Baryonen und Quarkonia), Verteilungsfunktion, Flavoroszillationen, nicht-relativistische Schrödingergleichung, Zerfälle, experimentelle Messungen, theoretische Modelle (FONLL, CSM, CEM, NRQCD) und Simulationen (PYTHIA, POWHEG) in Nukleon-Nukleon Kollisionen, Energieverlust und Thermalisierung schwerer Quarks im QGP, Unterdrückung und Regeneration von Quarkonia im QGP.</p> <p><i>Kern- und Teilchenphysik 4e: Strangeness in Schwerionenkollisionen:</i> Strangeness als Signatur für das Quark-Gluon-Plasma, schwache Zerfälle, Identifikation von Teilchen, Hadronenproduktion im statistischen-thermischen Modell, Strangeness-Enhancement bzw. Alternativen (Energie- und Multiplizitätsabhängigkeit), Kaon-Nukleon-Potential, Kaonen in Kernen und kaonische Atome, Hyperkerne, Transportmodelle, Kaonische Cluster, Strangeness-Produktion unterhalb der Schwelle.</p>			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
Die Studierenden erwerben vertiefte Kenntnisse in einem Spezialgebiet der Hochenergie-Kernphysik. Dazu stehen vier Lehrveranstaltungen zur Auswahl, von denen eine absolviert werden muss. In diesen wird eine Übersicht über den aktuellen Stand und die Methoden des jeweiligen Spezialgebietes gegeben. Das erworbene Fachwissen ist bei der Anfertigung von Bachelor- und Master-Arbeiten in diesem Fachgebiet von Wichtigkeit.			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
keine			
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>		keine	
<b>Leistungsnachweise</b>		keine	
<b>Prüfungsvorleistungen</b>		keine	
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesung	
<b>Modulprüfung</b>			
<b>Modulabschlussprüfung, benotet</b>			
<b>bestehend aus:</b>		mündliche Prüfung (ca. 30 Min.) oder Klausur (90 Min.) in der von dem oder der Studierenden gewählten Vorlesung	

Modul	Modulname	Art des Moduls	CP
VDP	<b>Physik der Teilchendetektoren</b>	Wahlpflichtmodul	6
<b>Inhalte</b>			
<p>Das Modul dient der fachlichen Spezialisierung auf dem Gebiet der experimentellen Kern- und Teilchenphysik. Die Vorlesung dient als Ergänzung zu den Modulen VEX4A und VKT1–4 und ist eine Vorbereitung auf das Fortgeschrittenenpraktikum und eine BA/MA-Arbeit in diesem Spezialgebiet. Es werden die physikalischen Grundlagen zum Nachweis von Teilchenstrahlung vermittelt. Neben der Diskussion der Wechselwirkungen von Strahlung mit Materie werden die wichtigsten Detektortypen und ihre Anwendungen in aktuellen und geplanten Experimenten der Kern- und Teilchenphysik vorgestellt. Erworbenes Wissen kann auf andere Bereiche der experimentellen Physik angewendet werden.</p>			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
<p>Aufgrund seiner inhaltlichen Verbindung der Gründe und Techniken für den Teilchennachweis, den Grundlagen der elementaren Wechselwirkung von Teilchen mit Materie und Engineering-Aspekten sind die Studierenden auf die Konzeption und den Umgang mit modernen Teilchendetektoren vorbereitet. Die Studierenden kennen die wesentlichen Techniken des Teilchennachweises. Den Studierenden sind die grundlegenden Konzepte und technologischen Randbedingungen geläufig. Die Studierenden kennen komplexe moderne Detektorarrangements.</p>			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
keine			
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>		regelmäßige Teilnahme an den Übungen	
<b>Leistungsnachweise</b>		erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben	
<b>Prüfungsvorleistungen</b>		Erbringen aller Leistungsnachweise	
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesung, Übung	
<b>Modulprüfung</b>			
<b>Modulabschlussprüfung, benotet</b>			
<b>bestehend aus:</b>		mündliche Prüfung (ca. 30 Min.) oder Klausur (90 Min.)	

Modul	Modulname	Art des Moduls	CP
VANAHEP	<b>Analysemethoden der Experimentellen Hochenergiephysik</b>	Wahlpflichtmodul	5
<b>Inhalte</b>			
Concepts of Data Analysis in High-Energy Physics, Modular Programming, Control Structures, Basic Variables, Functions, Objects, Encapsulation, Histograms, Trees and NTuples, Monte-Carlo Techniques and Random Number Generators, Analysis of Experimental Data (Exemplary Data Analysis, Acceptance & Efficiency Corrections)			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
Einführung in die Datenanalyse von Hochenergieexperimenten mit C++ und ROOT. Neben einer Einführung in die Grundlagen der Programmierung werden grundlegende Techniken in der Datenanalyse exemplarisch erarbeitet.			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
keine			
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>		keine	
<b>Leistungsnachweise</b>		keine	
<b>Prüfungsvorleistungen</b>		keine	
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesung	
<b>Modulprüfung</b>			
<b>Modulabschlussprüfung, benotet</b>			
<b>bestehend aus:</b>		mündliche Prüfung (ca. 30 Min.) oder Klausur (90 Min.)	

Modul	Modulname	Art des Moduls	CP
VANAHEP2	<b>Fortgeschrittene Analysemethoden der Experimentellen Hochenergiephysik</b>	Wahlpflichtmodul	5
<b>Inhalte</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Signal- und Systemtheorie: Analyse von Systemen, Fourier- und Laplace-Transformation, Signalformung, Abtasttheorem, Digitalisierung, Rauschen, DFT, FFT</li> <li>• Moderne Multi-Level Triggersysteme, Bestimmung von Triggereffizienzen durch Monte-Carlo Simulationen, Moderne Datennahmesysteme</li> <li>• Methoden und Algorithmen zur Rekonstruktion von Kollisionspunkt und Teilchenspuren (Vertexing und Tracking)</li> <li>• Clusterfindungsalgorithmen und Jetrekonstruktion (Jet-Finding algorithms)</li> <li>• Spezielle Statistische Methoden: Bestimmung von Signifikanz-Intervallen und oberen Schranken, p-Value, Likelihood, Bayesian Analysis, Unfolding</li> <li>• Multivariate Analysemethoden (MVAM) und Machine Learning</li> <li>• Debugging-Werkzeuge und Skriptsprachen</li> <li>• ROOT und Interfaces zu speziellen Softwarepaketen</li> </ul>			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
Die Studierenden beherrschen im Detail verschiedene Analysemethoden, die in der aktuellen Forschung im Bereich der experimentellen Hochenergiephysik angewandt werden und in der Basislehrveranstaltung <i>Analysemethoden der Experimentellen Hochenergiephysik</i> nur kurz andiskutiert werden können.			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
keine			
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>		keine	
<b>Leistungsnachweise</b>		keine	
<b>Prüfungsvorleistungen</b>		keine	
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesung	
<b>Modulprüfung</b>			
<b>Modulabschlussprüfung, benotet</b>			
<b>bestehend aus:</b>		mündliche Prüfung (ca. 30 Min.) oder Klausur (90 Min.)	

Modul	Modulname	Art des Moduls	CP
VKHEPB	<b>Spezielle Themen der Kern- und Elementarteilchenphysik für BSc-Studierende</b>	Wahlpflichtmodul	6–12
<b>Inhalte</b>			
abhängig von den gewählten Lehrveranstaltungen; Inhalte können sein:			
<p><i>Transporttheorie:</i> Verteilungsfunktionen, Boltzmannsche kinetische Gleichung, Relaxationszeitnäherung, Transportkoeffizienten, kinetische Prozesse in externen Felder, Virial-Entwicklung, kinetische Theorie der Plasmen, Landau Dämpfung, Lorentz-Plasma, kinetische Koeffizienten in starken Magnetfeldern, elektromagnetische Wellen, Fermi-Flüssigkeiten, thermische Leitfähigkeit und Viskosität der Fermi-Flüssigkeiten, Schalldämpfung in Fermi-Flüssigkeiten, kinetische Gleichung für Bose Teilchen, Nichtgleichgewichts-Greensfunktionen, Fluktuations-Dissipations Theorem, statistischer Operator im Nichtgleichgewicht, Variationsrechnungen für Transportkoeffizienten, Anwendungen der Kubo Formel.</p> <p><i>Thermische Quantenfeldtheorie:</i> Pfadintegral und thermische Zustandssumme, „imaginary-time“ Formalismus, Störungstheorie, Feynmandiagramme und Temperatur, Skalar-, Dirac- und Eichfelder bei endlichen Temperaturen, Anwendungen im Standardmodell (QED, QCD), Phasenübergänge. Optional: endliche Dichte, magnetische Hintergrundfelder, effektive Theorien; „real-time“ Formalismus, Resummation und Grenzen der Störungstheorie, Linear Response.</p> <p><i>Erweiterter Hamilton-Lagrange Formalismus in Punktmechanik und Feldtheorie 1:</i> Rückblick gewöhnlicher Hamilton-Lagrange-Formalismus, Erweiterung, so dass die Zeit von einem Parameter zu einer dynamischen Variablen wird, erweiterte, kanonische Transformation, Beispiele: Lorentz-Transformation. verallgemeinertes Noether Theorem, Anwendung: relativistisches Pfadintegral, Hamilton-Lagrange Formalismus in der Feldtheorie: kanonische Transformationen, Poisson-Klammern, Liouville-Theorem, Anwendung: Noether Theorem in der Feldtheorie, Eichtheorien, Feynman Formalismus, Ausblick: Erweiterte kanonische Transformationen in der Feldtheorie (dynamische Raumzeit)</p> <p><i>Erweiterter Hamilton-Lagrange Formalismus in Punktmechanik und Feldtheorie 2:</i> Rückblick Erweiterter Hamilton-Lagrange-Formalismus der Punktmechanik, erweiterte, kanonische Transformation, Beispiele: Lorentz-Transformation. verallgemeinertes Noether Theorem. Anwendung: relativistisches Pfadintegral, Hamilton-Lagrange Formalismus in der Feldtheorie: kanonische Transformationen, Poisson-Klammern, Liouville-Theorem, Anwendung: Noether Theorem in der Feldtheorie, Eichtheorien Erweiterte kanonische Transformationen in der Feldtheorie (dynamische Raumzeit)</p> <p><i>Spezielle Relativitätstheorie:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vierer-Vektoren, relativistische Kinematik, Anwendungsbeispiele</li> <li>• Lorentz-Transformation, Poincare-Gruppe, Noether-Theorem</li> <li>• Relativistische Formulierung der Elektrodynamik und Hydrodynamik</li> <li>• Einführung in relativistische Wellengleichungen</li> </ul> <p><i>Konzepte der modernen theoretischen Physik:</i> Darstellung übergreifender Zusammenhänge in der Physik an Beispielen aus der Mechanik, Elektrodynamik, und Quantenmechanik. Grundlegende Einführung und Vertiefung der Begriffe der speziellen Relativitätstheorie und in Symmetrien und Gruppen am Beispiel der Rotationsgruppe und der Lie-Gruppen. Formulierung der Theorien im (relativistischen) Lagrangeformalismus.</p> <p>Die Studierenden müssen mindestens zwei und können maximal drei Lehrveranstaltungen absolvieren. Dabei kann frei aus den verfügbaren Lehrveranstaltungen ausgewählt werden.</p>			

### Lernergebnisse/Kompetenzziele

Dieses Modul bereitet die Studierenden auf eine Abschlussarbeit im Bereich Kern- und Elementarteilchenphysik vor. Nach Absolvieren des Moduls sind die Studierenden in dem von ihnen gewählten Vertiefungsbereich in der Lage, sich selbstständig in die aktuelle Forschung einzuarbeiten bzw. direkt zu ihr beizutragen:

- Die Studierenden kennen alle wesentlichen Konzepte und Fachbegriffe und verstehen deren inhaltliche Zusammenhänge.
- Die Studierenden können forschungsnahe Problemstellungen thematisch einordnen und mit den vermittelten Methoden analysieren.
- Die Studierenden können weiterführende Informationen zu einer gegebenen Fragestellung in Fachliteratur und Internet recherchieren.
- Die Studierenden können aktuelle wissenschaftliche Publikationen verstehen und wiedergeben.
- Die Studierenden besitzen das experimentelle oder theoretische Rüstzeug, um eine gegebene wissenschaftliche Fragestellung selbst quantitativ zu untersuchen und zu beantworten.

### Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls

keine

### Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen

#### Teilnahmenachweise

abhängig von den gewählten Lehrveranstaltungen: regelmäßige Teilnahme an den Übungen im Fall von Lehrveranstaltungen mit Übungen, regelmäßige Teilnahme am Seminar im Fall von Seminaren, regelmäßige Teilnahme am Praktikum im Fall von Praktika, keine im Fall von Vorlesungen ohne begleitende Übungen, Seminare oder Praktika

#### Leistungsnachweise

erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben oder Fachgespräch (ca. 30 Min.) oder Test

#### Prüfungsvorleistungen

Erbringen aller Leistungsnachweise in der Lehrveranstaltung, zu der die lehrveranstaltungsbezogene Modulprüfung stattfinden soll

### Lehr- / Lernformen

Vorlesungen, Übungen

### Modulprüfung

#### Modulabschlussprüfung, benotet

Die Modulprüfung zu diesem Modul erfolgt lehrveranstaltungsbezogen: In einer Lehrveranstaltung des Moduls nach Wahl der oder des Studierenden werden sowohl die konkreten Inhalte der jeweiligen Lehrveranstaltung als auch die übergeordneten Lernziele des Moduls abgeprüft. Alle anderen von der oder dem Studierenden in diesem Modul absolvierten Lehrveranstaltungen werden mit den oben aufgeführten Leistungsnachweisen abgeschlossen.

#### bestehend aus:

mündliche Prüfung (ca. 30 Min.) oder Klausur (90 Min.)



#### 4.2.4 Festkörperphysik

Modul	Modulname	Art des Moduls	CP
VEXFP1	<b>Experimentelle Festkörperphysik 1</b>	Wahlpflichtmodul	6
<b>Inhalte</b>			
Auswahl aus folgenden Themen: Struktur und Strukturbestimmung, Grundlagen der Beugungstheorie, reziprokes Gitter, Gitterdynamik (Phononen), thermische Eigenschaften (spezifische Wärme, thermische Ausdehnung, Wärmeleitfähigkeit), elektronische Bandstruktur, Fermi-Flächen und deren experimentelle Bestimmung, Transportphänomene, dielektrische und optische Eigenschaften, Magnetismus. Es werden Beispiele aus der aktuellen Forschung diskutiert.			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
Die Studierenden können eine Bewegungsgleichung für die gekoppelte Bewegung aller Atome im Festkörper aufstellen und Näherungsverfahren entwickeln, um sie zu lösen. Sie können außerdem die Schwierigkeiten identifizieren, die die Beschreibung vieler (insbesondere wechselwirkender) Teilchen (Elektronen) in einem periodischen Potential, z.B. des Kristallgitters, mit sich bringt und ein Konzept zur Lösung des Problems erarbeiten. Die gewonnenen Erkenntnisse können sie kritisch bewerten und deren Gültigkeitsbereich im Vergleich mit experimentellen Beobachtungen, gewonnen durch moderne physikalische Messmethoden, verifizieren. Die Studierenden lernen dabei, sich die Grundlagen für die weitere Beschäftigung mit speziellen Themen wie Supraleitung, Magnetismus und Halbleiterphysik, sowie der technischen Anwendung von Festkörpermateriale, auf breiter Basis zu erarbeiten. Das Modul bereitet Studierende auf eine Bachelor- oder Masterarbeit in experimenteller Festkörperphysik vor.			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
keine			
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>		regelmäßige Teilnahme an den Übungen	
<b>Leistungsnachweise</b>		erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben	
<b>Prüfungsvorleistungen</b>		Erbringen aller Leistungsnachweise	
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesung, Übung	
<b>Modulprüfung</b>			
<b>Modulabschlussprüfung, benotet</b>			
<b>bestehend aus:</b>		mündliche Prüfung (ca. 30 Min.) oder Klausur (90 Min.)	

Modul	Modulname	Art des Moduls	CP
VEXFP2	<b>Experimentelle Festkörperphysik 2</b>	Wahlpflichtmodul	6
<b>Inhalte</b>			
Auswahl aus folgenden Themen: Struktur und Strukturbestimmung, Grundlagen der Beugungstheorie, reziprokes Gitter, Gitterdynamik (Phononen), thermische Eigenschaften (spezifische Wärme, thermische Ausdehnung, Wärmeleitfähigkeit), elektronische Bandstruktur, Fermi-Flächen und deren experimentelle Bestimmung, Transportphänomene, dielektrische und optische Eigenschaften, Magnetismus. Es werden Beispiele aus der aktuellen Forschung diskutiert.			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
Nach erfolgreicher Beendigung des Moduls sind die Studierenden sehr gut mit komplexeren festkörperphysikalischen Eigenschaften, die sich aus der Fermi-Statistik und der elektronischen Bandstruktur ergeben, vertraut. Sie sind in der Lage, eine grundlegende Integro-Differentialgleichung, wie die Boltzmannsche Transportgleichung, aufzustellen und mittels eines Näherungsverfahrens zu lösen. Sie können selbständig die relevanten Fragestellungen identifizieren, die mit der Wechselwirkung von Ladungsträgern mit elektromagnetischer Strahlung oder mit kollektiven elektrischen und magnetischen Ordnungsphänomenen zusammenhängen, und Lösungswege aufzeigen. Insbesondere sind sie in der Lage, experimentelle Ansätze zu ermitteln und deren Ergebnisse zu interpretieren, um diese theoretischen Beschreibungen zu überprüfen. Die Studierenden lernen dabei, sich die Grundlagen für die weitere Beschäftigung mit speziellen Themen wie Supraleitung, Magnetismus und Halbleiterphysik, sowie der technischen Anwendung von Festkörpermateriale, auf breiter Basis zu erarbeiten. Das Modul bereitet Studierende auf eine Bachelor- oder Masterarbeit in experimenteller Festkörperphysik vor.			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
keine			
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>	regelmäßige Teilnahme an den Übungen		
<b>Leistungsnachweise</b>	erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben		
<b>Prüfungsvorleistungen</b>	Erbringen aller Leistungsnachweise		
<b>Lehr- / Lernformen</b>	Vorlesung, Übung		
<b>Modulprüfung</b>			
<b>Modulabschlussprüfung, benotet</b>			
<b>bestehend aus:</b>	mündliche Prüfung (ca. 30 Min.) oder Klausur (90 Min.)		

Modul	Modulname	Art des Moduls	CP
VKRISZ	<b>Grundlagen der Kristallzuchtung</b>	Wahlpflichtmodul	5
<b>Inhalte</b>			
<p><i>Grundlagen der Kristallzuchtung:</i> Charakteristika des kristallinen Zustands der Materie;  Physikalische Grundlagen der Kristallzuchtung: Phasendiagramme, Keimbildung, Segregation, Hydrodynamik;  Methoden zur Kristallzuchtung aus verschiedenen ungeordneten Ausgangsphasen;  Kristallzuchtung ausgewählter Systeme aus der Festkörperforschung;  Verfahren zur Material- und Kristallcharakterisierung: Differentielle Thermoanalyse, Röntgendiffraktometrie, Optische und Elektronenmikroskopie.</p> <p><i>Praktikum Grundlagen der Kristallzuchtung:</i> Im Rahmen des Laborpraktikums werden die in der Vorlesung gelernten Züchtungs- und Charakterisierungsmethoden konkret auf ein System angewendet.</p>			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
<p>Das Modul vermittelt die erforderlichen Grundlagen zur erfolgreichen Mitarbeit in einem experimentellen Projekt zur Kristallzuchtung. Die Studierenden besitzen dann die</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fähigkeit, den hier angestrebten kristallinen Zustand von anderen Erscheinungsformen fester Materie abgrenzen zu können.</li> <li>• Fähigkeit zur Beurteilung der Machbarkeit von Kristallzüchtungsvorhaben auf Grundlage von Phasendiagrammen.</li> <li>• Kenntnis der experimentellen Vorgehensweise zur Bestimmung von Phasendiagrammen.</li> <li>• Kenntnis der Mechanismen der Keimselektion und Einsicht in die Bedingungen unter denen eine erfolgreiche Keimbildungskontrolle möglich ist.</li> <li>• Kenntnis der typischen Grenzschichten während des Kristallwachstums und Einsicht in die hierdurch vermittelten Einwirkungen hydrodynamischer Instabilitäten auf die Materialeigenschaften.</li> <li>• Kenntnis typischer Kristallzüchtungsmethoden und Fähigkeit, diese nach spezifischen Schwierigkeiten und Realisierungsaufwand zu beurteilen.</li> <li>• Fähigkeit, kristalline Proben über Mikroskopie und Röntgenmethoden so zu charakterisieren, dass sie erfolgreich in die Festkörperforschung eingebracht werden können.</li> <li>• Kenntnis der Kristallzüchtungsmethoden in der Festkörperphysik</li> </ul>			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
keine			
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>	regelmäßige Teilnahme an den Übungen und am Praktikum		
<b>Leistungsnachweise</b>	erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben		
<b>Prüfungsvorleistungen</b>	Erbringen aller Leistungsnachweise		
<b>Lehr- / Lernformen</b>	Vorlesung, Übung, Praktikum		
<b>Modulprüfung</b>			
<b>Modulabschlussprüfung, benotet</b>			
<b>bestehend aus:</b>	mündliche Prüfung (ca. 30 Min.) oder Klausur (60 Min.)		

Modul	Modulname	Art des Moduls	CP
VTHFP1	<b>Einführung in die Theoretische Festkörperphysik</b>	Wahlpflichtmodul	8
<b>Inhalte</b>			
Struktur von Festkörpern, Born-Oppenheimer Näherung, Gitterschwingungen, nichtwechselwirkende Elektronen, Bloch Theorem, Bandstruktur, Halbleiter, elektronischer Transport, Elektron-Elektron-Wechselwirkung, Modelle für wechselwirkende Elektronen			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
<p>Die Studierenden haben einen Überblick über die grundlegenden Konzepte der theoretischen Festkörperphysik. Sie kennen die kristalline Struktur von Festkörpern, wissen um die Existenz unterschiedlicher kondensierter Phasen und sind mit den elektronischen und thermodynamischen Eigenschaften von Festkörpern sowie den elementaren Anregungen in ihnen vertraut. Sie beherrschen die heute gebräuchlichen fortschrittlichen Methoden zur theoretischen Beschreibung dieser Phänomene.</p> <p>Die Studierenden lernen insbesondere, wie physikalische Beobachtungen in der Festkörperphysik mit mathematischen Gleichungen dargestellt werden können. Außerdem fördert die Behandlung der Gleichungen die Kreativität der Studierenden bei ihren Überlegungen, wie sie zu lösen sind.</p> <p>Dieses Modul bereitet die Studierenden auf eine Abschlussarbeit im Bereich der theoretischen Festkörperphysik vor. Nach Absolvieren des Moduls sind sie in dem von ihnen gewählten Vertiefungsbereich in der Lage, sich selbstständig in die aktuelle Forschung in der theoretischen Festkörperphysik einzuarbeiten bzw. direkt zu ihr beizutragen.</p> <p>Das Modul kann ergänzend zur experimentellen Festkörperphysik (Module VEXFP1 &amp; 2) absolviert werden.</p>			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
keine			
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>	regelmäßige Teilnahme an den Übungen		
<b>Leistungsnachweise</b>	erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben		
<b>Prüfungsvorleistungen</b>	Erbringen aller Leistungsnachweise		
<b>Lehr- / Lernformen</b>	Vorlesung, Übung		
<b>Modulprüfung</b>			
<b>Modulabschlussprüfung, benotet</b>			
<b>bestehend aus:</b>	mündliche Prüfung (ca. 30 Min.) oder Klausur (90 Min.)		

