

# Modulhandbuch

## Physik (B. Sc.)

Wintersemester 2015/16

KIT Campus Süd - Fakultät für Physik



## WS 2015/16

### Modulhandbuch für den Bachelorstudiengang Physik

<b>Qualifikationsziele</b> .....	3
<b>Studienplan für den Bachelorstudiengang Physik</b> .....	6
<b>Graphische Darstellung des Studienplans</b> .....	11
<b>Übersicht über die einzelnen Module</b> .....	19
<b>Modul:</b> Klassische Experimentalphysik I, Mechanik .....	20
<b>Modul:</b> Klassische Experimentalphysik II, Elektrodynamik .....	21
<b>Modul:</b> Klassische Experimentalphysik III, Optik und Thermodynamik .....	22
<b>Modul:</b> Klassische Theoretische Physik I, Einführung .....	24
<b>Modul:</b> Klassische Theoretische Physik II, Mechanik .....	25
<b>Modul:</b> Klassische Theoretische Physik III, Elektrodynamik .....	26
<b>Modul:</b> Praktikum Klassische Physik I .....	28
<b>Modul:</b> Praktikum Klassische Physik II .....	29
<b>Modul:</b> Moderne Experimentalphysik I, Atome und Kerne .....	30
<b>Modul:</b> Moderne Experimentalphysik II, Moleküle und Festkörper .....	32
<b>Modul:</b> Moderne Experimentalphysik III, Teilchen und Hadronen .....	34
<b>Modul:</b> Moderne Theoretische Physik I, Quantenmechanik I .....	36
<b>Modul:</b> Moderne Theoretische Physik II, Quantenmechanik II .....	37
<b>Modul:</b> Moderne Theoretische Physik III, Statistische Physik .....	38
<b>Modul:</b> Praktikum Moderne Physik .....	39
<b>Modul:</b> Programmieren und Rechnernutzung: Rechnernutzung .....	40
<b>Modul:</b> Programmieren und Rechnernutzung: Programmieren .....	41
<b>Modul:</b> Computergestützte Datenauswertung .....	42
<b>Modul:</b> Mündliche Prüfung Moderne Experimentalphysik .....	43
<b>Modul:</b> Mündliche Prüfung Moderne Theoretische Physik .....	44
<b>Modul:</b> Bachelorarbeit .....	45

# Qualifikationsziele

## Das Physikstudium

In Bezug auf die Wissenschaft stellt das Bachelorstudium der Physik am KIT unmittelbar den Kontakt zum primären Arbeitsfeld dar. Dies wird im Studium durch forschungsbezogene Vorlesungsinhalte unter Berücksichtigung aktueller Forschungsthemen, sowie durch die Bachelorarbeit sichergestellt. Das Berufsfeld für Physiker ist jedoch nicht auf naturwissenschaftliche Forschung beschränkt, sondern Physiker/innen werden in der Gesellschaft breit eingesetzt. Zu den Einsatzgebieten gehören die industrielle Entwicklung, die mit der universitären Forschung verwandt ist und dem Arbeitsfeld der Ingenieursfächern nahe kommt, die Informationstechnologie, die Unternehmensberatung, die Versicherungswirtschaft, das Patentwesen etc. Eine Statistik zum Tätigkeitsfeld ausgebildeter Physiker/innen erscheint regelmäßig im Physikjournal der Deutschen Physikalischen Gesellschaft und zeigt eindrucklich, dass Physiker Universalisten sind. Dies ist wohl auf die zentrale Kompetenz zurückzuführen, dass in der Physik Problemstellungen analysiert, modelliert und nach wissenschaftlichen Standards gelöst werden - eine Fähigkeit, die breit einsetzbar ist und die im Vordergrund der Ausbildung steht. Fähigkeiten, die außerhalb der zentralen Kompetenzen einer Physikerin / eines Physikers liegen, werden im Studium darüber hinaus gepflegt. Praxiserfahrung wird gewährleistet durch praxisnahe Ausbildung in Programmieren, Rechnernutzung, experimentelle Praktika zu vielen Gebieten der Physik, ein zu Nichtphysikalisches Wahlpflichtfach, z.B. Chemie, Werkstoffkunde, Informatik oder Wirtschaftswissenschaften. Weiterhin können freiwillig Praktika in Betrieben durchgeführt sowie die Bachelorarbeit an außeruniversitären Einrichtungen und Firmen absolviert werden.