Modul	Modulname	Art des Moduls	CP
VTHFP2	<b>Theorie des Magnetismus, der Supraleitung und der elektronischen Korrelationen</b>	Wahlpflichtmodul	6
<b>Inhalte</b>			
Wechselwirkende Elektronen, Hartree-Fock Theorie, Magnetismus, Supraleitung, Fermi-Flüssigkeitstheorie und Quasi-Teilchen-Konzept, Quanten-Hall-Effekt			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
<p>Die Studierenden sind im Detail mit dem quantenmechanischen Hintergrund des Magnetismus vertraut. Sie wissen um die Existenz kollektiver Phänomene in Festkörpern wie der Supraleitung und können diese von 1-Teilchen-Quanteneffekten abgrenzen. Sie beherrschen die in der modernen theoretischen Festkörperphysik üblicherweise verwendeten Vielteilchenmethoden, insbesondere die Dichtefunktional-Theorie, aber auch Zugänge zur Beschreibung hochkorrelierter Zustände. Im Zusammenspiel der behandelten physikalischen Probleme mit den verschiedenen für die Beschreibung wechselwirkender Vielteilchensysteme eingesetzten Methoden gewinnen die Studierenden ein tiefes Verständnis für die fundamental nicht-klassischen Phänomene in Festkörpern. Die Studierenden können auf dieser Basis physikalische Fragestellungen in abstrakte mathematische Gleichungen übersetzen und sind in der Lage, mit den resultierenden, zunehmend komplexeren mathematischen Methoden auch praktisch umzugehen.</p> <p>Dieses Modul bereitet die Studierenden auf eine Masterarbeit in der theoretischen Festkörperphysik vor. Nach Absolvieren des Moduls sind sie in der Lage, sich selbstständig in die aktuelle Forschung in der theoretischen Festkörperphysik einzuarbeiten bzw. direkt zu ihr beizutragen.</p> <p>Das Modul kann ergänzend zur experimentellen Festkörperphysik (Module VEXFP1 &amp; 2) absolviert werden.</p>			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
keine			
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>		regelmäßige Teilnahme an den Übungen	
<b>Leistungsnachweise</b>		erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben	
<b>Prüfungsvorleistungen</b>		Erbringen aller Leistungsnachweise	
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesung, Übung	
<b>Modulprüfung</b>			
<b>Modulabschlussprüfung, benotet</b>			
<b>bestehend aus:</b>		mündliche Prüfung (ca. 30 Min.) oder Klausur (90 Min.)	

Modul	Modulname	Art des Moduls	CP
VKEXFPB	<b>Spezielle Themen der experimentellen Festkörperphysik für BSc-Studierende</b>	Wahlpflichtmodul	6–10
<b>Inhalte</b>			
abhängig von den gewählten Lehrveranstaltungen; Inhalte können sein:			
<p><i>Magnetismus — Grundlagen, Methoden, Materialien:</i> Auswahl aus folgenden Themen: Historischer Überblick, Magnetostatik, Magnetismus lokalisierter Elektronen, Ferromagnetismus und Austauschwechselwirkung, Molekularfeldtheorie, Antiferromagnetismus und andere Arten magnetischer Ordnung (z.B. Skyrmionen), magnetische Domänen, Magnetisierungsdynamik, Magnetismus von Nanostrukturen, moderne Messmethoden aus der aktuellen Forschung, magnetische Materialien für technische Anwendungen.</p>			
<p><i>Einführung in die Supraleitung:</i> Auswahl aus folgenden Themen: Grundlegende supraleitende Eigenschaften, Phänomenologie und Thermodynamik, phänomenologische Modelle: London- und Ginzburg-Landau-Theorie, Typ-I- und Typ-II-Supraleiter, Quanteninterferenzphänomene (Josephson-Effekte), Grundzüge der BCS-Theorie, Konsequenzen der BCS-Theorie, Bose-Einstein-Kondensation, Anwendungen der Supraleitung (z.B. Quanten-Computing), neue supraleitende Materialien, konventionelle und unkonventionelle Supraleiter.</p>			
<p><i>Experimentelle Tieftemperaturphysik:</i> Auswahl aus folgenden Themen: Temperaturskalen, Thermometrie, Quantenflüssigkeiten <math>^4\text{He}/^3\text{He}</math>: Phasendiagramme, Superfluidität, Kühltechniken im Kelvin- sowie Subkelvin- und Submillikelvin-Bereich.</p>			
<p><i>Ausgewählte Methoden der experimentellen Festkörperphysik:</i> Tieftemperaturphysik/Kryotechnik, Probenherstellung, Streuexperimente/Spektroskopie (Neutronen, optische Methoden, Photoemission), thermodynamische Methoden (z.B. spezifische Wärme, thermische Ausdehnung), magnetische Messungen (auf der Makro-, Mikro- und Nanoskala), elektrischer und thermischer Transport (auch zeitaufgelöst) und dielektrische Messungen, Rastersondenmethoden (Elektronenmikroskopie, Rastertunnel- und Rasterkraftmikroskopie), etc. Beispiele aus folgenden Forschungsbereichen: stark korrelierte Elektronensysteme, Metall-Isolator-Übergänge, Physik der Gläser, Magnetismus, Supraleitung, Nanoelektronik, (magnetische) Halbleiter, Spintronics, u.a.</p>			
<p><i>Elektronische Eigenschaften von Nanostrukturen:</i> Ausgewählte Kapitel der Quantentheorie (Sub-Bänder und niedrig-dimensionale Systeme, Quantenbox, Quantenpunkt, Quantenreflexion/Transmission/Tunneln, etc.), Materialien (Halbleiter-Heterostrukturen, Organische Halbleiter, Kohlenstoff-Nanoröhren und Fullerene, Graphen, Granulare Systeme, etc.), Fabrikations- und Charakterisierungstechniken (Dünnschichttechniken, Nanostrukturierung, Selbstorganisation, Rasterkraftmikroskopie, etc.), Elektronischer Transport in Nanostrukturen (Streulängen, Diffusion, Dephasierung, Landauer-Formel, etc.), Einzelelektronentunneln und Bauelemente (Coulomb-Blockade, Einzelelektronentransistor, Coulomb-Oszillationen, etc.).</p>			
<p><i>Halbleiter- und Bauelementephysik:</i> Einführung der festkörperphysikalischen Besonderheiten von Halbleitern (Materialeigenschaften, Bandstruktur, Exzitonen, Dotierung, DC-Leitfähigkeit); Übergänge und Kontakte (p-n-Übergang, Schottky-Kontakt, Ohmscher Kontakt, Heterostruktur-Übergang); Feldeffekt, Tunneleffekt; Halbleiterbauelemente (Diode, Bipolartransistor, Feldeffekttransistor, Leuchtdiode, etc); Hochfrequenzeigenschaften und -bauelemente (Gunn-Effekt, Schottkydiode), Quantisierungseffekte und ihre Nutzung (Resonante Tunneldiode, HEMT-Transistor, HBT-Transistor, etc.); Bauelementemodellierung und Schaltungsentwurf; Bauelemente auf Nicht-Standardhalbleitern (Graphen, Kohlenstoffröhren).</p>			
Die Studierenden müssen mindestens zwei und können maximal drei Lehrveranstaltungen absolvieren. Dabei kann frei aus den verfügbaren Lehrveranstaltungen ausgewählt werden.			

### Lernergebnisse/Kompetenzziele

Dieses Modul bereitet die Studierenden auf eine Abschlussarbeit im Bereich Festkörperphysik vor. Nach Absolvieren des Moduls sind die Studierenden in dem von ihnen gewählten Vertiefungsbereich in der Lage, sich selbstständig in die aktuelle Forschung einzuarbeiten bzw. direkt zu ihr beizutragen:

- Die Studierenden kennen alle wesentlichen Konzepte und Fachbegriffe und verstehen deren inhaltliche Zusammenhänge.
- Die Studierenden können forschungsnahe Problemstellungen thematisch einordnen und mit den vermittelten Methoden analysieren.
- Die Studierenden können weiterführende Informationen zu einer gegebenen Fragestellung in Fachliteratur und Internet recherchieren.
- Die Studierenden können aktuelle wissenschaftliche Publikationen verstehen und wiedergeben.
- Die Studierenden besitzen das experimentelle oder theoretische Rüstzeug, um eine gegebene wissenschaftliche Fragestellung selbst quantitativ zu untersuchen und zu beantworten.

### Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls

keine

### Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen

#### Teilnahmenachweise

abhängig von den gewählten Lehrveranstaltungen: regelmäßige Teilnahme an den Übungen im Fall von Lehrveranstaltungen mit Übungen, regelmäßige Teilnahme am Seminar im Fall von Seminaren, regelmäßige Teilnahme am Praktikum im Fall von Praktika, keine im Fall von Vorlesungen ohne begleitende Übungen, Seminare oder Praktika

#### Leistungsnachweise

erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben oder Fachgespräch (ca. 30 Min.) oder Test

#### Prüfungsvorleistungen

Erbringen aller Leistungsnachweise in der Lehrveranstaltung, zu der die lehrveranstaltungsbezogene Modulprüfung stattfinden soll

### Lehr- / Lernformen

Vorlesungen, Übung

### Modulprüfung

#### Modulabschlussprüfung, benotet

Die Modulprüfung zu diesem Modul erfolgt lehrveranstaltungsbezogen: In einer Lehrveranstaltung des Moduls nach Wahl der oder des Studierenden werden sowohl die konkreten Inhalte der jeweiligen Lehrveranstaltung als auch die übergeordneten Lernziele des Moduls abgeprüft. Alle anderen von der oder dem Studierenden in diesem Modul absolvierten Lehrveranstaltungen werden mit den oben aufgeführten Leistungsnachweisen abgeschlossen.

#### bestehend aus:

mündliche Prüfung (ca. 30 Min.) oder Klausur (90 Min.)

#### 4.2.5 Optik, Laser- und Atomphysik

Modul	Modulname	Art des Moduls	CP
VKATOB	<b>Spezielle Themen der Atomphysik für BSc-Studierende</b>	Wahlpflichtmodul	6–9
<b>Inhalte</b>			
abhängig von den gewählten Lehrveranstaltungen; Inhalte können sein:			
<p><i>Atomphysik 1:</i> Atome als quantenmechanische Teilchen: Quantenoptik mit Atomen, Doppelspalt mit Materiewellen, Dekohärenz, Verschränkung, Quantenkryptographie, Quantenradierer. Wechselwirkung von Atomen und Molekülen mit einzelnen Photonen, Photoeffekt, Wirkungsquerschnitt, Drehimpulse, Wechselwirkung von Atomen mit starken Laserfeldern</p>			
<p><i>Atomphysik 2:</i> Moleküle: quantenmechanische Beschreibung, Superposition von atomaren Zuständen (LCAO), Born/Oppenheimer-Näherung, Beschreibung molekularer Potentiale, Franck/Condon-Prinzip, Photoionisation von Molekülen, zeitlicher Ablauf und Wigner-Phase, Emissionswinkelverteilung im molekularen Bezugssystem, Auger-Zerfall in Atomen und Molekülen, Post Collision Interaction, nicht-lokale molekulare Zerfallsprozesse, Interatomic Coulombic Decay und verwandte Prozesse, stationäre Zustände und "Bewegung in der Quantenmechanik"</p>			
<p><i>Abbildungsmethoden der modernen Atomphysik:</i> Vor- und Nachteile verschiedener typischer Messsonden (geladene Teilchen, kurze intensive Laser Pulse, Synchrotronstrahlung). Targets: insbes. effusive Gastargets, Atom- und Molekularstrahlen, Überschallgasjets. Detektoren: u. a. Channeltrons, MCPs, Phosphorschirme, CCDs, Delaylineanoden. Aktuelle Techniken: Impulsspektroskopie, velocity map imaging, magnetische Flasche, Coulomb Explosion Imaging, Flugzeitspektrometer, dispers. Elektronenspektrometer, Röntgenbeugung, PEEM, Photoelectron diffraction</p>			
<p><i>Laser- und Optoelektronik:</i> Mathematische Beschreibung elektromagnetischer Felder, Fourier-Transformationen, zeitliche und räumliche Wellenausbreitung, Gauß-Strahlen, geometrische Optik, optische Resonatoren, Wellendispersion. Lasergrundlagen: Strahlende Übergänge, spektrale Verbreiterung, Verstärkungssättigung, Dauerstrich- und gepulster Laserbetrieb, Modenkopplung, verschiedene Lasertypen (Gas, Festkörper, Farbstoff), Halbleiterlaser. Nichtlineare Optik: Oberwellenerzeugung, Phasenanpassung, elektrooptische Modulation, Selbstphasenmodulation, Messung optischer Pulse, Detektion optischer Strahlung.</p>			
<p><i>Grundlagen der Analytik und Oberflächenmodifizierung mit Ionenstrahlen:</i> Modelle für niederenergetische Kernreaktionen; niederenergetische Teilchenbeschleuniger; Detektoren für den Nachweis von Ionen, Röntgen- und Gammastrahlung; Bremsvermögen von Ionen in Materie; Grundlagen der Ionenimplantation; Berechnung von Implantationsprofilen; Beispiele für die Oberflächenmodifizierung mittels Ionenimplantation; Überblick über die Verfahren der Ionenstrahlanalytik (RBS, PIXE, PIGE, NRA, Channeling); Tiefenprofilierung leichter Elemente mittels PIGE; Anwendung der Oberflächenmodifizierung in der Materialforschung und Medizin.</p>			
<p><i>KurzpulsLasertechnologie und Starkfeldionisation von Atomen und Molekülen:</i> Kurzpulse, Propagation, Erzeugung, Verstärkung (CPA); Strahl- und Pulsparameter (Strahlprofil, Polarisation, Fokussierbarkeit, CEP); Optik (Linsen, Spiegel, AR-Beschichtung: dielektrische Spiegel, Strahlteiler und Dünnschichtpolarisatoren, Wellenplatten, Teleskope), Aberrationen; Nichtlineare Optik: Frequenzverdoppelung, Weißlichterzeugung, Optisch-parametrische Verstärkung (TOPAS), Pulskompression; Strahl- und Pulscharakterisierung (Strahlprofil-Analyse, Autokorrelator, SPIDER, FROG, M<sup>2</sup>); Optische Feldsynthese: Puls-Shaper, Zwei-Farben- und OAM-Felder; Pump-Probe Technik; Tunnel- und Multiphotonenionisation, Elektronen Impulsverteilungen, ADK Theorie, Semi-klassische Simulation, Nichtadiabatische Effekte, Elektronenspin, Photonenimpuls, MO-ADK; Anwendungen der Starkfeldionisation: Messung der Laserfeldintensität, Coulomb-Explosion Imaging, Erzeugung der hohen Harmonischen, Laser-Induced Electron Diffraction, Photoelectron Circular Dichroism</p>			
Die Studierenden müssen mindestens zwei und können maximal drei Lehrveranstaltungen absolvieren. Dabei kann frei aus den verfügbaren Lehrveranstaltungen ausgewählt werden.			



<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>	
<p>Dieses Modul bereitet die Studierenden auf eine Abschlussarbeit im Bereich Atomphysik vor. Nach Absolvieren des Moduls sind die Studierenden in dem von ihnen gewählten Vertiefungsbereich in der Lage, sich selbstständig in die aktuelle Forschung einzuarbeiten bzw. direkt zu ihr beizutragen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden kennen alle wesentlichen Konzepte und Fachbegriffe und verstehen deren inhaltliche Zusammenhänge.</li> <li>• Die Studierenden können forschungsnahe Problemstellungen thematisch einordnen und mit den vermittelten Methoden analysieren.</li> <li>• Die Studierenden können weiterführende Informationen zu einer gegebenen Fragestellung in Fachliteratur und Internet recherchieren.</li> <li>• Die Studierenden können aktuelle wissenschaftliche Publikationen verstehen und wiedergeben.</li> <li>• Die Studierenden besitzen das experimentelle oder theoretische Rüstzeug, um eine gegebene wissenschaftliche Fragestellung selbst quantitativ zu untersuchen und zu beantworten.</li> </ul>	
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>	
keine	
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b>	
<b>Teilnahmenachweise</b>	abhängig von den gewählten Lehrveranstaltungen: regelmäßige Teilnahme an den Übungen im Fall von Lehrveranstaltungen mit Übungen, regelmäßige Teilnahme am Seminar im Fall von Seminaren, regelmäßige Teilnahme am Praktikum im Fall von Praktika, keine im Fall von Vorlesungen ohne begleitende Übungen, Seminare oder Praktika
<b>Leistungsnachweise</b>	erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben oder Fachgespräch (ca. 30 Min.) oder Test
<b>Prüfungsvorleistungen</b>	Erbringen aller Leistungsnachweise in der Lehrveranstaltung, zu der die lehrveranstaltungsbezogene Modulprüfung stattfinden soll
<b>Lehr- / Lernformen</b>	Vorlesungen
<b>Modulprüfung</b>	
<b>Modulabschlussprüfung, benotet</b>	Die Modulprüfung zu diesem Modul erfolgt lehrveranstaltungsbezogen: In einer Lehrveranstaltung des Moduls nach Wahl der oder des Studierenden werden sowohl die konkreten Inhalte der jeweiligen Lehrveranstaltung als auch die übergeordneten Lernziele des Moduls abgeprüft. Alle anderen von der oder dem Studierenden in diesem Modul absolvierten Lehrveranstaltungen werden mit den oben aufgeführten Leistungsnachweisen abgeschlossen.
<b>bestehend aus:</b>	mündliche Prüfung (ca. 30 Min.) oder Klausur (90 Min.)

Modul	Modulname	Art des Moduls	CP
VKPHSB	<b>Photonik und Spektroskopie für BSc-Studierende</b>	Wahlpflichtmodul	6–9
<b>Inhalte</b>			
abhängig von den gewählten Lehrveranstaltungen; Inhalte können sein:			
<p><i>Nano-Optik und Kohärente Optik:</i> Optische Abbildung im Wellenbild; Abbildung und Fourier-Transformation; nichtkonventionelle linsenfremde Abbildungsmethoden (Nahfeldverfahren, Synthetische Apertur); Holographie; Kohärenz und Korrelation, Eigenschaften von Laserlicht; Tomographie; Kristall-Optik; negativer Brechungsindex; Metamaterialien; Transformationsoptik; "Tarnkappe" aus Metamaterial; Nichtlineare Optik</p> <p><i>Laser- und Optoelektronik:</i> Mathematische Beschreibung elektromagnetischer Felder, Fourier-Transformationen, zeitliche und räumliche Wellenausbreitung, Gauß-Strahlen, geometrische Optik, optische Resonatoren, Wellendispersion. Lasergrundlagen: Strahlende Übergänge, spektrale Verbreiterung, Verstärkungssättigung, Dauerstrich- und gepulster Laserbetrieb, Modenkopplung, verschiedene Lasertypen (Gas, Festkörper, Farbstoff), Halbleiterlaser. Nichtlineare Optik: Oberwellenerzeugung, Phasenanpassung, elektrooptische Modulation, Selbstphasenmodulation, Messung optischer Pulse, Detektion optischer Strahlung.</p> <p><i>Einführung in die Terahertz-Spektroskopie:</i> Optoelectronic generation and detection of THz pulses, spectroscopic quantities (refractive index, complex dielectric function, optical conductivity) and their extraction from THz transmission measurements, probing the high-frequency conductivity in semiconductors and nano-materials, fundamentals of the physics of charge carriers in semiconductors (effective mass, optical transitions, carrier transport in the band picture, carrier relaxation), optical-pump/THz-probe spectroscopy, Gunn effect; basics of superconductivity, high-frequency conductivity of superconductors, Cooperpair breaking and reformation, Rothwarf-Taylor model; semiconductor quantum-well structures, intra-subband transitions, semiconductor superlattices, Bloch oscillations, THz-emission spectroscopy; non-linear THz spectroscopy, phenomena at high THz fields/intensities for the example of graphene and semiconductors.</p> <p><i>Terahertz-Elektronik:</i> Verfahren und Bauelemente der Terahertz Elektronik werden studiert und experimentelle Methoden in der Terahertz Elektronik untersucht. Folgende Themen werden vorgestellt: elektronische Bauelemente bei Terahertz Frequenzen; elektronische Signalerzeugung; elektronische Pulserzeugung; Verfahren und Grenzen; Terahertz-Signaldetektion mit elektronischen Bauelementen; Betriebsparameter; Komponenten und Verfahren der Terahertz-Elektronik in der Kommunikation, Bildgebung und Sensorik; elektronische Terahertz Systeme.</p> <p><i>(Bio-)molekulare Dynamik — Messmethoden und Anwendungen von Femtosekunden bis Sekunden:</i> Experimentelle Methoden werden vorgestellt aus den Bereichen: Ultrakurzzeitspektroskopie; nichtlineare Laserspektroskopie; Einzelmolekülspektroskopie; Einzelmolekülmikroskopie; Kraftmikroskopie; Optische Pinzetten; zeitaufgelöste NMR-Spektroskopie; Massenspektrometrie; zeitaufgelöste Röntgenbeugung, Kristallographie und Elektronenbeugung. Der Informationsgehalt der verschiedenen Experimente wird anhand wichtiger Beispiele erläutert. Diese umfassen unter anderem: Protonentransfer; Bruch und Bildung chemischer Bindungen; Katalysatoren; Bildung transienter Strukturen in Flüssigkeiten; Energietransfer in Molekülen; Proteinfaltung; Enzymfunktion; Photorezeptoren; Molekulare Motoren; Photosynthese.</p> <p>Die Studierenden müssen mindestens zwei und können maximal drei Lehrveranstaltungen absolvieren. Dabei kann frei aus den verfügbaren Lehrveranstaltungen ausgewählt werden.</p>			

## Lernergebnisse/Kompetenzziele

Dieses Modul bereitet Studierende auf ein Forschungsprojekt im Bereich der Photonik und Spektroskopie mit kohärenter Strahlung vor, das den Spektralbereich von Mikrowelle bis Ultraviolett abdeckt.

- Die Studierenden lernen, die Möglichkeiten und Grenzen herkömmlicher Methoden zur Erzeugung, Detektion und spektroskopischen Verwendung von Strahlung zu verstehen und wie moderne Techniken neue Potenziale für Forschung und Anwendungen eröffnen.
- Die Studierenden lernen, sowohl den Einsatz von Hochfrequenz-Elektronikbauteilen als auch quantenmechanische Mechanismen der Licht-Materie-Interaktion zu beschreiben und zu quantifizieren, einschließlich Aspekten der erreichbaren zeitlichen, spektralen und räumlichen Auflösung.
- Je nach Wahl der Lernveranstaltungen vertiefen die Studierenden ihre Kenntnisse in der Dynamik von Festkörpermaterialelementen (einschließlich nanoskaliger Bauelemente), chemischen und/oder biologischen Systemen.
- Ein besonderer Schwerpunkt liegt auf der Realisierung von Versuchsgeräten, Diagnosegeräten und modernsten technologischen Geräten.

## Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls

keine

## Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen

### Teilnahmenachweise

abhängig von den gewählten Lehrveranstaltungen: regelmäßige Teilnahme an den Übungen im Fall von Lehrveranstaltungen mit Übungen, regelmäßige Teilnahme am Seminar im Fall von Seminaren, regelmäßige Teilnahme am Praktikum im Fall von Praktika, keine im Fall von Vorlesungen ohne begleitende Übungen, Seminare oder Praktika

### Leistungsnachweise

erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben oder Fachgespräch (ca. 30 Min.) oder Test oder Präsentation

### Prüfungsvorleistungen

Erbringen aller Leistungsnachweise in der Lehrveranstaltung, zu der die lehrveranstaltungsbezogene Modulprüfung stattfinden soll

## Lehr- / Lernformen

Vorlesungen

## Modulprüfung

### Modulabschlussprüfung, benotet

Die Modulprüfung zu diesem Modul erfolgt lehrveranstaltungsbezogen: In einer Lehrveranstaltung des Moduls nach Wahl der oder des Studierenden werden sowohl die konkreten Inhalte der jeweiligen Lehrveranstaltung als auch die übergeordneten Lernziele des Moduls abgeprüft. Alle anderen von der oder dem Studierenden in diesem Modul absolvierten Lehrveranstaltungen werden mit den oben aufgeführten Leistungsnachweisen abgeschlossen.

### bestehend aus:

mündliche Prüfung (ca. 30 Min.) oder Klausur (90 Min.)

#### 4.2.6 Beschleuniger-, Plasma- und angewandte Physik

Modul	Modulname	Art des Moduls	CP
VVAK	<b>Vakuumphysik</b>	Wahlpflichtmodul	8
<b>Inhalte</b>			
<p><i>Vakuumphysik I:</i> Kinetic theory of gases (pressure, velocity distribution, mean free path). Gas flow types: molecular, laminar and turbulent regimes. Compressible flow. Flow resistance (conductance), connection of resistances. Pumping speed. Choked flow. Transitional flow. Evaporation condensation. Pumping processes. Physics of vacuum pumps: Positive Displacement Pumps (liquid ring, rotary, roots). Multistage Pumps. Example of Pump down with Leak. Kinetic pumps (Molecular drag, Turbo Molecular, Diffusion Pump). Capture Pumps (Getter Pump + Example, Sputter-ion pump, Cryo-pump). Gauges: Short introductory to statistics of measurements (error-bars, Chi squared test), Liquid manometers (McLeod), Piston gauge, Capacitance Gauge.</p> <p><i>Vakuumphysik II:</i> Introduction of Kinetic theory of gases: Pressure and Temperature. Viscosity Gauges: Kinematic model of viscosity, Momentum transport, Effect of Boundary. Spinning Rotor Gauge. Thermal conductivity Gauges: Kinetic model of heat conductivity in gases, Effect of Boundary. Heat flux in a cylinder. Energy loss mechanisms (by radiation, by conduction, by gas transport). Pirani Gauge. Ionization Gauges: Hot Cathode Gauge, Bayard- Alpert Gauge. Cold Cathode Gauge: Penning Gauge. Inverted Magnetron Gauge. Partial Pressure Analysis: Quadrupole Mass Spectrometer, Magnetic Sector Analyzer, Time of Flight Mass Analyzer, Trochoidal Mass Analyzer, Omegatron. Leak Detection. Gas-Surface interactions and Diffusion: Adsorption, Absorption, Outgassing. Pressure Profile: equation of pressure evolution (x,t) and application to Accelerators. Beam collimation and Vacuum pressure. Vacuum instability.</p>			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
<p>Die Studierenden sind vertraut mit Berechnungsmethoden und Konzepten zur Auslegung von Vakuumkammern sowie zur Ausstattung mit Vakuumpumpen und Messgeräten. Die Studierenden sind nach Absolvieren dieses Moduls vorbereitet für diejenigen Bachelor- und Masterarbeiten in der experimentellen Physik, die mit Vakuumserzeugung verknüpft sind.</p> <p>Methoden zur Analyse der Restgasverteilung werden vermittelt. Oberflächenprozesse allgemein sowie speziell Strahl-Wand-Wechselwirkungen bei intensiven Teilchenstrahlen werden vorgestellt.</p> <p>Die Vorlesung ist für alle Themengebiete hilfreich, die mit Vakuumserzeugung verknüpft sind und ergänzend zum erten Teil. Bei vielen Bachelor- und Masterarbeiten in der experimentellen Physik werden die hier vermittelten Kenntnisse angewandt.</p>			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
keine			
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>		regelmäßige Teilnahme an den Übungen	
<b>Leistungsnachweise</b>		erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben	
<b>Prüfungsvorleistungen</b>		Erbringen aller Leistungsnachweise	
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesungen, Übungen	
<b>Modulprüfung</b>			
<b>Modulabschlussprüfung, benotet</b>			
<b>bestehend aus:</b>		mündliche Prüfung (ca. 30 Min.) oder Klausur (90 Min.)	

Modul	Modulname	Art des Moduls	CP
VKBEP	<b>Beschleunigerphysik</b>	Wahlpflichtmodul	8–12
<b>Inhalte</b>			
abhängig von den gewählten Lehrveranstaltungen; Inhalte können sein:			
<i>Einführung in die Beschleunigerphysik:</i> Beschleunigungsmechanismen, Linear- und Kreisbeschleuniger, Strahlerzeugung, Fokussierung, elektrostatische und hochfrequente Strukturen, HF-Erzeugung, Beschleunigeranwendungen			
<i>Linearbeschleuniger:</i> Elektronen- und Ionenquellen, Separationstechniken, Strahltransportelemente, Überblick über vielzellige Resonatoren, hochfrequenzphysikalische Grundlagen, Strahllast, Liouvillescher Satz, Vlasov- und Fokker-Planck-Gleichungen, raumladungsdominierte Strahlen, Raumladungskompensation, Anwendungen			
<i>Ringbeschleuniger und Speicherringe:</i> Kreisbeschleunigerkomponenten, Emittanz, Alternierende Gradienten Fokussierung, Strahltransport intensiver Strahlen, Strahlstabilität, Strahlkühlung, HF-Systeme, Ringstrahldynamik (transversal, longitudinal), selbstkonsistente Teilchenverteilungen			
Die Studierenden müssen mindestens zwei und können maximal drei Lehrveranstaltungen absolvieren. Dabei kann frei aus den verfügbaren Lehrveranstaltungen ausgewählt werden.			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
Dieses Modul bereitet die Studierenden auf eine Abschlussarbeit im Bereich Beschleunigerphysik vor. Nach Absolvieren des Moduls sind die Studierenden in dem von ihnen gewählten Vertiefungsbereich in der Lage, sich selbstständig in die aktuelle Forschung einzuarbeiten bzw. direkt zu ihr beizutragen:			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden kennen alle wesentlichen Konzepte und Fachbegriffe und verstehen deren inhaltliche Zusammenhänge.</li> <li>• Die Studierenden können forschungsnahe Problemstellungen thematisch einordnen und mit den vermittelten Methoden analysieren.</li> <li>• Die Studierenden können weiterführende Informationen zu einer gegebenen Fragestellung in Fachliteratur und Internet recherchieren.</li> <li>• Die Studierenden können aktuelle wissenschaftliche Publikationen verstehen und wiedergeben.</li> <li>• Die Studierenden besitzen das experimentelle oder theoretische Rüstzeug, um eine gegebene wissenschaftliche Fragestellung selbst quantitativ zu untersuchen und zu beantworten.</li> </ul>			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
keine			
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>		abhängig von den gewählten Lehrveranstaltungen: regelmäßige Teilnahme an den Übungen im Fall von Lehrveranstaltungen mit Übungen, regelmäßige Teilnahme am Seminar im Fall von Seminaren, regelmäßige Teilnahme am Praktikum im Fall von Praktika, keine im Fall von Vorlesungen ohne begleitende Übungen, Seminare oder Praktika	
<b>Leistungsnachweise</b>		erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben oder Fachgespräch (ca. 30 Min.) oder Test	
<b>Prüfungsvorleistungen</b>		Erbringen aller Leistungsnachweise in der Lehrveranstaltung, zu der die lehrveranstaltungsbezogene Modulprüfung stattfinden soll	

<b>Lehr- / Lernformen</b>	Vorlesungen, Übungen
<b>Modulprüfung</b>	
<b>Modulabschlussprüfung, benotet</b>	Die Modulprüfung zu diesem Modul erfolgt lehrveranstaltungsbezogen: In einer Lehrveranstaltung des Moduls nach Wahl der oder des Studierenden werden sowohl die konkreten Inhalte der jeweiligen Lehrveranstaltung als auch die übergeordneten Lernziele des Moduls abgeprüft. Alle anderen von der oder dem Studierenden in diesem Modul absolvierten Lehrveranstaltungen werden mit den oben aufgeführten Leistungsnachweisen abgeschlossen.
<b>bestehend aus:</b>	mündliche Prüfung (ca. 30 Min.) oder Klausur (90 Min.)

Modul	Modulname	Art des Moduls	CP
VKBEK	<b>Beschleunigerkonzepte</b>	Wahlpflichtmodul	6–9
<b>Inhalte</b>			
abhängig von den gewählten Lehrveranstaltungen; Inhalte können sein:			
<p><i>Supraleitung in der Beschleuniger- und Fusionstechnologie:</i> Grundlagen und Phänomene der Supraleitung, wichtigste Verbindungen, Leiterherstellung, Spulenaufbau, Magnete, Hochfrequenzsupraleitung, supraleitende Resonatoren, Herstellung und Oberflächenpräparation, Tuning, Ankopplung, Messverfahren, aktuelle Forschungsprojekte</p> <p><i>Laseranwendungen in der Beschleunigerphysik:</i> The lecture focuses on laser applications in particle accelerators. The contents of the lecture are: Introduction to lasers with a focus on high power lasers in the TW and PW range; Laser-plasma interactions and laser-matter interactions with the special application laser ion source"; Different methods of particle acceleration with high power lasers such as TNSA (Target Normal Sheath Acceleration), LWFA (Laser Wakefield Acceleration), and Dielectric Laser Accelerators with an overview of current research activities; The potential of laser driven accelerator concepts for the design of future research facilities and the applications of laser-accelerated beams; Beam matching of laser-accelerated beams to conventional linac structures and laser based beam diagnostics;</p> <p>Other topics of this lecture are free electron lasers (FELs) and their applications. Important mechanisms in FELs like undulators, self-amplified spontaneous emission, micro-bunching and seeding will be explained.</p> <p><i>Beschleuniger Strahlinstrumentierung und Diagnose:</i> Es werden folgende Themen behandelt: Aufgaben der Strahldiagnostik an Beschleunigern, Messgeräte zur Strahlstrom-Messung, Verfahren der transversalen Profilmessung, Methoden der Emittanzbestimmung, Physik und Technik der Beam Position Monitore, Messung longitudinaler Strahlparameter, Strahlverlust-Detektion. Die Herleitung der Funktionsprinzipien der Instrumente wird ausführlich behandelt. Weiterhin liegt ein Schwerpunkt auf der Durchführung von Messaufgaben mit praxis-relevanten Methoden als Teil der Übungen, d.h. mess-technischer Demonstrationen der Instrumente mit Oszilloskop, Spektrum- und Netzwerkanalysatoren.</p> <p><i>High Intensity Accelerators and their Applications:</i> Das Modul behandelt Hochintensitäts-Beschleuniger. Nach einer allgemeinen Einführung liegt der Schwerpunkt auf hohen Intensitäten und den assoziierten Effekten. Grundlagen der Strahldynamik, transversale und longitudinale Strahldynamik, Raumladungseffekte, spezielle Effekte in raumladungs-dominierten Beschleunigern, Hochstrom-Ionenquellen, HF-Parameter, RFQ-Strukturen, Driftröhrenstrukturen, supraleitende HF-Strukturen, FRANZ-Projekt, MYRRHA-Projekt, IFMIF, FRIB, ESS, FAIR, HBS.</p> <p>Die Studierenden müssen mindestens zwei und können maximal drei Lehrveranstaltungen absolvieren. Dabei kann frei aus den verfügbaren Lehrveranstaltungen ausgewählt werden.</p>			

### Lernergebnisse/Kompetenzziele

Dieses Modul bereitet die Studierenden auf eine Abschlussarbeit im Bereich Beschleunigerphysik vor. Nach Absolvieren des Moduls sind die Studierenden in dem von ihnen gewählten Vertiefungsbereich in der Lage, sich selbstständig in die aktuelle Forschung einzuarbeiten bzw. direkt zu ihr beizutragen:

- Die Studierenden kennen alle wesentlichen Konzepte und Fachbegriffe und verstehen deren inhaltliche Zusammenhänge.
- Die Studierenden können forschungsnahe Problemstellungen thematisch einordnen und mit den vermittelten Methoden analysieren.
- Die Studierenden können weiterführende Informationen zu einer gegebenen Fragestellung in Fachliteratur und Internet recherchieren.
- Die Studierenden können aktuelle wissenschaftliche Publikationen verstehen und wiedergeben.
- Die Studierenden besitzen das experimentelle oder theoretische Rüstzeug, um eine gegebene wissenschaftliche Fragestellung selbst quantitativ zu untersuchen und zu beantworten.

### Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls

keine

### Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen

#### Teilnahmenachweise

abhängig von den gewählten Lehrveranstaltungen: regelmäßige Teilnahme an den Übungen im Fall von Lehrveranstaltungen mit Übungen, regelmäßige Teilnahme am Seminar im Fall von Seminaren, regelmäßige Teilnahme am Praktikum im Fall von Praktika, keine im Fall von Vorlesungen ohne begleitende Übungen, Seminare oder Praktika

#### Leistungsnachweise

erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben oder Fachgespräch (ca. 30 Min.) oder Test

#### Prüfungsvorleistungen

Erbringen aller Leistungsnachweise in der Lehrveranstaltung, zu der die lehrveranstaltungsbezogene Modulprüfung stattfinden soll

### Lehr- / Lernformen

Vorlesungen

### Modulprüfung

#### Modulabschlussprüfung, benotet

Die Modulprüfung zu diesem Modul erfolgt lehrveranstaltungsbezogen: In einer Lehrveranstaltung des Moduls nach Wahl der oder des Studierenden werden sowohl die konkreten Inhalte der jeweiligen Lehrveranstaltung als auch die übergeordneten Lernziele des Moduls abgeprüft. Alle anderen von der oder dem Studierenden in diesem Modul absolvierten Lehrveranstaltungen werden mit den oben aufgeführten Leistungsnachweisen abgeschlossen.

#### bestehend aus:

mündliche Prüfung (ca. 30 Min.) oder Klausur (90 Min.)



Modul	Modulname	Art des Moduls	CP
VKPLAB	<b>Spezielle Themen der Plasmaphysik für BSc-Studierende</b>	Wahlpflichtmodul	8–12
<b>Inhalte</b>			
abhängig von den gewählten Lehrveranstaltungen; Inhalte können sein:			
<p><i>Plasmaphysik:</i> Plasmen im Universum und Labor, grundlegende Plasmaparameter, Plasmadichte und -temperatur, Ionisationsgrad, Plasmaerzeugung mit Hilfe von Entladungen, Ionen- oder Laserstrahlen, Einteilchenbewegung, Gyrationradius, Driftbewegungen, magnetische Spiegel, Townsend-Koeffizienten einer Entladung, Paschenkurve, Debye-Länge, Plasmafrequenz, Landau-Länge, Gamma-Parameter, lokales und partielles thermodynamisches Gleichgewicht, Boltzmann-Verteilung, Saha-Gleichung, weltweiter Energiebedarf, Umweltaspekte der Energieerzeugung, Brennstoffvorrat, Fusion in der Sonne, magnetischer Einschluss, Trägheitseinschluss, Bindungsenergie von Atomkernen, Schwellenenergie und Energiefreisetzung verschiedener Fusionsreaktionen, Fusionswirkungsquerschnitte und Reaktionsrate, Energiebilanz eines Fusionsplasmas, Lawson- und <math>\rho \cdot r</math>-Kriterium für Fusion, Kompression und Energiegewinn, magnetische und hydrodynamische Instabilitäten, Anforderungen an Reaktorkonzepte.</p>			
<p><i>Physik und Anwendungen der Hochspannungstechnik:</i> Aufgaben und Anwendungen der Hochspannungstechnik, Perspektiven der Hochspannungstechnik, Wechsel- und Drehstromtechnik, Energieübertragung, Grundlagen elektrischer Felder, technische Beanspruchungen, statische, stationäre und quasistationäre Felder in homogenen Dielektrika, Gasentladungskennlinien, raumladungsfreie Entladung im homogenen Feld (nach Townsend und Paschen), raumladungsbeschwerte Entladung, Kanalentladung (Streamer-Mechanismus), Entladeverzug, Stoßkennlinien und Hochfrequenzdurchschlag, Entladungen im inhomogenen Feld, Oberflächenentladungen, Funken-, Bogen- und Blitzentladung, Entladungen in flüssigen und festen Dielektrika, Entladungen in festen Stoffen, Teilentladungen (TE), Vakuumdurchschlag, Isolierstoffe, Typische Isoliersysteme für Gleich-, Wechsel-, und Impulsspannungen, Prüfen, Messen, Diagnose, Hochspannungsprüfungen, Überspannungsableiter, Erzeugung hoher Spannungen, weitere Anwendungen, Blitzschutz, Sicherstellung der EMV, Hochleistungsimpulstechnik.</p>			
<p><i>Plasmen hoher Energiedichte und Röntgenstrahlung im Universum und Labor:</i> Grundlagen Plasmaphysik, hydrodynamische Gleichungen, Erzeugung und Eigenschaften von Plasmen hoher Energiedichte, Anwendung in Planetenmodellen, Erzeugung im Labor (Schockwellen, Röntgen- und Teilchenstrahlen), Laser-erzeugte Plasmen, Hochenergielaser, Inertialfusion</p>			
<p><i>Plasmen hoher Energiedichte und Röntgenstrahlung im Universum und Labor II:</i> Strahlungsmechanismen, Diagnostiken, technische und astrophysikalische Anwendungen. Verschiedene Strahlungsmechanismen. Elementare Prozesse in Plasma. Röntgen-Spektren aus Plasmen - Informationsquelle über Plasmeneigenschaften. Methoden und Techniken von Röntgendiagnostiken. Anwendungen für Lasererzeugten Plasmen.</p>			
Die Studierenden müssen mindestens zwei und können maximal drei Lehrveranstaltungen absolvieren. Dabei kann frei aus den verfügbaren Lehrveranstaltungen ausgewählt werden.			

**Lernergebnisse/Kompetenzziele**

Dieses Modul bereitet die Studierenden auf eine Abschlussarbeit im Bereich Plasmaphysik vor. Nach Absolvieren des Moduls sind die Studierenden in dem von ihnen gewählten Vertiefungsbereich in der Lage, sich selbstständig in die aktuelle Forschung einzuarbeiten bzw. direkt zu ihr beizutragen:

- Die Studierenden kennen alle wesentlichen Konzepte und Fachbegriffe und verstehen deren inhaltliche Zusammenhänge.
- Die Studierenden können forschungsnahe Problemstellungen thematisch einordnen und mit den vermittelten Methoden analysieren.
- Die Studierenden können weiterführende Informationen zu einer gegebenen Fragestellung in Fachliteratur und Internet recherchieren.
- Die Studierenden können aktuelle wissenschaftliche Publikationen verstehen und wiedergeben.
- Die Studierenden besitzen das experimentelle oder theoretische Rüstzeug, um eine gegebene wissenschaftliche Fragestellung selbst quantitativ zu untersuchen und zu beantworten.

**Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls**

keine

**Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen****Teilnahmenachweise**

abhängig von den gewählten Lehrveranstaltungen: regelmäßige Teilnahme an den Übungen im Fall von Lehrveranstaltungen mit Übungen, regelmäßige Teilnahme am Seminar im Fall von Seminaren, regelmäßige Teilnahme am Praktikum im Fall von Praktika, keine im Fall von Vorlesungen ohne begleitende Übungen, Seminare oder Praktika

**Leistungsnachweise**

erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben sowie Vortrag über ein ausgegebenes Thema oder Fachgespräch (ca. 30 Min.) oder Test

**Prüfungsvorleistungen**

Erbringen aller Leistungsnachweise in der Lehrveranstaltung, zu der die lehrveranstaltungsbezogene Modulprüfung stattfinden soll

**Lehr- / Lernformen**

Vorlesungen, Übungen

**Modulprüfung****Modulabschlussprüfung, benotet**

Die Modulprüfung zu diesem Modul erfolgt lehrveranstaltungsbezogen: In einer Lehrveranstaltung des Moduls nach Wahl der oder des Studierenden werden sowohl die konkreten Inhalte der jeweiligen Lehrveranstaltung als auch die übergeordneten Lernziele des Moduls abgeprüft. Alle anderen von der oder dem Studierenden in diesem Modul absolvierten Lehrveranstaltungen werden mit den oben aufgeführten Leistungsnachweisen abgeschlossen.

**bestehend aus:**

mündliche Prüfung (ca. 30 Min.) oder Klausur (90 Min.)

Modul	Modulname	Art des Moduls	CP
VKTECB	<b>Spezielle Themen der angewandten und technischen Physik für BSc-Studierende</b>	Wahlpflichtmodul	6–12
<b>Inhalte</b>			
abhängig von den gewählten Lehrveranstaltungen; Inhalte können sein:			
<i>Grundlagen der computergestützten Signalverarbeitung</i> : Einführung Signal- und Systemtheorie, Signalverarbeitungsmethoden im Zeitbereich, Frequenzbereich und Zeitfrequenzbereich (z.B. Waveletanalyse), statistische Signalverarbeitung, Mustererkennung			
<i>Elektronik und Sensorik I</i> : Die Vorlesung <i>Elektronik und Sensorik I</i> bietet eine umfassende Einführung in die Grundlagen der Analog-Elektronik. Dabei werden die wichtigsten elektronischen Bauelemente und ihre Grundschaltungen behandelt. Einige Themenschwerpunkte sind: Passive Netzwerke, Grundlagen der Halbleiterdiode, Feldeffekt- und Bipolarer Transistor, Dioden- und Transistorschaltungen, Operationsverstärker, Schaltungssimulation.			
<i>Complex Renewable Energy Networks</i> : Physics of renewable energy generation (including weather-dependent modeling); stochastic modeling; physics of general complex networks; system design; power transmission; storage; physics of coupled networks; the role of energy in society.			
<i>Physik der Energiegewinnung</i> : Sozioökonomische Zusammenhänge hinsichtlich Energieverbrauch, Wirtschaftsleistung usw., historische Entwicklung des Energieverbrauchs, Energie als physikalische Größe, Energieerntefaktor, fossile Energieträger (Entstehung, Vorkommen, Abbau), Treibhauseffekt, Kreisprozesse und Wärmekraftmaschinen (Motoren, Turbinen), Kraft-Wärme-Kopplung, Regenerative Energieformen (Photovoltaik, Photothermik, Wind, Wasser, Biomasse, Geothermik), Kernspaltung (Grundlagen, Reaktortypen, Neutronenbilanz, Aufarbeitung), Transmutation, Fusion, Risikobegriff, Speicherung von Energie, Transport von Energie			
<i>Energetechnik</i> : Stationäre/instationäre Systeme, Euler-Lagrange-Transformation, Primär- und Sekundärenergieträger, Bilanzräume, techn. und chemische Thermodynamik, technische Kreisprozesse, Wärmepumpen und Kältemaschinen, Tieftemperaturprozesse, Elektrolyse und Brennstoffzellen, Transportvorgänge, Extremalprinzipien, Überschallströmungen, Energiespeicher, Brennstoffe, Pi - Theorem und Ähnlichkeit, Optimierung technischer Systeme.			
<i>Maschinenlern-Verfahren und ihre Anwendung in Mustererkennung, KI und Suchmaschinen-Technik</i> : Grundbegriffe der Informationstheorie und der Wahrscheinlichkeitstheorie, Bayes-Methoden und statistisches Schließen, Einführung in die grundlegenden Fragestellungen beim Maschinenlernen, Modellwahl, -anpassung und -validierung, lineare Klassifikationsmethoden, nicht-parametrische Techniken (k-nächste Nachbarn), naive Bayes-Klassifikation und Erweiterungen, Bayes-Netze, Entscheidungsbäume, Ensemble-Lerner (Bagging und Boosting), (randomisierte) Entscheidungswälder, Support-Vektor-Maschinen, neuronale Netze.			
<i>Maschinenlern-Verfahren II und ihr Einsatz in KI und Robotik</i> : Reinforcement-Learning, logisches und (statistisches) relationales Lernen, Cluster-Verfahren, Dimensionsreduktion, Independent-Component-Analysis und blinde Signaltrennung; Flankierende Grundlagenthemen: Heuristische Optimierungs- und Suchverfahren, Bayes-Methoden und statistisches Schließen, (algorithmische) Informationstheorie, Ähnlichkeitsmetriken			
<i>Digitale Elektronik I</i> : In der Vorlesung <i>Digitale Elektronik I</i> werden zunächst die für das Digitalelektronikpraktikum benötigten Kenntnisse vorbereitet, so werden z.B. die boolesche Algebra, digitale Bauelemente, Zustandsautomaten, und die einzelnen Logikfamilien eingeführt. Hierbei wird Wert auf die praxisnahe Gestaltung der Vorlesung gelegt.			
<i>Musterklassifikation und Signalschätzung</i> : Musterklassifikation mit Support-Vector-Machines, Musterklassifikation basierend auf Topologischen Merkmalskarten, mehrschichtigen Perzeptrons und Radial-Basis-Funktionen; Theoretische Grundlagen statistischer Musterklassifikation, Klassifikation dynamischer Muster mit Hidden-Markov-Modellen.			