Am 18. Mai 2005 beschloss die Konferenz der Fachbereiche Physik folgende Empfehlung, die in den Bachelor- und Masterstudiengängen Physik am KIT entsprochen wird: „In dem von der Kultusministerkonferenz vorgegebenen Rahmen von insgesamt fünf Jahren für konsekutive, zum Master-Abschluss führende Studiengänge erreicht die dreijährige Bachelor-Ausbildung eine grundständige Berufsbefähigung bei breiter Allgemeinbildung in der Physik, jedoch bei weitem nicht das Qualifikationsprofil des bisherigen Diplom-Abschlusses. Daher empfiehlt die KFP allen Studierenden der Physik, ein zweijähriges Master-Studium anzuschließen, um Kenntnisse und Fähigkeiten auf international höchstem Niveau zu erwerben.“

## Qualifikationsziele des Studienganges

Die Absolventen/innen des Bachelorstudienganges Physik kennen die fundamentalen wissenschaftlichen Grundlagen der experimentellen und theoretischen Physik. Auch wissen sie, das zugehörige mathematische Handwerkszeug zu gebrauchen. Sie besitzen grundlegende Kenntnisse des Programmierens und der Rechnernutzung sowie grundlegende Kenntnisse in einem aus einem Fächerkanon Nichtphysikalisches Wahlpflichtfachs. Sie verfügen über die praktische Fähigkeit, die Konzepte der theoretischen Physik zur Beschreibung von konkreten Problemen der Physik anwenden und die Probleme lösen zu können. Sie können weiterhin die grundlegenden Messverfahren inklusive einer statistisch relevanten Fehlerauswertung anwenden. Sie haben die Fähigkeit, basierend auf der Empirik, aus gemessenen Daten auf Zusammenhänge zu schließen, Modelle zu formulieren, Vorhersagen abzuleiten, diese konkret zu überprüfen und somit diese zu verifizieren oder zu falsifizieren. Die Absolventen/innen können Kenntnisse der theoretischen und experimentellen Physik auf forschungsrelevante Fragen anwenden und sind in der Lage, technische Probleme unter Anwendung der Methoden des Faches zu analysieren sowie zu lösen, auch unter Nutzung

von Software (Programmen) und Hardware (Rechnern). Auf der Grundlage des erworbenen Wissens ordnen sie Sachverhalte und Themengebiete fachgerecht ein. Die Absolventinnen und Absolventen verfügen weiterhin über grundlegende kulturelle Kompetenz in Bezug auf das klare Zusammenfassen wissenschaftlicher Ergebnisse und Forschungsergebnisse in Schrift und Wort und beherrschen didaktisch ansprechende Präsentationstechniken. Der erfolgreiche Abschluss des Studienganges ermöglicht eine Tätigkeit in verschiedenen beruflichen Bereichen (Berufsbezeichnung Physikerin/Physiker), wie der universitären und industriellen Forschung und Entwicklung, der Datenanalyse und Optimierung von Prozessen sowie der Programmierung und Hardwareanwendung.

Zusammen sind die beiden Studiengänge der Physik (Bachelor+Master) gleichwertig mit dem Diplomstudiengang. Die Definition der allgemeinen Qualifikationsziele auf Studiengangsebene des Bachelors und Masters in Physik wird in der „Konferenz der Fachbereiche Physik“ deutschlandweit und mit Rücksicht auf die internationale Lehr- und Forschungslandschaft koordiniert, um einen Wechsel während des Studiums innerhalb Deutschlands zu ermöglichen und ein international definiertes Berufsfeld zu sichern.

Am KIT wird besonderer Wert auf eine forschungsnahe Lehre gelegt. Schon im Bachelor werden dazu alle grundlegenden Kenntnisse vermittelt, so dass im Master eine weitestgehend freie Spezialisierung auf Unterthemen der Physik möglich ist. Dies erlaubt weiterhin, dass nach Abschluss eines Bachelors in Physik am KIT Studierende die Zulassungsbedingungen für faktisch aller Masterstudiengänge Physik anderer deutscher Hochschulen erfüllen.

### **Qualifikationsziele der einzelnen Fächer**

Das Studium ist in drei Phasen gegliedert. In der ersten Phase werden die Grundlagen der klassischen Physik sowie Kompetenzen in höherer Mathematik und einem Nichtphysikalischen Wahlpflichtfach erworben. Diese Phase stellt die Basis für den Zugang zu komplexeren Theorien und experimentellen Feldern dar, die in der zweiten Phase des Studiums angegangen werden (Moderne Experimentelle und Moderne Theoretische Physik). Zum Teil werden in dieser zweiten Phase sehr aufwändige Konzepte verwendet (Quantenmechanik, Statistische Physik), die nicht nur geeignetes mathematisches Werkzeug voraussetzen, sondern auch ein Grundverständnis der Mechanik, Elektrodynamik und Optik. In der dritten Phase verbreitern die Studierenden ihr Wissen und sammeln darüber hinaus Erfahrungen in der aktuellen Forschung durch die Bachelorarbeit. Parallel zu den genannten Modulen finden in den ersten beiden Phasen Praktika statt, deren Niveau an die Phasen angepasst ist.