*Sprachakustik und Sprachsignalverarbeitung*: Akustische und artikulatorische Grundlagen der Sprachproduktion; phonetische Konzepte; Modellbeschreibungen der Spracherzeugung; Anwendungen der Sprachverarbeitung: Sprachsynthese, Spracherkennung, Sprachkodierung und Störgeräuschsunterdrückung; anwendungsbezogene Konzepte und Verfahren der Systemtheorie und statistischen Signalverarbeitung: Wellendigitalfilter, Lineare Prädiktion, MFCCs, DTW, Hidden Markov Modelle, Dynamische Programmierung, Unit Selection usw.; praxisrelevante Herausforderungen der Sprachtechnologien.

*Introduction to Machine and Deep Learning and applications in physics and beyond*: The theoretical part of the lecture includes an introduction to the basics of statistics, Bayes-Theorem and discrete as well as continuous probability distributions. From this, the mathematical foundations of (supervised) Machine-Learning algorithms like: Linear Models, Support Vector Machines, Decision trees, Ensemble Methods, The Perceptron and Artificial Neural Networks will be derived. The concept of statistical learning will be introduced. A particular emphasis will be here on the gradient descent and its relation to Newton's method. The theoretical basics of Deep learning and different neural net architectures (Deep fully connected Neural Networks, Convoluted Neural Networks, Recurrent Neural Networks) will be introduced and it will be shown how the relevant equations for the forward and (error) back-propagation within these networks can be derived. An applied lecture part is dedicated to:

- The numerical Implementation and programming of the discussed machine-learning methods with PYTHON and especially Tensor Flow.
- The application of codes to example problems.

Statistik, Wahrscheinlichkeitsverteilungen, Datenverarbeitung, Einführung in PYTHON, Lineare Modelle für Klassifikation und Regression, Entscheidungsbäume, Ensemble Methoden, Support-Vector-Machines, Überfitten, der Fluch der hohen Dimensionalität, Logistische Regression, Künstliche Neuronale Netzze, Tiefe Neuronale Netze, *Convolutional* Neuronale Netze, *Recurrent* Neuronale Netzze, Autoencoder, GANs

Die Studierenden müssen mindestens zwei und können maximal drei Lehrveranstaltungen absolvieren. Dabei kann frei aus den verfügbaren Lehrveranstaltungen ausgewählt werden.

#### **Lernergebnisse/Kompetenzziele**

Dieses Modul bereitet die Studierenden auf eine Abschlussarbeit im Bereich angewandte und technische Physik vor. Nach Absolvieren des Moduls sind die Studierenden in dem von ihnen gewählten Vertiefungsbereich in der Lage, sich selbstständig in die aktuelle Forschung einzuarbeiten bzw. direkt zu ihr beizutragen:

- Die Studierenden kennen alle wesentlichen Konzepte und Fachbegriffe und verstehen deren inhaltliche Zusammenhänge.
- Die Studierenden können forschungsnahe Problemstellungen thematisch einordnen und mit den vermittelten Methoden analysieren.
- Die Studierenden können weiterführende Informationen zu einer gegebenen Fragestellung in Fachliteratur und Internet recherchieren.
- Die Studierenden können aktuelle wissenschaftliche Publikationen verstehen und wiedergeben.
- Die Studierenden besitzen das experimentelle oder theoretische Rüstzeug, um eine gegebene wissenschaftliche Fragestellung selbst quantitativ zu untersuchen und zu beantworten.

#### **Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls**

keine

<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b>	
<b>Teilnahmenachweise</b>	abhängig von den gewählten Lehrveranstaltungen: regelmäßige Teilnahme an den Übungen im Fall von Lehrveranstaltungen mit Übungen, regelmäßige Teilnahme am Seminar im Fall von Seminaren, regelmäßige Teilnahme am Praktikum im Fall von Praktika, keine im Fall von Vorlesungen ohne begleitende Übungen, Seminare oder Praktika
<b>Leistungsnachweise</b>	erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben oder Fachgespräch (ca. 30 Min.) oder Test
<b>Prüfungsvorleistungen</b>	Erbringen aller Leistungsnachweise in der Lehrveranstaltung, zu der die lehrveranstaltungsbezogene Modulprüfung stattfinden soll
<b>Lehr- / Lernformen</b>	Vorlesungen, Übungen
<b>Modulprüfung</b>	
<b>Modulabschlussprüfung, benotet</b>	Die Modulprüfung zu diesem Modul erfolgt lehrveranstaltungsbezogen: In einer Lehrveranstaltung des Moduls nach Wahl der oder des Studierenden werden sowohl die konkreten Inhalte der jeweiligen Lehrveranstaltung als auch die übergeordneten Lernziele des Moduls abgeprüft. Alle anderen von der oder dem Studierenden in diesem Modul absolvierten Lehrveranstaltungen werden mit den oben aufgeführten Leistungsnachweisen abgeschlossen.
<b>bestehend aus:</b>	mündliche Prüfung (ca. 30 Min.) oder Klausur (90 Min.)

#### 4.2.7 Biophysik

Modul	Modulname	Art des Moduls	CP
VEBP	<b>Einführung in die Biophysik</b>	Wahlpflichtmodul	5
<b>Inhalte</b>			
Struktur, Dynamik und Funktion von Proteinen und Nukleinsäuren, z.B. im Hinblick auf Molekulare Motoren, Informationsübertragung, Energiewandlung, Sensorik; Eigenschaften biologischer Membranen; Erregungsleitung; Reaktionsmechanismen; experimentelle Methoden zur Untersuchung von Struktur und Funktion biologischer Makromoleküle; theoretische Methoden zu ihrer Beschreibung.			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
Die Studierenden erlangen Kenntnisse von Struktur und Aufbau biologischer Makromoleküle und Membranen (z.B. im Hinblick auf Molekulare Motoren, Informationsübertragung, Energiewandlung, Sensorik), von Grundlagen der Dynamik dieser Systeme, Grundlagen der Funktionen von Proteinen, Grundlagen der Reaktionskinetik, Grundlagen der Bioenergetik, von spektroskopischen Techniken, bildgebenden Techniken und Beugungstechniken zur Untersuchung von Struktur und Dynamik biologischer Makromoleküle. Die Studierenden können biophysikalische Zusammenhänge verstehen, diskutieren und Modelle zur Lösung von biophysikalischen Problemen einsetzen. Das Modul führt die Studierenden in die Biophysik ein und kann auf die Bachelorarbeit oder Masterarbeit vorbereiten.			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
keine			
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>	regelmäßige Teilnahme an den Übungen		
<b>Leistungsnachweise</b>	erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben		
<b>Prüfungsvorleistungen</b>	Erbringen aller Leistungsnachweise		
<b>Lehr- / Lernformen</b>	Vorlesung, Übung		
<b>Modulprüfung</b>			
<b>Modulabschlussprüfung, benotet</b>			
<b>bestehend aus:</b>	mündliche Prüfung (ca. 30 Min.) oder Klausur (90 Min.)		

Modul BPH3N	Modulname <b>Biophysik 3: Methoden</b>	Art des Moduls Wahlpflichtmodul	CP 6
<b>Inhalte</b>			
Mikroskopie: optische Mikroskopie, hochauflösende Mikroskopie, Elektronenmikroskopie; Einzelmolekültechniken: Fluoreszenzmethoden, Rastersondenmethoden, Patch-Clamp-Techniken, Optical Tweezer; Spektroskopie: UV/Vis-Spektroskopie, IR-Spektroskopie, NMR-Spektroskopie, EPR-Spektroskopie; Beugungsmethoden: Röntgenbeugung, Röntgenkristallstrukturanalyse, Elektronenbeugung, Neutronenbeugung, Röntgenkleinwinkelstreuung, statische und dynamische Lichtstreuung; Simulationsverfahren: Moleküldynamische Verfahren, quantenchemische Verfahren; Weitere: Massenspektroskopie, analytische Ultrazentrifugation			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
Die Studierenden haben ein vertieftes Verständnis der biophysikalischen Methoden, insbesondere ihrer Funktionsprinzipien, Anwendungsbereiche und Limitationen. Sie sind in der Lage, für konkrete Fragestellungen ein sinnvolles Vorgehen zur Bearbeitung zu wählen und die richtigen Methoden zu wählen. In Übungen wird der Stoff selbstständig vertieft.			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
keine			
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>		regelmäßige Teilnahme an den Übungen	
<b>Leistungsnachweise</b>		Bearbeitung der Übungsaufgaben	
<b>Prüfungsvorleistungen</b>		Erbringen aller Leistungsnachweise	
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesung, Übung	
<b>Modulprüfung</b>			
<b>Modulabschlussprüfung, benotet</b>			
<b>bestehend aus:</b>		mündliche Prüfung (ca. 30 Min.) oder Klausur (90 Min.)	

Modul	Modulname	Art des Moduls	CP
VKBPHB	<b>Spezielle Themen der Biophysik für BSc-Studierende</b>	Wahlpflichtmodul	6–9
<b>Inhalte</b>			
<p>abhängig von den gewählten Lehrveranstaltungen; Inhalte können sein:</p> <p><i>(Bio-)molekulare Dynamik — Messmethoden und Anwendungen von Femtosekunden bis Sekunden:</i> Experimentelle Methoden werden vorgestellt aus den Bereichen: Ultrakurzzeitspektroskopie; nichtlineare Laserspektroskopie; Einzelmolekülspektroskopie; Einzelmolekülmikroskopie; Kraftmikroskopie; Optische Pinzetten; zeitaufgelöste NMR-Spektroskopie; Massenspektrometrie; zeitaufgelöste Röntgenbeugung, Kristallographie und Elektronenbeugung. Der Informationsgehalt der verschiedenen Experimente wird anhand wichtiger Beispiele erläutert. Diese umfassen unter anderem: Protonentransfer; Bruch und Bildung chemischer Bindungen; Katalysatoren; Bildung transientser Strukturen in Flüssigkeiten; Energietransfer in Molekülen; Proteinfaltung; Enzymfunktion; Photorezeptoren; Molekulare Motoren; Photosynthese.</p> <p><i>Biochemische Methoden in der Biophysik:</i> Die vorgestellten Techniken beinhalten: Methoden der Molekularbiologie (Identifikation und Isolierung von Genen, Sequenzierung, Synthese, Klonierung, Mutagenese, Expression von rekombinanten Genen); Proteinchemische Methoden (lösliche Expression, Rückfaltung von denaturierten Proteinen, Besonderheiten bei Membranproteinen, chromatographische Trennverfahren, Pufferaustausch und Konzentrieren, Immobilisieren, Kristallisieren); Analytische Methoden (Konzentrations- und Reinheitsbestimmung, Elektrophorese, Bestimmung von Bindungskonstanten und Aktivitäten); Markierungstechniken (<i>Tags</i>, chemische Label, Isotopenlabel, künstliche Aminosäuren); biochemisch relevante Datenbanken und Software</p> <p><i>Strahlen- und Umweltbiophysik:</i> Grundlagen der Wechselwirkung ionisierender und nichtionisierender Strahlung mit Materie; Grundbegriffe von Dosis, Dosimetrie; gesetzliche Grundlagen des Strahlenschutzes; Anwendungen von Teilchenstrahlung und elektromagnetischer Strahlung in der Medizin; natürliche und künstliche Radioaktivität; nicht-ionisierende Strahlung. Übungen sind in die Vorlesung integriert.</p> <p>Die Studierenden müssen mindestens zwei und können maximal drei Lehrveranstaltungen absolvieren. Dabei kann frei aus den verfügbaren Lehrveranstaltungen ausgewählt werden.</p>			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
<p>Das Modul vermittelt vertiefende Kenntnisse aus Themengebieten der Biophysik und kann als Vorbereitung auf eine biophysikalische Abschlussarbeit dienen. Nach Absolvieren des Moduls sind die Studierenden in dem von ihnen gewählten Vertiefungsbereich in der Lage, sich selbstständig in die aktuelle Forschung einzuarbeiten bzw. direkt zu ihr beizutragen.</p> <p>Die Studierenden kennen Präparations- und Untersuchungsmethoden für biomolekulare Systeme und können geeignete Verfahren für eine gegebene Fragestellung auswählen, insbesondere für die Untersuchung von dynamischen Eigenschaften.</p> <p>Sie können den theoretischen Hintergrund für die experimentellen Untersuchungsmethoden erläutern und Vor- und Nachteile einer Methode im Vergleich mit möglichen Alternativen abwägen.</p> <p>Darüberhinaus können die Studierenden Mechanismen der biologischen Strahlenwirkung erläutern und die Auswirkung von elektromagnetischer und Teilchenstrahlung quantifizieren. Sie kennen deren medizinische Anwendungsmöglichkeiten und die Grundlagen der Dosimetrie und des gesetzlichen Strahlenschutzes.</p>			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
keine			
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>		abhängig von den gewählten Lehrveranstaltungen: regelmäßige Teilnahme an den Übungen im Fall von Lehrveranstaltungen mit Übungen, regelmäßige Teilnahme am Seminar im Fall von Seminaren, regelmäßige Teilnahme am Praktikum im Fall von Praktika, keine im Fall von Vorlesungen ohne begleitende Übungen, Seminare oder Praktika	



<b>Leistungsnachweise</b>	erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben oder Fachgespräch (ca. 30 Min.) oder Test
<b>Prüfungsvorleistungen</b>	Erbringen aller Leistungsnachweise in der Lehrveranstaltung, zu der die lehrveranstaltungsbezogene Modulprüfung stattfinden soll
<b>Lehr- / Lernformen</b>	Vorlesungen, Übung
<b>Modulprüfung</b>	
<b>Modulabschlussprüfung, benotet</b>	Die Modulprüfung zu diesem Modul erfolgt lehrveranstaltungsbezogen: In einer Lehrveranstaltung des Moduls nach Wahl der oder des Studierenden werden sowohl die konkreten Inhalte der jeweiligen Lehrveranstaltung als auch die übergeordneten Lernziele des Moduls abgeprüft. Alle anderen von der oder dem Studierenden in diesem Modul absolvierten Lehrveranstaltungen werden mit den oben aufgeführten Leistungsnachweisen abgeschlossen.
<b>bestehend aus:</b>	mündliche Prüfung (ca. 30 Min.) oder Klausur (90 Min.)

#### 4.2.8 Neurowissenschaften

Modul	Modulname	Art des Moduls	CP
VTHNEU	<b>Theoretical Neuroscience</b>	Wahlpflichtmodul	6–9
<b>Inhalte</b>			
<p><i>Theoretical Neuroscience</i>: basic models of neurons and neural networks, network dynamics, introduction to neural coding and decoding, synaptic plasticity and Hebbian learning, associative memory</p> <p><i>Brain Dynamics: From Neuron to Cortex</i>: Brain dynamics is described at the level of single neurons, microcircuits, and global cortical dynamics. Beginning from the discussion of harmonic oscillators, we introduce the basic knowledge needed to describe spiking dynamics of neurons. This is then used to classify neurons according to different spiking behaviors. We then describe universal architectural aspects of microcircuits that connect the single neurons into functional substructures. Finally, we describe generation, stability, and possible functionality of cortical oscillations. The latter are observed in the context of cognitive processing.</p>			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
<p>Das Modul vermittelt die grundlegenden Konzepte des Vertiefungsfachs Neuroscience. Es erlaubt insbesondere auch Studierenden ohne umfangreiche Vorkenntnisse den Einstieg in das Vertiefungsfach. Es führt dabei insbesondere in Methoden zur Modellierung von Neuronen und neuronalen Netzen und deren kollektiver Dynamik ein. Das Modul gibt gleichzeitig einen Überblick über das breite Angebot an Wahlpflichtveranstaltungen im Bereich Neuroscience, um den Studierenden die weitere Orientierung im Vertiefungsfach zu erleichtern. Nach Absolvieren des Moduls sind die Studierenden in der Lage, einfache Modelle von Nervenzellen und Netzwerken mit mathematischen und computergestützten Methoden zu analysieren:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden kennen grundlegende Konzepte und Fachbegriffe und verstehen deren inhaltliche Zusammenhänge.</li> <li>• Die Studierenden können Problemstellungen thematisch einordnen und mit den vermittelten Methoden analysieren.</li> <li>• Die Studierenden können weiterführende Informationen zu einer gegebenen Fragestellung in Fachliteratur und Internet recherchieren.</li> </ul>			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
keine			
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>		<i>Theoretical Neuroscience</i> : regelmäßige Teilnahme an den Übungen	
<b>Leistungsnachweise</b>		<i>Brain Dynamics: From Neuron to Cortex</i> : keine	
		<i>Theoretical Neuroscience</i> : erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben	
		<i>Brain Dynamics: From Neuron to Cortex</i> : Fachgespräch (ca. 30 Min.) oder Test	
<b>Prüfungsvorleistungen</b>		Erbringen aller Leistungsnachweise zur Lehrveranstaltung <i>Theoretical Neuroscience</i>	
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesungen, Übung	

**Modulprüfung**

**Modulabschlussprüfung, benotet**

**bestehend aus:**

mündliche Prüfung (ca. 30 Min.) oder Klausur (90 Min.) zum Inhalt der Lehrveranstaltung *Theoretical Neuroscience*

Modul	Modulname	Art des Moduls	CP
VTHNEU2	<b>Advanced Theoretical Neuroscience</b>	Wahlpflichtmodul	6–9
<b>Inhalte</b>			
<p><i>Theoretical Neuroscience 2</i>: advanced models of neurons and neural networks, network dynamics, information theory and coding, neuronal and synaptic plasticity, self-organization in neural networks, theories of learning, analysis of neural data</p> <p><i>Visual System – Neural Structure, Dynamics, and Function</i>: Electromagnetic spectrum and light as visual stimulus; structure of eye, retina, and optic nerve; the thalamus as relay station to cortex and recurrent modulator; primary and secondary visual cortex; hypercolumns as modules of information processing; microcircuits; what- and where-paths; feedback connections; maps of cortical visual areas in monkey and human; representations of color, form, motion, and location; analysis of semantic categories; attention; psychological theories; capacity of working memory; visual search, illusory conjunctions, and binding problem; distractor interference phenomena; priming; attentional gating of information flow; oscillations and synchrony.</p>			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
<p>Das Modul vermittelt fortgeschrittene Konzepte des Vertiefungsfachs Neuroscience. Dabei werden fortgeschrittene Methoden zur Beschreibung von Nervenzellen und Netzwerken und zur Analyse biologischer Daten vermittelt. Das Modul führt die Studierenden an die aktuelle Forschung heran und bereitet sie auf das selbstständige wissenschaftliche Arbeiten in diesem Bereich vor. Nach Absolvieren des Moduls sind die Studierenden in der Lage, fortgeschrittene Modelle von Nervenzellen und Netzwerken mit mathematischen und computergestützten Methoden zu analysieren:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden kennen grundlegende und weiterführende Konzepte und Fachbegriffe und verstehen deren inhaltliche Zusammenhänge.</li> <li>• Die Studierenden können Problemstellungen thematisch einordnen und mit den vermittelten Methoden analysieren.</li> <li>• Die Studierenden können weiterführende Informationen zu einer gegebenen Fragestellung in Fachliteratur und Internet recherchieren.</li> <li>• Die Studierenden können aktuelle wissenschaftliche Publikationen verstehen und wiedergeben.</li> <li>• Die Studierenden besitzen das theoretische und praktische Rüstzeug, um ein gegebenes Problem selbstständig zu untersuchen und durch Anwendung geeigneter Methoden zu lösen.</li> </ul>			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
keine			
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>	<i>Theoretical Neuroscience 2</i> : regelmäßige Teilnahme an den Übungen <i>Visual System – Neural Structure, Dynamics, and Function</i> : keine		
<b>Leistungsnachweise</b>	<i>Theoretical Neuroscience 2</i> : erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben <i>Visual System – Neural Structure, Dynamics, and Function</i> : Fachgespräch (ca. 30 Min.) oder Test		
<b>Prüfungsvorleistungen</b>	Erbringen aller Leistungsnachweise zur Lehrveranstaltung <i>Theoretical Neuroscience2</i>		
<b>Lehr- / Lernformen</b>	Vorlesungen, Übung		

**Modulprüfung**

**Modulabschlussprüfung, benotet**

**bestehend aus:**

mündliche Prüfung (ca. 30 Min.) oder Klausur (90 Min.) zum Inhalt der Lehrveranstaltung *Theoretical Neuroscience2*

### 4.3 Wahlpflichtmodule: II) Zweijährlich oder unregelmäßig angebotene Module

#### 4.3.1 Fachgebietsübergreifende Module

Modul	Modulname	Art des Moduls	CP
VHSTATP	<b>Höhere Statistische Physik: Vielteilchensysteme im Nicht-Gleichgewicht</b>	Wahlpflichtmodul	6
<b>Inhalte</b>			
Langevin-Gleichungen, Fokker-Planck Gleichungen, Master Gleichungen, Kinetik klassischer Gase, Boltzmann-Gleichung, Navier-Stokes Gleichung, Keldysh-Formalismus, Funktionalintegral- Formulierung der Nicht-Gleichgewichts-Vielteilchentheorie, Quantenkinetische Gleichungen.			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
Die Studierenden sind mit dem Übergang von der theoretischen Beschreibung von thermodynamischen Gleichgewichtssystemen zu solchen außerhalb des Gleichgewichts vertraut. Sie sind damit in der Lage, physikalische Nichtgleichgewichtssituationen zu kategorisieren, den entsprechenden Gleichungssystemen zuzuordnen und diese zu lösen.			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
keine			
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>		regelmäßige Teilnahme an den Übungen	
<b>Leistungsnachweise</b>		erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben	
<b>Prüfungsvorleistungen</b>		Erbringen aller Leistungsnachweise	
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesung, Übung	
<b>Modulprüfung</b>			
<b>Modulabschlussprüfung, benotet</b>			
<b>bestehend aus:</b>		mündliche Prüfung (ca. 30 Min.) oder Klausur (90 Min.)	

Modul	Modulname	Art des Moduls	CP
VNUMP	<b>Numerische Methoden der Physik</b>	Wahlpflichtmodul	6
<b>Inhalte</b>			
Darstellung von Zahlen, Rundungsfehler; Gewöhnliche Differentialgleichungen, Anfangswertprobleme; Einheitenbehaftete/dimensionslose Größen; Nullstellensuche, lösen nicht-linearer Gleichungen; Gewöhnliche Differentialgleichungen, Randwertprobleme; Lösen linearer Gleichungssysteme; Numerische Integration; Eigenwertprobleme; Verwendung numerischer Bibliotheken; Interpolation, Extrapolation, Approximation; Funktionsminimierung, Optimierung; Monte Carlo-Simulation statistischer Zustandssummen.			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
Das Modul vermittelt auf einer praktischen Ebene die wichtigsten numerischen Verfahren, die in physikalischen Rechnungen eingesetzt werden. Die Studierenden erlangen die Kompetenz, selbst Methoden zu implementieren und aus Programmbibliotheken kritisch die für ein Problem geeigneten Verfahren auszuwählen.			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
keine			
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>		regelmäßige Teilnahme an den Übungen	
<b>Leistungsnachweise</b>		erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben	
<b>Prüfungsvorleistungen</b>		Erbringen aller Leistungsnachweise	
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesung, Übung	
<b>Modulprüfung</b>			
<b>Modulabschlussprüfung, benotet</b>			
<b>bestehend aus:</b>		mündliche Prüfung (ca. 30 Min.) oder Klausur (90 Min.)	

Modul	Modulname	Art des Moduls	CP
VCPSM	<b>Computational Physics and Simulations in Matlab</b>	Wahlpflichtmodul	6
<b>Inhalte</b>			
<p>Programmieren und Visualisieren in Matlab, numerische Simulationen physikalischer Fragestellungen: Ableitung und Integration, Optimierung and Minimierung, gewöhnliche Differentialgleichungen, chaotische Dynamik, Fraktale, Zufallsbewegungen, Eigenwertprobleme, Matrixzerlegungen, partielle Differentialgleichungen, Perkolation, Monte-Carlo-Methoden, neuronale Netze.</p>			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
<p>Im Rahmen des Tutoriums wird die Anwendung der vorgestellten Algorithmen auf konkrete physikalische Problemstellungen vermittelt. Dabei erlernen und verwenden die Studierenden die Programmierumgebung MATLAB, die auch bei geringen Vorkenntnissen effiziente Simulationen und Visualisierung ermöglicht.</p>			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
keine			
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>		regelmäßige Teilnahme an den Übungen	
<b>Leistungsnachweise</b>		erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben	
<b>Prüfungsvorleistungen</b>		Erbringen aller Leistungsnachweise	
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesung, Übung	
<b>Modulprüfung</b>			
<b>Modulabschlussprüfung, benotet</b>			
<b>bestehend aus:</b>		mündliche Prüfung (ca. 30 Min.) oder Klausur (90 Min.)	



Modul	Modulname	Art des Moduls	CP
VCADS	<b>Complex Adaptive Dynamical Systems</b>	Wahlpflichtmodul	8
<b>Inhalte</b>			
<p><i>Foundations:</i> Graph Theory, Information Theory, Neural Networks, Bifurcation Theory, Game Theory, Branching Theory, Cognitive System Theory</p> <p><i>Models:</i> Small-World Network, Cellular Automata, Boolean Networks, Sandpile Model, Kuramoto Model, Quasispecies Model, Galton-Watson Process</p> <p><i>Phenomena:</i> Self-Organized Criticality, Deterministic Chaos, Stochastic Resonance and Escape, Synchronization, Dynamical Phase Transitions, Error Catastrophe, Small-World Phenomenon</p>			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
<p>Students are familiar with the basic concepts of modern dynamical systems theory, including the time-series analysis and game and branching theory. They can analyze and set up neural networks. They are aware of standard complexity models and can determine whether systems are chaotic and/or self-critical. After completion of this module students are well prepared for research in computational neuroscience, theoretical biology, ecology, epidemiology and network sciences in general.</p>			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
keine			
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>		regelmäßige Teilnahme an den Übungen	
<b>Leistungsnachweise</b>		erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben	
<b>Prüfungsvorleistungen</b>		Erbringen aller Leistungsnachweise	
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesung, Übung	
<b>Modulprüfung</b>			
<b>Modulabschlussprüfung, benotet</b>			
<b>bestehend aus:</b>		mündliche Prüfung (ca. 30 Min.) oder Klausur (90 Min.)	

Modul	Modulname	Art des Moduls	CP
VSELFORG	<b>Self-Organization: Theory and Simulations</b>	Wahlpflichtmodul	8
<b>Inhalte</b>			
<p>The course will be a combination of lectures on complex system theory with a focus on self-organization, together with a computer lab. The lectures will treat topics like pattern formation in reaction-diffusion systems, opinion dynamics, swarm intelligence, Darwinian evolution and cognitive system theory. An introduction to dynamical system theory will be given, including bifurcation theory, chaos and dissipative systems. In the computer lab an introduction to programming in general will be given and students are expected to write their own codes and to perform then a series of simulations for self-organizing systems.</p>			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
<p>To comprehend the basics of the complex system theory and the principles leading to self-organizing processes in physics and nature. Both an analytic and mathematical understanding and the capability to perform numerical simulations and experiments testing the respective phenomena.</p>			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
keine			
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>		regelmäßige Teilnahme an den Übungen	
<b>Leistungsnachweise</b>		erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben	
<b>Prüfungsvorleistungen</b>		Erbringen aller Leistungsnachweise	
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesung, Übung	
<b>Modulprüfung</b>			
<b>Modulabschlussprüfung, benotet</b>			
<b>bestehend aus:</b>		mündliche Prüfung (ca. 30 Min.) oder Klausur (90 Min.)	

Modul VCPML	Modulname <b>Advanced Introduction to C++, Scientific Computing and Machine Learning</b>	Art des Moduls Wahlpflichtmodul	CP 8
<b>Inhalte</b>			
Einführung in Linux und C++; Datentypen, Kontrollfluss, Exceptions, Pointers, Funktionen, Templates, Klassen, Konstruktoren, Destruktoren, Vererbung, String- und Filestreams, IO Manipulation, Containers, Assoziative Datenstrukturen. Zusätzlich werden die grundlegenden numerischen Methoden und Konzepte behandelt wie Summation, Rekursion, Stabilität, Auswertung von Integralen, Lösung von Differentialgleichungen, das Runge-Kutta Verfahren, Elimination, Gauss Verfahren, Monte Carlo- und Metropolis Verfahren. Weiterhin wird eine Einführung in die grundlegenden Konzepte des Maschinellen Lernens gegeben, wie überwachtes, nicht-überwachtes und verstärktes Lernen, Klassifikation, Regression, Klustering, Dimensionalitätsreduktion und Neuronale Netze.			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
Für den Physiker ist es wichtig, sich in jeder Programmier-Umwelt zurechtzufinden, sei es wissenschaftliches Rechnen, Web-Programmierung oder Maschinelles Lernen. Ziel der Vorlesung ist es, das hierfür notwendige Basiswissen zu vermitteln. Dafür soll das eigenständige Programmieren in C++ anhand von Übungen und von größeren numerischen Projekten erlernt werden. Mit den Grundlagen numerischer Methoden und vom Maschinellen Lernen soll die Fähigkeit erworben werden, moderne Programmpakete nicht nur zu benutzen, sondern auch zu verstehen nach welchen Prinzipien diese arbeiten.			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
keine			
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>		regelmäßige Teilnahme an den Übungen	
<b>Leistungsnachweise</b>		erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben; erfolgreicher Abschluss von Programmierprojekten	
<b>Prüfungsvorleistungen</b>		Erbringen aller Leistungsnachweise	
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesung, Übung	
<b>Modulprüfung</b>			
<b>Modulabschlussprüfung, benotet</b>			
<b>bestehend aus:</b>		mündliche Prüfung (ca. 30 Min.) oder Klausur (90 Min.)	

Modul VKOED	Modulname <b>Kovariante Elektrodynamik und spezielle Relativitätstheorie</b>	Art des Moduls Wahlpflichtmodul	CP 6
<b>Inhalte</b>			
Abriss der speziellen Relativitätstheorie und der relativistischen Mechanik; relativistische Elektrodynamik: Einführung des Feldstärketensors, kovariante Maxwell-Gleichungen, Lagrange-Formalismus für Teilchen und Felder, Energie-Impuls-Tensor; kovariante Formulierung des elektromagnetischen Strahlungsfeldes; Weizsäcker-Williams-Methode und Photonenspektrum			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
Die Studierenden kennen alle wesentlichen Konzepte der Elektrodynamik in einer kovarianten, relativistischen Beschreibung. Nach der erfolgreichen Belegung des Kurses wissen die Studierenden, dass sich die Maxwell-Gleichungen zwanglos aus einer einfachen relativistischen klassischen Feldtheorie ergeben. Die relativistischen Transformationen der Systemgrößen betrachtet aus verschiedenen Bezugssystemen sind den Studierenden dann offensichtlich. Auf der Basis der vielen Beispiele aus der Vorlesung und den Aufgaben der Übungen ist den Studierenden der Umgang mit dem relativistische Potential zur Berechnung des Feldstärke-Tensors und des Energie-Impulstensors für verschiedenste Fragestellungen der Elektrodynamik nun völlig vertraut. Die Studierenden können jetzt auch elektromagnetische Strahlungsphänomene mittels der kovarianten Darstellung der Lienard-Wiechert Potentiale vollständig relativistisch beschreiben. Die Studierenden sind am Schluss in der Lage, sich selbständig in die einschlägige fortführende Literatur einzuarbeiten. Die erfolgreiche Belegung der Vorlesung bereitet die Studierenden insbesondere auf die Konzepte der Allgemeinen Relativitätstheorie und von relativistischen Quanten-Feldtheorien vor.			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
keine			
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>		regelmäßige Teilnahme an den Übungen	
<b>Leistungsnachweise</b>		erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben	
<b>Prüfungsvorleistungen</b>		Erbringen aller Leistungsnachweise	
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesung, Übung	
<b>Modulprüfung</b>			
<b>Modulabschlussprüfung, benotet</b>			
<b>bestehend aus:</b>		mündliche Prüfung (ca. 30 Min.) oder Klausur (90 Min.)	

Modul	Modulname	Art des Moduls	CP
VQI	<b>Quantenwahrscheinlichkeit und Informationsverarbeitung</b>	Wahlpflichtmodul	6
<b>Inhalte</b>			
<p><i>Wahrscheinlichkeit und Information in der Quantentheorie:</i> Logik, klassische Wahrscheinlichkeitstheorie, Wahrscheinlichkeiten in der Quantentheorie, Kochen-Specker-Theorem, Geometrie des Zustandsraums, empirische Rekonstruktion von Quantenzuständen, Entropie und Information, Holevo-Schranke, Gibbs-Modelle, Optimierung der Beschreibungsebene, Symmetrien, Informationsübertragung mit und ohne gemeinsame Bezugssysteme</p> <p><i>Quantencomputer:</i> Qubits, Quantengatter, Schaltkreise, no-cloning-Theorem, Bell-Zustände, Verschränkung, Quanten-Teleportation, dense coding, Deutsch-Algorithmus, Fehlerkorrektur, Shor-Code, Quantenkryptografie, BB84-Protokoll, Quanten-Fouriertransformation, Faktorisierung (Shor-Algorithmus), Grover-Iteration, Datenbanksuche, experimentelle Realisierung, DiVincenzo-Kriterien, nichtlineare Optik, optische Kavitäten, Ionenfallen, Kernspinresonanz, Einweg-Quantencomputer</p>			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
<p>Das Modul führt in die Grundlagen der klassischen und quantenmechanischen Wahrscheinlichkeits- und Informationstheorie ein sowie in die modernen Forschungsgebiete der Quanteninformationsverarbeitung, der statistischen Rekonstruktion von Zuständen und Prozessen sowie der Thermodynamik kleiner Systeme. Nach Absolvieren des Moduls kennen Studierende die Bedeutung von Wahrscheinlichkeit und Information für das moderne Verständnis der Quantentheorie sowie deren Ähnlichkeiten und Unterschiede zur klassischen Wahrscheinlichkeits- und Informationstheorie. Studierende sind in der Lage, einfache Quanten-Schaltkreise zu skizzieren und deren Funktionsweise zu erläutern. Insbesondere beherrschen Studierende die grundlegenden Protokolle zur Fehlerkorrektur, zur sicheren Verteilung kryptografischer Schlüssel, zur effizienten Faktorisierung sowie zur effizienten Datenbanksuche. Darüber hinaus sind Studierende mit den Möglichkeiten der Realisierung in realen physikalischen Systemen vertraut. Die Lehrveranstaltungen sind interaktiv und ermuntern die Teilnehmer zu aktiver Diskussion. Sie stärken somit über die reine Wissensvermittlung hinaus die Fähigkeit der Studierenden zur Argumentation und zur kritischen Auseinandersetzung mit physikalischen Fragestellungen.</p>			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
keine			
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>		keine	
<b>Leistungsnachweise</b>		keine	
<b>Prüfungsvorleistungen</b>		keine	
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesungen	
<b>Modulprüfung</b>			
<b>Modulabschlussprüfung, benotet</b>			
<b>bestehend aus:</b>		mündliche Prüfung (ca. 30 Min.) oder Klausur (90 Min.)	

Modul	Modulname	Art des Moduls	CP
VIQMPT	<b>Introduction to Quantum Many-Particle Theory</b>	Wahlpflichtmodul	5
<b>Inhalte</b>			
<p>many-particle states and operators; Hartree-Fock approximation, correlation (Part I); 2nd quantization, Fock space; pictures in quantum theory; linear response; Green's functions, equations of motion for Green's functions; perturbation theory; Dyson equations, irreducible functions; Hartree-Fock approximation, correlation (Part II), conserving approximations.</p> <p>Vielteilchenzustände und -operatoren; Hartree-Fock Näherung, Korrelation (Teil I); 2. Quantisierung, Fockraum; Bilder in der Quantenmechanik; Lineare Antwort; Greensfunktionen und ihre Bewegungsgleichungen; Störungstheorie; Dyson-Gleichung, irreduzible Funktionen; Hartree-Fock Näherung, Korrelation (Teil II); erhaltende Näherungen.</p>			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
<p>In this module students acquire a basic understanding of many-particle wave functions and operators, as well as of standard methods for studying the properties of many-particle systems. In particular, students become familiar with the fundamental differences between single- and many-particle systems (Pauli and Coulomb correlation) and make first contact with alternatives to the Schrödinger equation for dealing with quantum systems. In the tutorial students learn to translate the general many-body formalism to specific systems and gain versatility in explicitly calculating many-body matrix elements and Green's functions.</p> <p>The course is fully self-contained and emphasizes the structural and formal aspects of many-particle theory, rather than particular many-body systems. It is directly based on the mandatory theory courses <i>Theoretische Physik I-IV</i> and does not require additional preparation. Explicit examples are drawn from electronic structure theory, the material is, however, also relevant for atomic, molecular and nuclear physics. The module prepares students for attending more advanced theory courses which then lead to research projects in this field.</p> <p>Die Studierenden entwickeln ein grundlegendes Verständnis für Vielteilchenwellenfunktionen und -operatoren, sowie für Standardmethoden zur Untersuchung der Eigenschaften von Vielteilchensystemen. Insbesondere sind die Studierenden mit den fundamentalen Unterschieden zwischen Ein- und Vielteilchensystemen (Pauli und Coulomb-Korrelation) vertraut und kommen erstmals mit Alternativen zur direkten Lösung der Schrödinger-Gleichung bei der Diskussion von Quantensystemen in Kontakt. In den Übungen lernen die Studierenden, den allgemeinen Vielteilchenformalismus auf spezifische Problemstellungen zu übersetzen und gewinnen Erfahrung mit der Berechnung von Vielteilchenmatrixelementen sowie Greensfunktionen.</p> <p>Dieser Kurs ist in sich abgeschlossen und betont die strukturellen und formalen Aspekte des Vielteilchenformalismus, weniger dagegen die Physik konkreter Vielteilchensysteme. Er basiert unmittelbar auf den Pflichtmodulen <i>Theoretische Physik I-IV</i>, darüber hinausgehende Vorkenntnisse sind nicht erforderlich. Explizite Beispiele entstammen dem Gebiet der Elektronenstrukturtheorie, das Material der Vorlesung ist aber ebenso relevant in den Bereichen Atom-, Molekül- und Kernphysik. Das Modul bereitet Studierende auf die Teilnahme an fortgeschrittenen Lehrveranstaltungen in diesen Fachgebieten vor.</p>			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
keine			
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>		regelmäßige Teilnahme an den Übungen	
<b>Leistungsnachweise</b>		erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben	
<b>Prüfungsvorleistungen</b>		Erbringen aller Leistungsnachweise	
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesung, Übung	
<b>Modulprüfung</b>			
<b>Modulabschlussprüfung, benotet</b>			
<b>bestehend aus:</b>		mündliche Prüfung (ca. 30 Min.) oder Klausur (90 Min.)	

Modul	Modulname	Art des Moduls	CP
VMSDA	<b>Modern Statistical Data Analysis for Practitioners</b>	Wahlpflichtmodul	5
<b>Inhalte</b>			
<p>We introduce the basics of probability theory, classical statistics, and classical error analysis (p-values, confidence intervals), which serves as the starting point to explore modern methods of statistics (Maximum Likelihood, Bayes). We use these methods to extract information from noisy data through (non-)linear parameter estimation (fitting) and model comparison. We show how to analyze data containing dynamical information by time series analysis (correlation functions, error analysis) and Markov-Chain models and kinetic models described by rate equations.</p>			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
<p>The overarching goal is to equip the students with the necessary statistical tools to extract information from noisy data reliably and with quantified uncertainties. The students should be able to identify the common pitfalls of statistical data analysis in their own work and be able to critically assess the quality of published data and statistical analyses. These goals will be practiced in the practical course on real world examples.</p>			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
keine			
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>		regelmäßige Teilnahme an den Übungen	
<b>Leistungsnachweise</b>		erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben	
<b>Prüfungsvorleistungen</b>		Erbringen aller Leistungsnachweise	
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesung, Übung	
<b>Modulprüfung</b>			
<b>Modulabschlussprüfung, benotet</b>			
<b>bestehend aus:</b>		mündliche Prüfung (ca. 30 Min.) oder Klausur (90 Min.)	

#### 4.3.2 Astrophysik und Kosmologie

Modul	Modulname	Art des Moduls	CP
VHYMAG	<b>Hydrodynamics and Magnetohydrodynamics</b>	Wahlpflichtmodul	6
<b>Inhalte</b>			
<p>On the fluid approximation, Newtonian kinetic theory, The Boltzmann equation, The H-theorem, The moment equations, The Maxwell-Boltzmann equilibrium distribution, The zero-order approximation: perfect fluids, The first-order approximation: non-perfect fluids, Relativistic kinetic theory, The relativistic Boltzmann equation, Relativistic transport fluxes, The relativistic moment equations, The general-relativistic hydrodynamic equations, Relativistic equilibrium distributions, The laws of thermodynamics, Equations of state, Kinematic properties of fluids, Kinematic shear, expansion and vorticity, Evolution laws of the kinematic quantities, Mass current and energy-momentum of perfect fluids, Hydrodynamics equations of perfect fluids, Stationary flows, Bernoulli's theorem, Irrotational flows, Vorticity, Irrotational flows, Kelvin-Helmholtz theorem, Isentropic flows, Hyperbolic systems of partial differential equations, Quasi-linear formulation, Conservative formulation, Linear and nonlinear behaviour, Characteristic equations for linear systems, Riemann invariants, Characteristic curves and caustics, Domain of determinacy and region of influence, Linear hydrodynamic waves, Sound waves, Nonlinear hydrodynamic waves, Simple waves and discontinuous waves, Rarefaction waves, Shock waves, Contact discontinuities, The Riemann problem, Introduction to plasmas, The magnetohydrodynamic equations, Flux-freezing condition, Magnetohydrostatic solutions, Hydromagnetic waves, Magnetic reconnection.</p>			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
<p>At the end of the course the students will have been exposed to the basic concept of modern hydrodynamics and magnetohydrodynamics. Furthermore, with the discussion of the mathematical and computational techniques employed in the solution of the equations of hydrodynamics and magnetohydrodynamics, the students will be able to carry out quantitative studies employing the solution of these equations. Overall, the material in the course will provide all the necessary background for a successful research work in plasma physics and relativistic astrophysics.</p>			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
keine			
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>	regelmäßige Teilnahme an den Übungen		
<b>Leistungsnachweise</b>	erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben		
<b>Prüfungsvorleistungen</b>	Erbringen aller Leistungsnachweise		
<b>Lehr- / Lernformen</b>	Vorlesung, Übung		
<b>Modulprüfung</b>			
<b>Modulabschlussprüfung, benotet</b>			
<b>bestehend aus:</b>	mündliche Prüfung (ca. 30 Min.) oder Klausur (90 Min.)		



Modul	Modulname	Art des Moduls	CP
VASTBIO	<b>Astrobiologie</b>	Wahlpflichtmodul	6
<b>Inhalte</b>			
Entstehung der Elemente, Chemie im Weltraum, Habitable Erde, Eigenschaften von Leben, Terrestrische Biochemie, Ursprung des Lebens, Leben im All, Exoplaneten			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
Dieses Modul vermittelt den Studierenden die Fähigkeiten,			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• das Phänomen Leben im astrophysikalischen Kontext einzuordnen,</li> <li>• die Entstehung des Lebens auf der Erde und im Universum gegenüber zu stellen,</li> <li>• Bezüge zwischen den naturwissenschaftlichen Bereichen Chemie, Biologie, Geowissenschaften, Physik und Astrophysik herzustellen,</li> <li>• die Komplexität der Definition von Leben zu verstehen,</li> <li>• das Konzept der Habitabilität von Exoplaneten einzuordnen,</li> <li>• die Frage der Zukunft des Lebens und der Möglichkeit des Lebens außerhalb der Erde zu untersuchen.</li> </ul>			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
keine			
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>		regelmäßige Teilnahme an den Übungen	
<b>Leistungsnachweise</b>		erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben	
<b>Prüfungsvorleistungen</b>		Erbringen aller Leistungsnachweise	
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesung, Übung	
<b>Modulprüfung</b>			
<b>Modulabschlussprüfung, benotet</b>			
<b>bestehend aus:</b>		mündliche Prüfung (ca. 30 Min.) oder Klausur (90 Min.)	

Modul VGWAV	Modulname <b>Gravitationswellen</b>	Art des Moduls Wahlpflichtmodul	CP 6
<b>Inhalte</b>			
Einsteinsche Feldgleichungen, linearisierte Theorie der Allgemeinen Relativitätstheorie, Geometrischer Zugang zu Gravitationswellen, Feldtheoretischer Zugang zu Gravitationswellen, Erzeugung von Gravitationswellen in linearisierter Theorie, Anwendungen (binäre Systeme, rotierende Körper, freier Fall in Schwarze Löcher, beschleunigte Massen), experimentelle Beobachtung von Gravitationswellen			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
Die Studierenden lernen die Eigenschaften von Gravitationswellen der Allgemeinen Relativitätstheorie in einem geometrischen Zugang und komplementär innerhalb des Wellenbegriffes eines klassischen Feldes kennen. Sie können mögliche Quellen für die Produktion von Gravitationswellen benennen und einen Bezug zu astrophysikalischen Systemen herstellen. Sie verstehen die Prinzipien hinter der experimentellen Messung von Gravitationswellen und mögliche Methoden zur Detektion. Sie kennen die gegenwärtigen Beobachtungen von Gravitationswellen und wissen die Implikation dieser Messungen für die Eigenschaften von kompakten Objekten einzuschätzen.			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
keine			
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>		regelmäßige Teilnahme an den Übungen	
<b>Leistungsnachweise</b>		erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben	
<b>Prüfungsvorleistungen</b>		Erbringen aller Leistungsnachweise	
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesung, Übung	
<b>Modulprüfung</b>			
<b>Modulabschlussprüfung, benotet</b>			
<b>bestehend aus:</b>		mündliche Prüfung (ca. 30 Min.) oder Klausur (90 Min.)	

### 4.3.3 Kern- und Elementarteilchenphysik

Modul	Modulname	Art des Moduls	CP
VSTATP	<b>Statistische Physik und kritische Phänomene</b>	Wahlpflichtmodul	6
<b>Inhalte</b>			
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Phasenübergänge und kritische Phänomene, Ginzburg-Landau-Theorie für Phasenübergänge</li> <li>2. Ising-Modell und andere einfache Spinmodelle</li> <li>3. Renormierungsgruppe</li> <li>4. Monte-Carlo-Methoden</li> </ol>			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
<p>Aufbauend auf den Grundvorlesungen über Theoretische Physik vermittelt das Modul vertiefende Kenntnisse über Phasenübergänge. Am Ende des Moduls können die Studierenden zur Beschreibung von kritischen Phänomenen geeignete Modelle heranziehen und das Konzept der Universalität auf kritische Phänomene in allen Bereichen der Physik anwenden.</p>			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
keine			
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>		regelmäßige Teilnahme an den Übungen	
<b>Leistungsnachweise</b>		erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben	
<b>Prüfungsvorleistungen</b>		Erbringen aller Leistungsnachweise	
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesung, Übung	
<b>Modulprüfung</b>			
<b>Modulabschlussprüfung, benotet</b>			
<b>bestehend aus:</b>		mündliche Prüfung (ca. 30 Min.) oder Klausur (90 Min.)	

Modul	Modulname	Art des Moduls	CP
VHYDRO	<b>Hydrodynamik und Transporttheorie</b>	Wahlpflichtmodul	6
<b>Inhalte</b>			
<p>Hydrodynamik der idealen Flüssigkeiten; Schallwellen; Schock- und Verdünnungswellen; Zerfall der Unstetigkeit; selbstähnliche Lösungen; Zustandsgleichung hochverdichteter Materie; Phasengleichgewicht; Deflagrations- und Detonationswellen; Instabilitäten; Navier-Stokes-Gleichung; Wärme- und Strahlungstransport; kinetische Gastheorie; Einteilchen-Verteilungsfunktion; Boltzmann-Gleichung; Zweierstöße.</p> <p>Hydrodynamics of ideal fluids; sound waves; shock and rarefaction waves; decay of discontinuity; self-similar solutions; equation of state of matter at high pressure; phase equilibrium; deflagration and detonation waves; instabilities; Navier-Stokes equation; heat and radiation transport; kinetic theory of gases; single-particle distribution function; Boltzmann equation; two-body collisions.</p>			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
<p>Das Modul vermittelt die Grundkonzepte der klassischen Strömungsmechanik als nichtlinearer Feldtheorie. Die Studierenden lernen die Grundgleichungen kennen und erwerben die Kompetenz, das Verhalten von Flüssigkeiten und Gasen unter verschiedenen Bedingungen zu beurteilen und in typische Lösungsklassen einzuordnen. In der Transporttheorie wird die fundamentale Einsicht vermittelt, wie aus einer reversiblen mikroskopischen Physik irreversibles makroskopisches Verhalten etwa in der Boltzmann-Gleichung entstehen kann und die Kompetenz erlangt, lokales und globales Gleichgewicht sowie Nichtgleichgewichtsprozesse zu erkennen.</p>			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
keine			
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>		regelmäßige Teilnahme an den Übungen	
<b>Leistungsnachweise</b>		erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben	
<b>Prüfungsvorleistungen</b>		Erbringen aller Leistungsnachweise	
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesung, Übung	
<b>Modulprüfung</b>			
<b>Modulabschlussprüfung, benotet</b>			
<b>bestehend aus:</b>		mündliche Prüfung (ca. 30 Min.) oder Klausur (90 Min.)	

Modul VSKTG1	Modulname <b>Von der Quantenfeldtheorie zu semiklassischen Transportgleichungen I: Vielteilchensysteme im thermischen Gleichgewicht</b>	Art des Moduls Wahlpflichtmodul	CP 5
<b>Inhalte</b>			
Beschreibung von Vielteilchensystemen mittels der relativistischen Quantenfeldtheorie; kanonische und Pfadintegral-Quantisierung relativistischer Feldtheorien; Statistischer Operator; thermodynamisches Gleichgewicht im Matsubara-Imaginärzeit- und Schwinger-Keldysh-Realzeitformalismus; Störungstheorie und nicht-perturbative Methoden bei endlichen Temperaturen; Anwendung auf den chiralen Phasenübergang in der Schwerionenphysik			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
Die Studierenden			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• beherrschen die grundlegenden Konzepte der relativistischen Quantenfeldtheorie,</li> <li>• können den Formalismus auf Vielteilchensysteme im thermodynamischen Gleichgewicht anwenden,</li> <li>• beherrschen mathematische Methoden zur perturbativen und nichtperturbativen Berechnung von Green-Funktionen im Matsubara- und Schwinger-Keldysh-Realzeitformalismus,</li> <li>• beherrschen funktionale Methoden zur Regularisierung und Renormierung im 2PI-Formalismus,</li> <li>• kennen die wichtigsten Anwendungen in der relativistischen Schwerionenphysik (Quark-Gluon-Plasma, Mediummodifikationen, chiraler Phasenübergang).</li> </ul>			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
keine			
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>		keine	
<b>Leistungsnachweise</b>		keine	
<b>Prüfungsvorleistungen</b>		keine	
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesung	
<b>Modulprüfung</b>			
<b>Modulabschlussprüfung, benotet</b>			
<b>bestehend aus:</b>		mündliche Prüfung (ca. 30 Min.) oder Klausur (90 Min.)	

Modul VSKTG2	Modulname <b>Von der Quantenfeldtheorie zu semiklassischen Transportgleichungen II: Vielteilchensysteme im Nichtgleichgewicht</b>	Art des Moduls Wahlpflichtmodul	CP 5
<b>Inhalte</b>			
Beschreibung von Vielteilchensystemen mittels der relativistischen Quantenfeldtheorie; Schwinger-Keldysh-Realzeitformalismus; Pfadintegral-Quantisierung relativistischer Feldtheorien; Kadanoff-Baym-Gleichungen; „Coarse-Graining“ und Gradientenentwicklung; Markov-Näherung; Quasiteilchennäherung; „Off-Shell-Transport“			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
Die Studierenden			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• beherrschen die Grundlagen zur Beschreibung von Nichtgleichgewichtsprozessen im Schwinger-Keldysh-Realzeitformalismus,</li> <li>• können relativistische semiklassische Transportgleichungen mittels „Coarse-Graining“ von Kadanoff-Baym-Gleichungen für Wigner-transformierte Green-Funktionen herleiten,</li> <li>• verstehen den Zusammenhang mit relativistisch-hydrodynamischen Beschreibungen von Vielteilchensystemen,</li> <li>• können die theoretischen Techniken auf die Beschreibung von relativistischen Schwerionenstößen anwenden.</li> </ul>			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
keine			
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>		keine	
<b>Leistungsnachweise</b>		keine	
<b>Prüfungsvorleistungen</b>		keine	
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesung	
<b>Modulprüfung</b>			
<b>Modulabschlussprüfung, benotet</b>			
<b>bestehend aus:</b>		mündliche Prüfung (ca. 30 Min.) oder Klausur (90 Min.)	

Modul	Modulname	Art des Moduls	CP
VDRIDE	<b>Physik von Driftdetektoren</b>	Wahlpflichtmodul	5
<b>Inhalte</b>			
<p>Grundlagen von Ionisation durch geladene Teilchen in Gasen, Photo-Absorptions Ionisations Modell, Energieverlustfluktuationen, Elektronen- und Ionendrift in elektrischen und magnetischen Feldern, Gasverstärkung, Signaleinkopplung, Positionsmessung. Teilchenidentifizierung durch Messung des spezifischen mittleren Energieverlusts. Impulsbestimmung im Magnetfeld. Statistische und systematische Limitierungen in realen Detektoren. Methoden zur Kalibrierung von großen Driftdetektoren.</p>			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
<p>Detaillierte Kenntnis der relevanten physikalischen Phänomene versetzt Studierende in die Lage, eigenständig reale Driftdetektorsysteme zu entwerfen und im Rahmen von Monte-Carlo Studien zu optimieren. Die Studierenden erlangen ein Verständnis für die komplexen Kalibrierungsschritte großvolumiger Detektoren. Das Modul bereitet Studierende für die Arbeit an kernphysikalischen Großexperimenten vor. Simulation, Entwicklung, Kalibrierung und Analyse von Driftdetektordaten sind typische Elemente von Bachelor-, Master-, und Doktorarbeiten auf diesem Gebiet.</p>			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
keine			
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>		regelmäßige Teilnahme an den Übungen	
<b>Leistungsnachweise</b>		erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben	
<b>Prüfungsvorleistungen</b>		Erbringen aller Leistungsnachweise	
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesung	
<b>Modulprüfung</b>			
<b>Modulabschlussprüfung, benotet</b>			
<b>bestehend aus:</b>		mündliche Prüfung (ca. 30 Min.) oder Klausur (90 Min.)	

#### 4.3.4 Festkörperphysik

Modul	Modulname	Art des Moduls	CP
VQMPT	<b>Vielteilchenphysik</b>	Wahlpflichtmodul	8
<b>Inhalte</b>			
Zweite Quantisierung, Vielteilchen-Modellsysteme, Greensche Funktionen, Diagrammatische Störungstheorie für $T = 0$ und $T > 0$ , Random-Phase Approximation, Leiter-Näherung			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
Die Studierenden lernen die grundlegenden Methoden der Vielteilchen-Theorie, um eigenständig auf dem Gebiet der Vielteilchenphysik arbeiten zu können.			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
keine			
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>		regelmäßige Teilnahme an den Übungen	
<b>Leistungsnachweise</b>		erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben	
<b>Prüfungsvorleistungen</b>		Erbringen aller Leistungsnachweise	
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesung, Übung	
<b>Modulprüfung</b>			
<b>Modulabschlussprüfung, benotet</b>			
<b>bestehend aus:</b>		mündliche Prüfung (ca. 30 Min.) oder Klausur (90 Min.)	



Modul	Modulname	Art des Moduls	CP
VFSTATP	<b>Fortgeschrittene Statistische Physik: Nichtgleichgewicht, kritische Phänomene und Renormierungsgruppe</b>	Wahlpflichtmodul	8
<b>Inhalte</b>			
Im ersten Teil der Vorlesung werden die grundlegenden Methoden und Gleichungen der statistischen Physik im Nicht-Gleichgewicht hergeleitet und diskutiert. Im zweiten Teil wird die Theorie der Renormierungsgruppe entwickelt und auf die Berechnung kritischer Phänomene angewandt.			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
Die folgenden Themen der Nicht-Gleichgewichts Statistischen Physik werden behandelt: Langevin-Gleichungen, Fokker-Planck Gleichungen, Master-Gleichungen, Kinetik klassischer Gase, Boltzmann-Gleichung, Navier-Stokes Gleichung. Anschließend werden kritischen Phänomene am Beispiel der Ising-Universalitätsklasse eingeführt und das Skalenverhalten in der Nähe des kritischen Punktes erklärt. Es folgt eine Einführung in die Wilsonsche Renormierungsgruppen-Methode. Schließlich wird die Funktionale Renormierungsgruppe entwickelt. Mit den in diesem Modul erworbenen Kenntnissen können die Studierenden viele aktuelle Forschungsthemen im Bereich der statistischen Physik und der wechselwirkenden Vielteilchensysteme verstehen. Die Vorlesung kann begleitend zur Anfertigung einer Bachelor- oder Masterarbeit auf diesen Gebieten gehört werden.			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
keine			
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>		regelmäßige Teilnahme an den Übungen	
<b>Leistungsnachweise</b>		erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben	
<b>Prüfungsvorleistungen</b>		Erbringen aller Leistungsnachweise	
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesung, Übung	
<b>Modulprüfung</b>			
<b>Modulabschlussprüfung, benotet</b>			
<b>bestehend aus:</b>		mündliche Prüfung (ca. 30 Min.) oder Klausur (90 Min.)	

Modul	Modulname	Art des Moduls	CP
VDFT	<b>Density Functional Theory</b>	Wahlpflichtmodul	5
<b>Inhalte</b>			
Hohenberg-Kohn theorem, interacting $v$ -representability, spin/current-density functional theory, Kohn-Sham equations, noninteracting $v$ -representability, exact exchange, virial theorems, adiabatic connection, local density approximation (LDA), (meta) generalized gradient approximation, LDA+ $U$ , orbital-dependent functionals, relativistic density functional theory (optionally: time-dependent density functional theory)			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
In this module students are trained for doing research in the field of computational electronic structure theory. Both the complete theoretical background of one of the standard methods in this field, density functional theory, and more practical aspects are covered. In particular, students learn to distinguish the various aspects of electron correlation. Prototype results from a variety of fields illustrate the merits and limitations of density functional theory. As a result of this course, students understand the significance and implications of various approximations and are able to operate standard density functional codes. Students are ready for pursuing a bachelor's or master's project in this field.			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
keine			
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>		keine	
<b>Leistungsnachweise</b>		keine	
<b>Prüfungsvorleistungen</b>		keine	
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesung	
<b>Modulprüfung</b>			
<b>Modulabschlussprüfung, benotet</b>			
<b>bestehend aus:</b>		mündliche Prüfung (ca. 30 Min.) oder Klausur (90 Min.)	

Modul	Modulname	Art des Moduls	CP
VQMD	<b>Quantum Molecular Dynamics</b>	Wahlpflichtmodul	5
<b>Inhalte</b>			
<p>Born-Oppenheimer approximation; density functional theory (Hohenberg-Kohn theorem, Kohn-Sham equations, local density approximation, generalized gradient approximation, time-dependent density functional theory); Born- Oppenheimer versus Car-Parrinello dynamics; iterative diagonalization; optimization techniques (steepest descent, conjugate gradient dynamics, variable metric method); global energy minimization (Metropolis algorithm, Markov chains, dynamical simulated annealing); pseudopotentials; quantum molecular dynamics for periodic systems; Kleinman-Bylander transformation; supercell concept</p>			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
<p>This module provides a bridge between the electronic structure of atoms, familiar to students from the standard course(s) on quantum mechanics, and the electronic structure of molecules and solids. The course addresses both the fundamental physics involved as well as the theoretical concepts and computational techniques required for efficiently dealing with such systems. Students become familiar with the relevant lengths, time and energy scales, with the notion of hybridization and delocalization of states, and with the Born-Oppenheimer approximation. In addition, students make first contact with “counterintuitive” approaches, such as the pseudopotential approximation or the simulation of the Schrödinger equation by another differential equation. They learn about the interplay between the equations of motion and discretization. In this way students are trained to think more creatively about the representation of physics in terms of equations.</p> <p>The course is directly based on the mandatory theory courses <i>Theoretische Physik I-IV</i>. It is highly self-contained, preparation of students by attending additional courses e.g. in condensed matter theory is not required. The module prepares students for pursuing bachelor’s or master’s projects in computational electronic structure theory.</p>			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
keine			
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>		keine	
<b>Leistungsnachweise</b>		keine	
<b>Prüfungsvorleistungen</b>		keine	
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesung	
<b>Modulprüfung</b>			
<b>Modulabschlussprüfung, benotet</b>			
<b>bestehend aus:</b>		mündliche Prüfung (ca. 30 Min.) oder Klausur (90 Min.)	

Modul	Modulname	Art des Moduls	CP
VEFRG	<b>Einführung in die Funktionale Renormierungsgruppe</b>	Wahlpflichtmodul	8
<b>Inhalte</b>			
<p>In diesem Modul wird eine systematische Einführung in die Theorie der Funktionalen Renormierungsgruppe gegeben. Die folgenden Themen werden behandelt:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Das Konzept der Renormierungsgruppe</li> <li>2. Phasenübergänge und Skalenhypothese</li> <li>3. Molekularfeld-Theorie und Gauß'sche Näherung</li> <li>4. Die Wilsonsche Renormierungsgruppe</li> <li>5. Kritische Exponenten des Ising-Modells in der Nähe von 4 Dimensionen</li> <li>6. Funktional-Methoden</li> <li>7. Exakte Renormierungsgruppen Flussgleichungen</li> <li>8. Vertex-Entwicklung</li> <li>9. Gradienten-Entwicklung</li> <li>10. Anwendungen auf Vielteilchensysteme (Fermionen, Bosonen, Spinsysteme).</li> </ol>			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
<p>Die Studierenden erwerben in diesem Modul ein grundlegendes Verständnis der Idee der Renormierungsgruppe und ihrer modernen Formulierung durch formal exakte Flussgleichungen für erzeugende Funktionale. Die Studierenden sollen dabei die Fähigkeit erwerben, eigenständig Renormierungsgruppenmethoden zur Lösung physikalischer Probleme einzusetzen.</p>			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
keine			
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>	regelmäßige Teilnahme an den Übungen		
<b>Leistungsnachweise</b>	erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben		
<b>Prüfungsvorleistungen</b>	Erbringen aller Leistungsnachweise		
<b>Lehr- / Lernformen</b>	Vorlesung, Übung		
<b>Modulprüfung</b>			
<b>Modulabschlussprüfung, benotet</b>			
<b>bestehend aus:</b>	mündliche Prüfung (ca. 30 Min.) oder Klausur (90 Min.)		

#### 4.3.5 Atomphysik und Quantenoptik

Modul	Modulname	Art des Moduls	CP
VUKQG	<b>Quanteninformation und Ultrakalte Atome</b>	Wahlpflichtmodul	8
<b>Inhalte</b>			
Suprafluidität und Bose-Kondensation, Theorie wechselwirkender Bosonen (Bogoliubov, Gross-Pitaevskii), Quantenstatistik und Hanbury-Brown-Twiss Experiment, optische Gitter, Mott-Übergang, Bloch-Oszillationen, fermionische Kondensate und BCS-Theorie, Grundlagen der Quanteninformationstheorie, Bell'sche Ungleichung und Quantenteleportation, Verschränkung und Entropie, Quantenkryptographie, Schumacher-Codierungstheorem, Holevo-Bound, Quantenparallelismus und Quantencomputing, Grover-Algorithmus, Quanten-Fouriertransformation, Shor-Algorithmus, Quantenfehlerkorrektur			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
In diesem Modul lernen die Studierenden zentrale Themen der modernen Quantenphysik sowie ihre Anwendungen in der Quanteninformationsverarbeitung und dem Quantencomputing kennen. Die Vorlesung ist daher auch interessant als Vorbereitung für eine spätere Master/Bachelor Arbeit auf diesem Gebiet. Nach Absolvieren des Moduls kennen Studierende die Grundlagen der Quanten-Informationsverarbeitung und wichtige Algorithmen des Quantencomputing, beispielsweise den Shor-Algorithmus zur effizienten Faktorisierung großer Zahlen. Studierende können selbst Quanten-Schaltkreise entwerfen und auf Quantencomputern (z.B. IBM Quantum Experience) implementieren. Studierende kennen wichtige Anwendungen der quantenmechanischen Verschränkung wie die Quantenteleportation oder Quantenkryptographie, und sie können die Übertragung und Kompression von klassischer und quantenmechanischer Information in Quantenkanälen beschreiben. Studierende können wechselwirkende Quantenvielteilchensysteme theoretisch modellieren und ihre Quantenphasen und Dynamik beschreiben, insbesondere im Hinblick auf moderne Realisierungen in ultrakalten Quantensimulatoren.			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
keine			
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>		regelmäßige Teilnahme an den Übungen	
<b>Leistungsnachweise</b>		erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben	
<b>Prüfungsvorleistungen</b>		Erbringen aller Leistungsnachweise	
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesung, Übung	
<b>Modulprüfung</b>			
<b>Modulabschlussprüfung, benotet</b>			
<b>bestehend aus:</b>		mündliche Prüfung (ca. 30 Min.) oder Klausur (90 Min.)	

Modul	Modulname	Art des Moduls	CP
VTHQO	<b>Theoretische Quantenoptik</b>	Wahlpflichtmodul	8
<b>Inhalte</b>			
<p>Quantisierung und Kohärenzeigenschaften des elektromagnetischen Feldes, squeezed States, Phasenraumdarstellungen, Wigner-Funktion, Quantenmechanik offener Systeme, Lindblad- und Fokker-Planck-Gleichung, Quanten-Markov-Prozesse, Dekohärenz und Theorie der Messung, Quanteninformationsverarbeitung mit quantenoptischen Systemen, Cavity QED, Theorie des Lasers, Lichtkräfte, ultrakalte Quantengase</p>			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
<p>In diesem Modul lernen die Studierenden zentrale Themen der modernen Quantenoptik kennen. Die Vorlesung ist daher auch interessant als Vorbereitung für eine spätere Master/Bachelor Arbeit auf diesem Gebiet. Nach Absolvieren des Moduls können Studierende quantisierte elektromagnetische Felder und ihre Kohärenzeigenschaften theoretisch beschreiben, unter anderem mit semiklassischen Methoden (Phasenraumdarstellungen). Sie beherrschen die semiklassische und die quantisierte Beschreibung von stark wechselwirkenden Ensembles aus Atomen und Licht mit Hilfe des Rabi- und des Jaynes-Cummings-Modells. Studierende kennen Anwendungen quantenoptischer Systeme für Quantencomputing, beispielsweise in Ionenfallen. Studierende können offene Quantensysteme modellieren und ihre zeitliche Dynamik berechnen, beispielsweise mittels Quantenoperationen und der Lindblad-Mastergleichung. Studierende kennen das Phänomen der Dekohärenz und seine Bedeutung für den quantenmechanischen Messprozess. Sie sind mit Anwendungen quantenoptischer Konzepte, beispielsweise Lichtkräften, in ultrakalten Quantensimulatoren vertraut.</p>			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
keine			
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>		regelmäßige Teilnahme an den Übungen	
<b>Leistungsnachweise</b>		erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben	
<b>Prüfungsvorleistungen</b>		Erbringen aller Leistungsnachweise	
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesung, Übung	
<b>Modulprüfung</b>			
<b>Modulabschlussprüfung, benotet</b>			
<b>bestehend aus:</b>		mündliche Prüfung (ca. 30 Min.) oder Klausur (90 Min.)	

#### 4.3.6 Plasmaphysik

Modul	Modulname	Art des Moduls	CP
VTHPLAS	<b>Theoretische Plasmaphysik</b>	Wahlpflichtmodul	6
<b>Inhalte</b>			
<p>Grundlagen, Bewegung von Teilchen in elektromagnetischen Feldern, Wellen in Plasmen, Zweistrom-Instabilität, Fokker-Planck-Gleichung; Magnetohydrodynamik: Feldkonfigurationen, Wellen, Instabilitäten; stochastische Prozesse, Wechselwirkung von Teilchen mit Wellen; numerische Methoden.</p>			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
<p>Das Modul gibt einen elementaren Überblick über das theoretische Verständnis der Plasmen, ausgehend von der Bewegung von Teilchen in elektromagnetischen Feldern über kollektive Effekte bis hin zu Instabilitäten. Es hilft beim Zugang zu theoretischen und experimentellen Arbeiten im Bereich der Labor- und astrophysikalischen Plasmen.</p> <p>Die Studenten erwerben ein grundlegendes Wissen über Vielteilcheneffekte in hochgradig nichtlinearen Situationen. Sie lernen, numerische Verfahren zu beurteilen und die Möglichkeit ihrer Anwendung in anderen Bereichen kritisch zu beurteilen.</p>			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
keine			
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>	regelmäßige Teilnahme an den Übungen		
<b>Leistungsnachweise</b>	erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben		
<b>Prüfungsvorleistungen</b>	Erbringen aller Leistungsnachweise		
<b>Lehr- / Lernformen</b>	Vorlesung, Übung		
<b>Modulprüfung</b>			
<b>Modulabschlussprüfung, benotet</b>			
<b>bestehend aus:</b>	mündliche Prüfung (ca. 30 Min.) oder Klausur (90 Min.)		

#### 4.3.7 Neurowissenschaften

Modul	Modulname	Art des Moduls	CP
VRLEARN	<b>Reinforcement Learning</b>	Wahlpflichtmodul	6
<b>Inhalte</b>			
Markov Decision Processes, Dynamic Programming, Monte Carlo Methods, Temporal Difference Learning, Value Functions, Bellman Equations, Function Approximation, Policy Gradient Methods, Deep Reinforcement Learning, Connection to Psychology and Neuroscience, Applications			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
Dieses Modul bietet eine Einführung in die Theorie und Praxis des Gebiets Reinforcement Learning (Verstärkungslernen). Nach Absolvieren des Moduls sind die Studierenden in der Lage, selbstständig gegebene Probleme durch Anwendung geeigneter Lernalgorithmen zu lösen:			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden kennen alle wesentlichen Konzepte und Fachbegriffe und verstehen deren inhaltliche Zusammenhänge.</li> <li>• Die Studierenden können Problemstellungen thematisch einordnen und mit den vermittelten Methoden analysieren.</li> <li>• Die Studierenden können weiterführende Informationen zu einer gegebenen Fragestellung in Fachliteratur und Internet recherchieren.</li> <li>• Die Studierenden können aktuelle wissenschaftliche Publikationen verstehen und wiedergeben.</li> <li>• Die Studierenden besitzen das theoretische und praktische Rüstzeug, um ein gegebenes Problem selbstständig zu untersuchen und durch Anwendung geeigneter Algorithmen zu lösen.</li> </ul>			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
keine			
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>		regelmäßige Teilnahme an den Übungen	
<b>Leistungsnachweise</b>		erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben	
<b>Prüfungsvorleistungen</b>		Erbringen aller Leistungsnachweise	
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesung, Übung	
<b>Modulprüfung</b>			
<b>Modulabschlussprüfung, benotet</b>			
<b>bestehend aus:</b>		mündliche Prüfung (ca. 30 Min.) oder Klausur (90 Min.)	



## 4.4 Schlüsselqualifikationsmodule

Modul	Modulname	Art des Moduls	CP
VIPY	<b>Einführung in die Programmierung mit Python</b>	Schlüsselqualifikationsmodul	3
<b>Inhalte</b>			
<p>Installation von Python und Erweiterungspaketen, Umgang mit Kommandozeile und interaktiver Shell, Datentypen und -operationen, wesentliche Sprachelemente, Funktionen, Klassen, Exceptions, Verwendung von Erweiterungsmodulen: NumPy, SciPy, Matplotlib, BioPython</p> <p>Übungen zur selbstständigen Bearbeitung und Vertiefung des Stoffs mit anschließender Besprechung sind in die Vorlesung integriert.</p>			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
<p><b>Dieses Modul dient dem Erwerb von Schlüsselqualifikationen.</b></p> <p><i>Ziele:</i> Der Umgang mit dem Computer ist in der Wissenschaft heute selbstverständlich, und die zusätzliche Kenntnis einer Programmiersprache ist außerordentlich hilfreich für die Durchführung der verschiedensten Tätigkeiten. Über die unmittelbare Nützlichkeit für die Arbeit hinaus fördert das Erlernen einer Programmiersprache das klare, logische, abstrakte Denken und Formulieren. Die Programmiersprache PYTHON ist frei verfügbar, leicht zu erlernen und im Wissenschaftsbetrieb zunehmend verbreitet. Das Modul vermittelt die Grundlagen von PYTHON mit einem Schwerpunkt auf Anwendungen in der Wissenschaft.</p> <p><i>Kompetenzen:</i> Die Studierenden kennen die wesentlichen Datentypen und Sprachkonstrukte und sind in der Lage, fertige Programme zu analysieren. Sie werden befähigt, für algorithmisch lösbare Aufgabenstellungen eigene Programme zu entwickeln. Sie können diese Kenntnisse auf studiumsrelevante Probleme anwenden, u.a. auf die Aufbereitung und Analyse von experimentellen Daten, die Datenvisualisierung sowie die Nutzung von Zusatzmodulen für wissenschaftliche Fragestellungen.</p>			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
keine			
<b>Studiennachweise</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>		regelmäßige Teilnahme am Praktikum	
<b>Leistungsnachweise</b>		erfolgreiche Bearbeitung von Programmieraufgaben	
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesung, Übung	
<b>Modulprüfung</b>			
keine			

Modul VPFEI1	Modulname <b>Patentrecht – Forschung – Entwicklung – Innovation I</b>	Art des Moduls Schlüsselqualifikationsmodul	CP 3
<b>Inhalte</b>			
Handhabung geistigen Eigentums am Beispiel der gewerblichen Schutzrechte, insbesondere des Patents. Erhalten, Verteidigen und Durchsetzen von Patenten. Staatliche Innovationspolitik, unternehmerische Forschung und Entwicklung, Technologiemanagement.			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
<b>Dieses Modul dient dem Erwerb von Schlüsselqualifikationen.</b> In ihm werden grundlegende Kenntnisse über das Patentwesen erworben und die Kompetenz vermittelt, wissenschaftliche Forschung und Entwicklung in ein Unternehmensumfeld einzuordnen.			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
keine			
<b>Studiennachweise</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>		keine	
<b>Leistungsnachweise</b>		Fachgespräch (ca. 30 Min.) oder Test	
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesung	
<b>Modulprüfung</b>			
keine			

Modul VPFEI2	Modulname <b>Patentrecht – Forschung – Entwicklung – Innovation II</b>	Art des Moduls Schlüsselqualifikationsmodul	CP 3
<b>Inhalte</b>			
Bewertung der Patentierbarkeit einer Entwicklung und des Schutzbereichs eines Patents. Innovationsmanagement, Hochtechnologie-Unternehmensgründungen, Kooperation Hochschule — Wirtschaft.			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
<b>Dieses Modul dient dem Erwerb von Schlüsselqualifikationen.</b> In ihm werden Leitsätze wegweisender Entscheidungen zu Patentierbarkeit und des betrieblichen Innovationsmanagements vermittelt. Die Studierenden erwerben die Kompetenz zu entscheiden, welche Forschungsergebnisse patentierbar sind und wie man Patentschutz erlangt und durchsetzt. Außerdem erhalten sie einen Überblick darüber, wie der Übergang von der universitären Forschung zur kommerziellen Anwendung gestaltet werden kann.			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
keine			
<b>Studiennachweise</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>		keine	
<b>Leistungsnachweise</b>		Fachgespräch (ca. 30 Min.) oder Test	
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesung	
<b>Modulprüfung</b>			
keine			

## 4.5 Nebenfachmodule angeboten vom FB Physik

### 4.5.1 Nebenfach Astronomie

Modul	Modulname	Art des Moduls	CP
ASTRO1	<b>Astronomie I</b>	Nebenfachmodul	8
<b>Inhalte</b>			
Koordinatensysteme, Strahlung, Planetensystem, Energieerzeugung in der Sonne, Aufbau der Sonne			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
Das Modul bietet eine erste Einführung in die Astronomie. Der/die Studierende erlernen grundlegende Konzepte und Denkweisen der Astronomie. Themen sind Koordinatensysteme, Strahlung, Planetensystem, Energieerzeugung in der Sonne, Aufbau der Sonne.			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
keine			
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>		regelmäßige Teilnahme an den Übungen	
<b>Leistungsnachweise</b>		erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben	
<b>Prüfungsvorleistungen</b>		Erbringen aller Leistungsnachweise	
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesung, Übung	
<b>Modulprüfung</b>			
<b>Modulabschlussprüfung, benotet</b>			
<b>bestehend aus:</b>		mündliche Prüfung (ca. 30 Min.) oder Klausur (90 Min.)	

Modul	Modulname	Art des Moduls	CP
ASTRO2	<b>Astronomie II</b>	Nebenfachmodul	8
<b>Inhalte</b>			
Sternentwicklung, Supernovae, Aufbau der Galaxis, Galaxien, Aktive Galaxien, Kosmologie			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
Das Modul bietet eine weiterführende Einführung in die Astronomie. Der/die Studierende erlernen grundlegende Konzepte und Denkweisen der Astronomie. Themen sind Sternentwicklung, Supernovae, Aufbau der Galaxien, Aktive Galaxien, Kosmologie.			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
keine			
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>		regelmäßige Teilnahme an den Übungen	
<b>Leistungsnachweise</b>		erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben	
<b>Prüfungsvorleistungen</b>		Erbringen aller Leistungsnachweise	
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesung, Übung	
<b>Modulprüfung</b>			
<b>Modulabschlussprüfung, benotet</b>			
<b>bestehend aus:</b>		mündliche Prüfung (ca. 30 Min.) oder Klausur (90 Min.)	

Modul	Modulname	Art des Moduls	CP
ASTRO3	<b>Astronomie III</b>	Nebenfachmodul	13
<b>Inhalte</b>			
<p><i>Astronomisches Praktikum:</i> Computer- und Beobachtungspraktikum mit Beispielen, Simulationen und wichtigen softwaretools der Astronomie sowie einer Exkursion.</p> <p><i>Astronomische Spezialvorlesung:</i> zur Auswahl stehen Vorlesungen über Struktur und Dynamik der Sterne, Struktur und Dynamik der Galaxis, Struktur und Dynamik Extragalaktischer Systeme, Nukleare und Astroteilchenphysik, Allgemeine Relativitätstheorie, Kosmologie, Experimentelle Astrophysik</p> <p><i>Astronomisches Seminar:</i> Auswahl aus Spezialthemen der modernen Astronomie (siehe Auflistung unter Ziele des Moduls)</p>			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
<p>Der/die Studierende vertiefen ihr Wissen in der Astronomie. In einem am Computer basierten Praktikum lernen sie interaktiv die Anwendung von Wissen aus den Modulen ASTRO1,2. Sie lernen wichtige Software- Werkzeuge des Faches kennen und trainieren den selbstständigen Umgang damit. Themengebiete sind: Klassifikation extragalaktischer und galaktischer Objekte anhand spektraler Eigenschaften. Modellierung von Röntgenspektren aktiver galaktischer Kerne. Entfernungsbestimmung von Cepheiden. Hertzsprung - Russel Diagramm. Berechnungen zu Planetenbahnen und Koordinatensystemen. Dunkle Materie in der Milchstraße. Schließlich wählen sie aus einem Angebot von Spezialvorlesungen einen Themenbereich aus, in dem sie vertieftes Wissen erwerben wollen. In einem Seminar erarbeiten sie eigenständig ein Teilgebiet der Astronomie und üben die Präsentation in einem Seminarvortrag.</p>			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
keine			
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>		regelmäßige Teilnahme am Praktikum und am Seminar	
<b>Leistungsnachweise</b>		Abgabe und Bestehen von Praktikumsprotokollen im <i>Astronomischen Praktikum</i> (weitere Details werden in der Praktikumsordnung festgelegt), Seminarvortrag im Rahmen des <i>Astronomischen Seminars</i>	
<b>Prüfungsvorleistungen</b>		Erbringen aller Leistungsnachweise	
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Praktikum, Vorlesung, Seminar	
<b>Modulprüfung</b>			
<b>Modulabschlussprüfung, benotet</b>			
<b>bestehend aus:</b>		mündliche Prüfung (ca. 30 Min.)	

#### 4.5.2 Nebenfach Elektronik

Das Nebenfach Elektronik besteht aus zwei konsekutiven Modulen, die beide erfolgreich absolviert werden müssen. Von der Teilnahme an ELEK-D kann abgesehen werden, falls der oder die Studierende ein inhaltsgleiches Modul vorweisen kann, z.B. die Kombination der Module B-RTKS mit B-HWS-PR des BSc Informatik. Soweit letztgenannte Module bereits als Nebenfachmodule eingebracht wurden, werden für das Nebenfach Elektronik nur die CP und die Note des Moduls ELEK-A berücksichtigt. Das Nebenfach kann jederzeit im Studienverlauf begonnen werden.

Modul	Modulname	Art des Moduls	CP
ELEK-A	<b>Analogelektronik</b>	Nebenfachmodul	9
<b>Inhalte</b>			
<p><i>Elektronik und Sensorik I:</i> Die Vorlesung <i>Elektronik und Sensorik I</i> bietet eine umfassende Einführung in die Grundlagen der Analog-Elektronik. Dabei werden die wichtigsten elektronischen Bauelemente und ihre Grundschaltungen behandelt. Einige Themenschwerpunkte sind: Passive Netzwerke, Grundlagen der Halbleiterdiode, Feldeffekt- und Bipolarer Transistor, Dioden- und Transistorschaltungen, Operationsverstärker, Schaltungssimulation.</p> <p><i>Elektronik und Sensorik II:</i> Die Vorlesung <i>Elektronik und Sensorik II</i> bietet, aufbauend auf die Vorlesung <i>Elektronik und Sensorik I</i>, eine umfassende Einführung in die Grundlagen der Analog-Elektronik. Dabei werden die wichtigsten elektronischen Bauelemente und ihre Grundschaltungen behandelt. Einige Themenschwerpunkte sind: Passive Netzwerke, Grundlagen der Halbleiterdiode, Feldeffekt- und Bipolarer Transistor, Dioden- und Transistorschaltungen, Operationsverstärker, Schaltungssimulation. Kern des Praktikums ist es, den Studierenden den Einsatz der wichtigsten Baugruppen der analogen Elektronik zu vermitteln und den Aufbau einfacher Schaltungen der Analogelektronik zu üben.</p> <p><i>Elektronikpraktikum (Analogteil):</i> Ladungstransport, Signale, lineare passive Netzwerke, physikalische Grundlagen der Halbleiter-Bauelemente, Diodenschaltungen, bipolare und FET-Transistoren, Gegenkopplung</p>			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
<p>Die Studierenden erlernen grundlegende Konzepte des Faches und erwerben die Kompetenz zur eigenständigen Analyse elektronischer Bauelemente sowie zur Analyse und zum Aufbau elektronischer Schaltungen. Insbesondere im Rahmen des Praktikums sollen Fertigkeiten wie selbständiger Aufbau und Dimensionierung elektronischer Schaltungen, eigenständiges Lösen von Problemen sowie die Fähigkeit zur Dokumentation und Präsentation von Messergebnissen erworben werden.</p> <p>Das Modul richtet sich an Studierende aller Semester.</p>			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
keine			
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>		regelmäßige Teilnahme an den Übungen und Praktika	
<b>Leistungsnachweise</b>		erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben, Abgabe und Bestehen von Praktikumsprotokollen (Die Leistungsnachweise können nachgereicht werden, müssen also bei der Anmeldung zur Modulabschlussprüfung noch nicht vorliegen; weitere Details werden in der Praktikumsordnung festgelegt)	
<b>Prüfungsvorleistungen</b>		Erbringen aller Leistungsnachweise	
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesungen, Übung, Praktikum	

**Modulprüfung**

**Modulabschlussprüfung, benotet**

**bestehend aus:**

mündliche Prüfung (ca. 30 Min.) oder Klausur (90 Min.)



Modul	Modulname	Art des Moduls	CP
ELEK-D	<b>Digitalelektronik</b>	Nebenfachmodul	8
<b>Inhalte</b>			
<p><i>Digitale Elektronik I:</i> In der Vorlesung <i>Digitale Elektronik I</i> werden zunächst die für das Digitalelektronikpraktikum benötigten Kenntnisse vorbereitet, so werden z.B. die boolesche Algebra, digitale Bauelemente, Zustandsautomaten, und die einzelnen Logikfamilien eingeführt. Hierbei wird Wert auf die praxisnahe Gestaltung der Vorlesung gelegt.</p> <p><i>Digitale Elektronik II:</i> In der Vorlesung "Digitalelektronik II" werden die Themen boolesche Algebra, digitale Bauelemente, Zustandsautomaten, und die einzelnen Logikfamilien vertieft. Die Vorlesung ist ergänzend zum Praktikum und dient zur Diskussion der konkreten Projekte.</p> <p><i>Elektronikpraktikum (Digitalteil):</i> In dem Praktikum, das durch eine ergänzende Vorlesung „Digitalelektronik II“ zur Diskussion der konkreten Projekte begleitet wird, werden die Studierenden zunächst durch den Aufbau von Schaltungen mit diskreten Bauelementen an die Materie herangeführt, so dass diese dann mit VHDL ein eigenständiges Projekt mit programmierbarer Logik definieren und implementieren können.</p>			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
Den Studierenden wird ein grundlegendes Verständnis der Funktionsweise digitaler Schaltungen vermittelt, um in der Lage zu sein, zukünftige vertiefende Arbeiten und Aufgabenstellungen auf dem Gebiet sicher einzuordnen. Im Vordergrund des Praktikums steht die selbstständige Anwendung des Erlernten durch die selbstständige Durchführung eines in Teamarbeit frei zu gestaltenden Projektes. Das Modul richtet sich an Studierende aller Semester.			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
Modul Elek-A oder gleichwertige Vorkenntnisse. Das Praktikum kann ohne die gleichzeitige Teilnahme an den Vorlesungen <i>Digitale Elektronik I,II</i> oder eine bereits erfolgte erfolgreiche Modulabschlussprüfung für das Modul ELEK-D nicht begonnen werden.			
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>		regelmäßige Teilnahme am Praktikum	
<b>Leistungsnachweise</b>		Abgabe und Bestehen von Praktikumsprotokollen (Die Leistungsnachweise können nachgereicht werden, müssen also bei der Anmeldung zur Modulabschlussprüfung noch nicht vorliegen; weitere Details werden in der Praktikumsordnung festgelegt)	
<b>Prüfungsvorleistungen</b>		Erbringen aller Leistungsnachweise	
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesungen, Übung, Praktikum	
<b>Modulprüfung</b>			
<b>Modulabschlussprüfung, benotet</b>			
<b>bestehend aus:</b>		mündliche Prüfung (ca. 30 Min.) oder Klausur (90 Min.)	

### 4.5.3 Nebenfach Didaktik der Physik

Für das Nebenfach Physikdidaktik im Rahmen des Bachelorstudiums Physik ist das Absolvieren des Moduls Physikdidaktik 1 verpflichtend, das Modul Physikdidaktik 2 optional.

Modul	Modulname	Art des Moduls	CP
DIDA1	<b>Physikdidaktik 1</b>	Nebenfachmodul	13
<b>Inhalte</b>			
Ausgewählte fachdidaktische und methodische Themen wie Schülervorstellungen, Elementarisierung, Modellbildung, Experimentieren und exemplarische Anwendung im Physikunterricht.			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
Die Teilnehmer erwerben zu den verschiedenen Inhaltsbereichen handlungsrelevantes Wissen, das es ihnen erlaubt, diese Inhalte in die Gestaltung von Lehr-Lern-Umgebungen verantwortungsvoll, reflektiert und im Anschluss an wissenschaftliche Erkenntnisse einzubeziehen. Ferner erlangen sie im Sinne des exemplarischen Lernens Kompetenzen in der Erschließung zukünftig neuer naturwissenschaftsdidaktischer Inhaltsbereiche und ihrer Vernetzung mit bestehenden Wissens- und Kompetenzbereichen.			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
keine			
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>		regelmäßige Teilnahme an den Seminaren und dem Praktikum	
<b>Leistungsnachweise</b>		keine	
<b>Prüfungsvorleistungen</b>		keine	
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesung, Praktikum, Seminare	
<b>Modulprüfung</b>			
<b>kumulative Modulprüfung, benotet</b>			
<b>bestehend aus:</b>		eine Klausur (90 Min.) zu den Inhalten der beiden Lehrveranstaltungen LV1 und LV2, Protokolle und Ausarbeitung in LV3, Hausarbeit oder Präsentation und Ausarbeitung in LV4	
<b>Bildung der Modulnote:</b>		nach CP gewichtetes, arithmetisches Mittel der Einzelnoten	

Modul	Modulname	Art des Moduls	CP
DIDA2	<b>Physikdidaktik 2</b>	Nebenfachmodul	14
<b>Inhalte</b>			
<p><i>Fachdidaktische Vertiefung der Modernen Physik:</i> Grundlagen der Atomphysik, Kernphysik und Festkörperphysik; Grundlagen der Quantenphysik, Relativitätstheorie und Astrophysik; fachdidaktische Anforderungen an das Kommunizieren und Lehren im Themenfeld Moderne Physik.</p> <p><i>Methodik des Physikunterrichts:</i> Die Studierenden entwickeln Unterrichtsmaterialien unter Anwendung verschiedener methodischer Konzepte und Unterrichtsformen. Darauf basierend konzipieren sie eine konkrete Unterrichtseinheit zu einem ausgewählten Schwerpunkt.</p> <p><i>Praktikum Experimentelle Demonstrationen:</i> Grundlegende Experimente des Physikunterrichts der Sekundarstufe I und II; Gerätekunde schultypischer Geräte; Zielsetzung und didaktisches Potential von Demonstrationsexperimenten, Schülerexperimenten, Freihandexperimenten, Modellexperimenten, etc.; rechnergestütztes Experimentieren und computerbasierte Messwerterfassung; Präsentation von Experimenten; Sicherheit im Physikunterricht.</p>			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
<p><i>Fachdidaktische Vertiefung der modernen Physik:</i> Die Studierenden verfügen über ein grundlegendes Fachwissen zu den aufgeführten Themen und können dies in unterschiedlichen Kontexten anwenden. Die Studierenden kennen typische Lernschwierigkeiten aus den betreffenden Themenbereichen und können Folgerungen für Elementarisierungen, fachliche Reflektionen und Unterricht ziehen.</p> <p><i>Methodik des Physikunterrichts:</i> Die Studierenden kennen fachdidaktische Theorien und Forschung für Lehren und Lernen. Sie können fachdidaktische Ansätze zur Konzeption von Unterrichtsprozessen erläutern und in exemplarischen Unterrichtsentwürfen mit Blick auf Medienpädagogik umsetzen. Sie können schulische und außerschulische Praxisfelder erfassen und kritisch analysieren, sowie fachspezifische Lernschwierigkeiten berücksichtigen und Fördermöglichkeiten entwickeln.</p> <p><i>Experimentelle Demonstrationen:</i> Die Studierenden kennen Kategorien von Experimenten, ihre Funktion und ihr didaktisches Potential. Sie können mit handels- und schulüblichen Lehrgeräten und Experimentiermaterialien kompetent umgehen und Strategien zur systematischen Analyse von Fehlerquellen beim eigenen Experimentieren entwickeln. Sie können Experimente lernziel- und schülerorientiert auswählen, aufbauen und präsentieren.</p>			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
erfolgreicher Abschluss des Moduls <i>Physikdidaktik 1</i>			
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>	regelmäßige Teilnahme an Seminar und Praktikum		
<b>Leistungsnachweise</b>	keine		
<b>Prüfungsvorleistungen</b>	keine		
<b>Lehr- / Lernformen</b>	Vorlesung, Praktikum, Seminar		
<b>Modulprüfung</b>			
<b>kumulative Modulprüfung, benotet</b>			
<b>bestehend aus:</b>	Hausarbeit oder Präsentation und Ausarbeitung in LV2 und LV3		
<b>Bildung der Modulnote:</b>	nach CP gewichtetes, arithmetisches Mittel der Einzelnoten		

## 4.6 Exportmodule für Nebenfach Physik in anderen Studiengängen

Für alle nachfolgenden Module gelten bezüglich Studiennachweisen, Prüfungsvorleistungen, Anmelde- und Rücktrittsfristen, Prüfungszeiträumen und Prüfungswiederholungen die Regelungen der zum Zeitpunkt des Absolvierens des Moduls gültigen Ordnung des Bachelorstudiengangs Physik, sofern nicht in den Modulbeschreibungen der Studienordnung für den Bachelorstudiengang Physik ausdrücklich anders ausgewiesen.

### 4.6.1 Vorlesungen

Modul	Modulname	Art des Moduls	CP
NFPHY-VA1	<b>Einführung in die Physik A1 für Nebenfachstudierende</b>	Exportmodul	6
<b>Inhalte</b>			
<p>Mechanik: Grundbegriffe der Physik, Bezugssysteme, Bewegung von Punkten, Newton'sche Axiome, Impuls, Reibungskräfte, Gravitation, Arbeit, Leistung und Energie, Stoßgesetze, Schwingungen, Drehbewegungen</p> <p>Thermodynamik: Hauptsätze, Carnot-Maschine, Wirkungsgrad, Zustandsgrößen, Phasen und Phasenübergänge, Wärmeleitung, Diffusion, ideales Gas, barometrische Höhenformel, van-der-Waals-Gas, Wärme als Teilchenbewegung, Freiheitsgrade, Maxwell-Boltzmann-Verteilung, Wahrscheinlichkeit und Entropie</p>			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
<p>Die Mechanik ist eine grundlegende Teildisziplin der Physik und wirkt mit ihren Grundbegriffen und Prinzipien in jedes andere Teilgebiet der Physik hinein. In der Thermodynamik werden Begriffe für die Beschreibung von Zuständen und Zustandsänderungen makroskopischer Systeme entwickelt, die dann mit den mikroskopischen Eigenschaften der Systeme (Bewegungen und Wechselwirkungen der Teilchen) in Verbindung gebracht werden. Die in der Vorlesung vermittelten Inhalte werden in den Übungen angewendet. Die Studierenden sind anschließend in der Lage, entsprechende Problemstellungen selbständig zu analysieren und zu lösen.</p>			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
keine			
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>		regelmäßige Teilnahme an den Übungen	
<b>Leistungsnachweise</b>		erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben oder Bestehen von Tests	
<b>Prüfungsvorleistungen</b>		Erbringen aller Leistungsnachweise	
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesung, Übung	
<b>Modulprüfung</b>			
<b>Modulabschlussprüfung, benotet</b>			
<b>bestehend aus:</b>		Klausur (120 Min.)	

Modul	Modulname	Art des Moduls	CP
NFPHY-VA1S	<b>Einführung in die Physik A1 für Nebenfachstudierende, Abschluss mit Studienleistung</b>	Exportmodul	6
<b>Inhalte</b>			
<p>Mechanik: Grundbegriffe der Physik, Bezugssysteme, Bewegung von Punkten, Newton'sche Axiome, Impuls, Reibungskräfte, Gravitation, Arbeit, Leistung und Energie, Stoßgesetze, Schwingungen, Drehbewegungen</p> <p>Thermodynamik: Hauptsätze, Carnot-Maschine, Wirkungsgrad, Zustandsgrößen, Phasen und Phasenübergänge, Wärmeleitung, Diffusion, ideales Gas, barometrische Höhenformel, van-der-Waals-Gas, Wärme als Teilchenbewegung, Freiheitsgrade, Maxwell-Boltzmann-Verteilung, Wahrscheinlichkeit und Entropie</p>			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
<p>Die Mechanik ist eine grundlegende Teildisziplin der Physik und wirkt mit ihren Grundbegriffen und Prinzipien in jedes andere Teilgebiet der Physik hinein. In der Thermodynamik werden Begriffe für die Beschreibung von Zuständen und Zustandsänderungen makroskopischer Systeme entwickelt, die dann mit den mikroskopischen Eigenschaften der Systeme (Bewegungen und Wechselwirkungen der Teilchen) in Verbindung gebracht werden. Die in der Vorlesung vermittelten Inhalte werden in den Übungen angewendet. Die Studierenden sind anschließend in der Lage, entsprechende Problemstellungen selbständig zu analysieren und zu lösen.</p>			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
keine			
<b>Studiennachweise</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>		regelmäßige Teilnahme an den Übungen	
<b>Leistungsnachweise</b>		erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben oder Bestehen von Tests, Bestehen einer Klausur (120 Min.)	
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesung, Übung	
<b>Modulprüfung</b>			
keine			

Modul	Modulname	Art des Moduls	CP
NFPHY-VA2	<b>Einführung in die Physik A2 für Nebenfachstudierende</b>	Exportmodul	6
<b>Inhalte</b>			
<p>Elektrodynamik: Coulomb-Gesetz, elektrisches Feld, Potential, Spannung, Arbeit, Leistung, Materie im E-Feld, Kapazität, Energie des E-Felds, Strom, Widerstand, Magnetfeld, Biot-Savart'sches Gesetz, Materie im B-Feld, magnetische Kraft, Hall-Effekt, Faraday'sches Induktionsgesetz, Induktivität, Energie des B-Felds, Elektromotor, Generator, Transformator, Wechselstromkreise, Maxwell-Gleichungen, elektromagnetische Wellen</p> <p>Optik: Reflexions- und Brechungsgesetz, Linsentypen, Linsenschleiferformel, Abbildungsgleichung, optische Instrumente (insbesondere Teleskop und Mikroskop), Dispersion, Huygens'sches Prinzip, Beugung und Interferenz, Auflösung von Teleskop und Mikroskop, Kohärenz, Polarisation</p>			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
<p>Kenntnisse der Elektrodynamik sind unerlässlich, um die maßgeblich von elektrischen und magnetischen Kräften geprägten Eigenschaften von Materie zu verstehen. Die Optik befasst sich mit der Ausbreitung von Wellen (insbesondere von elektromagnetischen Wellen) und deren Wechselwirkung mit Materie. In der Vorlesung steht dabei das Verständnis von Abbildungsprozessen im Vordergrund. Die in der Vorlesung vermittelten Inhalte werden in den Übungen angewendet. Die Studierenden sind anschließend in der Lage, entsprechende Problemstellungen selbständig zu analysieren und zu lösen.</p>			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
keine			
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>		regelmäßige Teilnahme an den Übungen	
<b>Leistungsnachweise</b>		erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben oder Bestehen von Tests	
<b>Prüfungsvorleistungen</b>		Erbringen aller Leistungsnachweise	
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesung, Übung	
<b>Modulprüfung</b>			
<b>Modulabschlussprüfung, benotet</b>			
<b>bestehend aus:</b>		Klausur (120 Min.)	

Modul	Modulname	Art des Moduls	CP
NFPHY-VA2S	<b>Einführung in die Physik A2 für Nebenfachstudierende, Abschluss mit Studienleistung</b>	Exportmodul	6
<b>Inhalte</b>			
<p>Elektrodynamik: Coulomb-Gesetz, elektrisches Feld, Potential, Spannung, Arbeit, Leistung, Materie im E-Feld, Kapazität, Energie des E-Felds, Strom, Widerstand, Magnetfeld, Biot-Savart'sches Gesetz, Materie im B-Feld, magnetische Kraft, Hall-Effekt, Faraday'sches Induktionsgesetz, Induktivität, Energie des B-Felds, Elektromotor, Generator, Transformator, Wechselstromkreise, Maxwell-Gleichungen, elektromagnetische Wellen</p> <p>Optik: Reflexions- und Brechungsgesetz, Linsentypen, Linsenschleiferformel, Abbildungsgleichung, optische Instrumente (insbesondere Teleskop und Mikroskop), Dispersion, Huygens'sches Prinzip, Beugung und Interferenz, Auflösung von Teleskop und Mikroskop, Kohärenz, Polarisation</p>			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
<p>Kenntnisse der Elektrodynamik sind unerlässlich, um die maßgeblich von elektrischen und magnetischen Kräften geprägten Eigenschaften von Materie zu verstehen. Die Optik befasst sich mit der Ausbreitung von Wellen (insbesondere von elektromagnetischen Wellen) und deren Wechselwirkung mit Materie. In der Vorlesung steht dabei das Verständnis von Abbildungsprozessen im Vordergrund. Die in der Vorlesung vermittelten Inhalte werden in den Übungen angewendet. Die Studierenden sind anschließend in der Lage, entsprechende Problemstellungen selbständig zu analysieren und zu lösen.</p>			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
keine			
<b>Studiennachweise</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>		regelmäßige Teilnahme an den Übungen	
<b>Leistungsnachweise</b>		erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben oder Bestehen von Tests, Bestehen einer Klausur (120 Min.)	
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesung, Übung	
<b>Modulprüfung</b>			
keine			

Modul	Modulname	Art des Moduls	CP
NFPHY-VB1	<b>Einführung in die Physik B1 für Nebenfachstudierende</b>	Exportmodul	5
<b>Inhalte</b>			
<p><i>Mechanik:</i> Grundlagen der Physik, Basiseinheiten, physikalische Größen, Messfehler, Fehlerfortpflanzung, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Trägheitsprinzip, Aktionsprinzip, Kraft, Reaktionsprinzip, senkrechter, horizontaler und schräger Wurf, Gravitation, Hookesches Gesetz, Fallbeschleunigung, Reibung, Luftwiderstand, Arbeit, schiefe Ebene, potentielle Energie im Schwerfeld, kinetische Energie, Energieerhaltung, Leistung, Impuls, Impulserhaltung, Stoßgesetze, elastischer Stoß, inelastischer Stoß, Drehmoment, Trägheitsmoment, Rotationsenergie, Drehimpuls, Pendelbewegung, Verformung von Körpern, Elastizität, Druck, Pascalsches Prinzip, Druckmessung, hydraulischer Druck, hydraulisches Paradoxon, barometrische Höhenformel, Auftrieb, Archimedisches Prinzip, Dichtebestimmung, Oberflächenspannung, Kohäsion und Adhäsion, Oberflächenspannung, Kapillarkräfte, Strömung, Gleichung von Bernoulli, Viskosität, Stokes Reibung, laminare Strömung, Gesetz von Hagen-Poiseuille, turbulente Strömung, Reynoldszahl</p> <p><i>Thermodynamik:</i> Temperatur, Temperaturmessung, Zustandsgrößen, Normvolumen, kinetisches Gasmodell, Maxwell-Boltzmann Verteilung, mittlere Molekülgeschwindigkeit, ideale Gase, Gesetz von Boyle-Mariotte und Gay-Lussac, Isotherme, Isobare, Isochore, reale Gase, Van-der-Waals Gleichung, Phasenübergang, fest, flüssig, gasförmig, Plasma, kritischer Punkt, Phasendiagramme, überkritisches Fluid, Dampfdruckkurve, Tripelpunkt, Partialdruck, Wärme, spezifische und molare Wärmekapazität, thermisches Gleichgewicht, latente Wärme, Schmelzwärme, Verdampfungswärme, molekulare Wärmeleitung, Konvektion, Wärmestrahlung, Thermografie, Plankstrahlung, Stefan-Boltzmann Konstante, Wiensches Verschiebungsgesetz, erster Hauptsatz der Wärmelehre, innere Energie, Volumenarbeit, reversible und irreversible Prozesse, Wärmekapazität bei konstantem Druck und bei konstantem Volumen, kinetische Freiheitsgrade, Gleichverteilungssatz, Regel von Dulong-Petit, adiabatische Zustandsänderung, Entropie, zweiter Hauptsatz der Wärmelehre, Wärmekraftmaschinen, Wirkungsgrad, Carnot-Prozess, Kältemaschinen und Wärmepumpen</p>			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
<p>Da die Studierenden des ersten Semesters einen sehr heterogenen Bildungshintergrund haben, beginnt die Vorlesung der Mechanik mit den Grundlagen der Physik und entwickelt daraus — durchgehend veranschaulicht durch Demonstrationsexperimente — Grundbegriffe und elementare Zusammenhänge der Mechanik und der allgemeinen Physik. Die Studierenden lernen mit vektoriellen Größen zu operieren und einfache Bewegungsvorgänge zu analysieren. Mit diesen einfachen Begriffen werden dann verschiedene mechanische Erhaltungssätze behandelt. Schließlich werden Druck und Strömung und damit zusammenhängende Phänomene in festen, flüssigen und gasförmigen Systemen diskutiert. Im zweiten Teil der Vorlesung werden die Grundlagen der Thermodynamik vorgestellt. Dieser Teil der Vorlesung macht vom Modellsystem des idealen Gases Gebrauch. Die Temperatur wird als Maß für die mittlere kinetische Energie der Teilchen eingeführt, es werden Methoden zur Messung von Temperatur und Druck gezeigt und verschiedene Arten von Zustandsänderungen und Kreisprozessen diskutiert und vorgeführt. Vom Modellsystem des idealen Gases zu realen Gasen übergehend, werden grundsätzliche Aspekte von Phasenumwandlungen herausgearbeitet. Die Übungen ermöglichen die aktive Anwendung der Grundbegriffe und die Einübung einer quantitativen Betrachtung. Darüber hinaus werden in den Übungen auch die "Soft Skills" des Vortragens in einer kleinen Runde vermittelt.</p>			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
keine			
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>		regelmäßige Teilnahme an den Übungen	
<b>Leistungsnachweise</b>		erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben und exemplarisches Vorrechnen der Lösung zu einer der Übungsaufgaben an der Tafel	
<b>Prüfungsvorleistungen</b>		Erbringen aller Leistungsnachweise	
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesung, Übung	



**Modulprüfung**

**Modulabschlussprüfung, benotet**

**bestehend aus:**

Klausur (90 Min.)

Besondere Hinweise:

Eine Notenverbesserung ist in der jeweils nächsten Klausur einmal möglich.

Modul	Modulname	Art des Moduls	CP
NFPHY-VB2	<b>Einführung in die Physik B2 für Nebenfachstudierende</b>	Exportmodul	5
<b>Inhalte</b>			
<p><i>Elektrodynamik:</i> Coulombsches Gesetz, Elektrisches Feld, Bewegung einer Punktladung im E-Feld, Potential und Potentialdifferenz, Potentielle Energie, Kapazität, Dielektrika und elektrostatische Energie, Grundgleichungen der Elektrostatik, Faraday-Käfig, Strom und Magnetfeld, Widerstand und Ohmsches Gesetz, Energie und Leistung des Stroms, Magnetisches Feld, Lorentz-Kraft, Bewegung von Ladungsträgern im E- und B-Feld, Hall-Effekt, Induktionsgesetz, Grundgleichungen der Magnetostatik, Motoren und Generatoren, Magnetismus: Para-, Dia-, Ferro-Magnetismus, Transformator, Wechselstromkreise, Schwingkreis, Maxwell-Gleichung, Elektromagnetische Wellen.</p> <p><i>Optik:</i> Dualismus des Lichtes, Elektromagnetische Welle, Ausbreitungsgeschwindigkeit, Wellenlänge, Reflexionsgesetz, Brechungsgesetz, Totalreflexion, Dispersion, Linsen und Abbildungsgleichung, Optische Instrumente: Lupe, Fernrohr, Mikroskop, Interferenz und Beugung, Kohärenz, Michelson-Interferometer, Auflösung des Mikroskops (Abbe), Unschärferelation (Heisenberg), Polarisation, Strahlungsgesetze.</p>			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
Die Studierenden lernen Konzepte und Inhalte der klassischen Physik kennen und können selbst fachliche Fragen entwickeln. Sie erlangen praktische Kenntnisse und Fähigkeiten im Umgang mit experimentellen Aufgabenstellungen der klassischen Physik und erlernen die Sorgfältigkeit des wissenschaftlichen Arbeitens. Sie können kleine fachwissenschaftliche Texte verfassen.			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
keine			
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>		regelmäßige Teilnahme an den Übungen	
<b>Leistungsnachweise</b>		erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben und exemplarisches Vorrechnen der Lösung zu einer der Übungsaufgaben an der Tafel	
<b>Prüfungsvorleistungen</b>		Erbringen aller Leistungsnachweise	
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesung, Übung	
<b>Modulprüfung</b>			
<b>Modulabschlussprüfung, benotet</b>			
<b>bestehend aus:</b>		Klausur (90 Min.)	
		Besondere Hinweise: Eine Notenverbesserung ist in der jeweils nächsten Klausur einmal möglich.	

#### 4.6.2 Praktika

Modul	Modulname	Art des Moduls	CP
NFPHY-PA1	<b>Physikalisches Praktikum A1 für Nebenfachstudierende</b>	Exportmodul	6
<b>Inhalte</b>			
Studierende führen Versuche unter Anleitung aus den Gebieten Mechanik, Thermodynamik und Optik durch. Die Versuche und ihre Ergebnisse müssen im Protokoll beschrieben, analysiert und diskutiert werden.			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
Im Praktikum erlernen die Studierenden Grundtechniken des Experimentierens. Dabei sollen die Studierenden in der Lage sein, Versuche zur Mechanik, Wärmelehre und Optik zu verstehen, durchzuführen und zu protokollieren. Sie sollen Erfahrungen im Umgang mit Messgeräten gewinnen. Die Experimente werden in Zweiergruppen durchgeführt. Dadurch wird Teamarbeit und die kritische Diskussion physikalischer und technischer Probleme eingeübt. Das Praktikum vermittelt auch die Fähigkeit zur kritischen Einschätzung der Verlässlichkeit experimenteller Daten durch Erlernen der quantitativen Fehlerrechnung.			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
Für die Aufnahme in das Praktikum ist die Zulassung zu einer der Klausuren der Module NFPHY-VA1 oder NFPHY-VA2 (bzw. NFPHY-VA1S oder NFPHY-VA2S) erforderlich.			
<b>Studiennachweise</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>		regelmäßige Teilnahme am Praktikum	
<b>Leistungsnachweise</b>		Abgabe und Bestehen von Praktikumsprotokollen, Bestehen des Abschlusskolloquiums (in Zweiergruppen, ca. 15 Min. pro Person) (weitere Details werden in der Praktikumsordnung festgelegt)	
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Praktikum	
<b>Modulprüfung</b>			
keine			

Modul	Modulname	Art des Moduls	CP
NFPHY-PA2	<b>Physikalisches Praktikum A2 für Nebenfachstudierende</b>	Exportmodul	6
<b>Inhalte</b>			
Studierende führen Versuche unter Anleitung aus dem Gebiet Elektrizitätslehre durch. Die Versuche und ihre Ergebnisse müssen im Protokoll beschrieben, analysiert und diskutiert werden.			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
Im Praktikum erlernen die Studierenden Grundtechniken des Experimentierens. Dabei sollen die Studierenden in der Lage sein, Versuche zur Elektrizitätslehre zu verstehen, durchzuführen und zu protokollieren. Sie sollen Erfahrungen im Umgang mit Messgeräten gewinnen. Die Experimente werden in Zweiergruppen durchgeführt. Dadurch wird Teamarbeit und die kritische Diskussion physikalischer und technischer Probleme eingeübt. Das Praktikum vermittelt auch die Fähigkeit zur kritischen Einschätzung der Verlässlichkeit experimenteller Daten durch Erlernen der quantitativen Fehlerrechnung.			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
Für die Aufnahme in das Praktikum ist die Zulassung zu einer der Klausuren der Module NFPHY-VA1 oder NFPHY-VA2 (bzw. NFPHY-VA1S oder NFPHY-VA2S) erforderlich.			
<b>Studiennachweise</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>		regelmäßige Teilnahme am Praktikum	
<b>Leistungsnachweise</b>		Abgabe und Bestehen von Praktikumsprotokollen, Bestehen des Abschlusskolloquiums (in Zweiergruppen, ca. 15 Min. pro Person) (weitere Details werden in der Praktikumsordnung festgelegt)	
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Praktikum	
<b>Modulprüfung</b>			
keine			

Modul	Modulname	Art des Moduls	CP
NFPHY-PB	<b>Physikalisches Praktikum B für Nebenfachstudierende</b>	Exportmodul	6
<b>Inhalte</b>			
<p><i>Physikalisches Praktikum B1:</i> Im Praktikum werden ausgewählte Versuche aus den Bereichen Mechanik, Thermodynamik und Optik durchgeführt.</p> <p><i>Physikalisches Praktikum B2:</i> Im Praktikum werden ausgewählte Versuche aus dem Bereich Elektrodynamik durchgeführt.</p>			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
<p>Im Praktikum erlernen die Studierenden Grundtechniken des Experimentierens. Die Experimente werden in Zweiergruppen durchgeführt. Dadurch wird Teamarbeit und die kritische Diskussion physikalischer und technischer Probleme eingeübt. Das Praktikum vermittelt auch die Fähigkeit zur kritischen Einschätzung der Verlässlichkeit experimenteller Daten, einer Kernkompetenz jedes Naturwissenschaftlers und jeder Naturwissenschaftlerin.</p>			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
<p>Für die Aufnahme in das Praktikum ist die Zulassung zu einer der Klausuren der Module NFPHY-VB1 oder NFPHY-VB2 erforderlich.</p>			
<b>Studiennachweise</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>		regelmäßige Teilnahme am Praktikum	
<b>Leistungsnachweise</b>		Abgabe und Bestehen von Praktikumsprotokollen, Bestehen des Abschlusskolloquiums (in Zweiergruppen, ca. 15 Min. pro Person) (weitere Details werden in der Praktikumsordnung festgelegt)	
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Praktikum	
<b>Modulprüfung</b>			
keine			

Modul	Modulname	Art des Moduls	CP
NFPHY-PC	<b>Physikalisches Praktikum C für Nebenfachstudierende</b>	Exportmodul	3
<b>Inhalte</b>			
Durchführung von Experimenten unter Anleitung aus den Gebieten Mechanik, Thermodynamik, Elektrodynamik und Optik.			
<b>Lernergebnisse/Kompetenzziele</b>			
Im Praktikum wenden die Studierenden durch das selbstständige Experimentieren die in den Vorlesungen vermittelten Grundlagen an und vertiefen dadurch ihre physikalischen Kenntnisse. Dazu gehören sowohl der Aufbau und die Durchführung von Versuchen aus gegebenen Bauteilen nach Anleitung als auch die Auswertung, Darstellung und Analyse der Messungen inklusive Fehlerrechnung. Bei der Auswahl der Versuche können die Interessen bzw. das Fachgebiet der Studierenden berücksichtigt werden. Zur Beschleunigung der Datenaufnahme bzw. der Auswertung werden in vielen Versuchen die Erfassung, Darstellung und Analyse der experimentellen Daten rechnergestützt durchgeführt, was auch der Förderung des physikalischen Verständnisses zugutekommt.			
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>			
Für die Aufnahme in das Praktikum ist die Zulassung zu einer der Klausuren der Module NFPHY-VA1 oder NFPHY-VA2 (bzw. NFPHY-VA1S oder NFPHY-VA2S) erforderlich.			
<b>Studiennachweise</b>			
<b>Teilnahmenachweise</b>		regelmäßige Teilnahme am Praktikum	
<b>Leistungsnachweise</b>		Abgabe und Bestehen von Praktikumsprotokollen, Bestehen des Abschlusskolloquiums (in Zweiergruppen, ca. 15 Min. pro Person) (weitere Details werden in der Praktikumsordnung festgelegt)	
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Praktikum	
<b>Modulprüfung</b>			
keine			



## **Impressum**

UniReport Satzungen und Ordnungen erscheint unregelmäßig und anlassbezogen als Sonderausgabe des UniReport. Die Auflage wird für jede Ausgabe separat festgesetzt.

Herausgeber ist die Präsidentin der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main.