#### **Klassische Physik**

In den Fächern klassische Experimentalphysik und Theoretische Physik werden die Grundlagen der Physik und grundlegende Techniken erlernt. Dies umfasst die Mechanik, Optik, Thermodynamik und den Elektromagnetismus. Die Vorlesungen werden durch Übungen begleitet, in denen der Stoff vertieft wird und das Wissen auf konkrete Fragestellungen angewendet wird.

#### **Mathematik**

In der Mathematik wird das mathematische Handwerkszeug für die experimentelle sowie theoretische Physik gelegt. Es werden Analysis und lineare Algebra vermittelt, so dass Studierende Differentialgleichungen in verschiedenen dimensionalen Räumen aufstellen und lösen können. Die Vorlesungen werden durch Übungen ergänzt, in denen das Gelernte angewendet wird.

## Moderne Physik

In der Modernen Experimentalphysik und Theoretischen Physik werden die Grundlagen der modernen Physik, d.h. der Quantenphysik und der Relativistik, vermittelt. Diese Themen sind von zentraler Bedeutung für die modernen Anwendungen der Physik. Der Stoff umfasst Kern-, Atom- und Molekülphysik, Quantenmechanik und statistische Mechanik sowie Teilen- und Festkörperphysik. Die Vorlesungen werden auch hier durch Übungen ergänzt, in dem das Gelernte vertieft wird.

## Anfänger- und Fortgeschrittenenpraktikum

Die Praktika sind thematisch eng an die Vorlesungen angelehnt und dienen dem Erwerb von praktischen Kompetenzen insbesondere in den vielfältigen Messmethoden der Experimentalphysik. Da hier in kleinen Gruppen gearbeitet wird, erwerben die Studierenden auch Kompetenzen der Teamarbeit, d.h. eine Voraussetzung für das spätere Forschen in Teams während der Bachelorarbeit. Im Fortgeschrittenenpraktikum werden moderne experimentelle Methoden und Techniken erlernt. Die Studierenden beherrschen fortgeschrittene Fähigkeiten bei Versuchsaufbau, Messung und Auswertung.

## Programmieren und Rechnernutzung

Diese Module dienen dem Erwerb praktischer Kompetenzen für die Datenerfassung, Regelung und Steuerung sowie der statistischen Auswertung von Messdaten. Sie ergänzen die Praktika und vermitteln moderne Techniken, die sowohl in der Forschung als auch in der Industrie von essentieller Wichtigkeit sind.

## Nebenfächer

In den Nebenfächern wird in einem nichtphysikalischen Fach Grundwissen der jeweiligen Disziplin vermittelt. Damit dient das Nebenfach der Erweiterung des Horizonts der Studierenden und zur persönlichen Setzung von Schwerpunkten, die auf ein späteres Berufsleben nach Wahl der Studierenden hilfreich sind.

## Additive Schlüsselqualifikationen/Softskills

In den additiven Schlüsselqualifikationen im Umfang von 6 ECTS-Punkten werden Kompetenzen jenseits der fachlichen erworben. Module in den Bereichen Wissenschaftliches Englisch, Patentrecht, Projektmanagement, Tutorenprogramme, Wissenschaftliches Schreiben oder Wissenschaft in der Öffentlichkeit werden durch das HoC regelmäßig angeboten.

## Bachelorarbeit

In der Bachelorarbeit werden Techniken des selbständigen wissenschaftlichen Arbeitens trainiert. In einem eng definierten Aufgabenfeld sollen die Studierenden erste, eigene Schritte des Wissenserwerbs, der Forschung und der wissenschaftlichen Darstellung in Schrift und Wort gehen.

## Leistungspunkte-System

Die Leistungspunkte werden auf Modulebene einzeln definiert. Dabei entspricht einem ECTS- oder Leistungspunkt ca. 30 Stunden (a 45 Minuten) Zeitaufwand. Der Zeitaufwand ist im einzelnen aufgeschlüsselt nach reiner Präsenzzeit, Vor- und Nachbereitungszeit für Vorlesungen, Übungen und Tutorien sowie Vorbereitung auf die Prüfungen.

# Studienplan für den Bachelorstudiengang Physik

## 1. Einleitung

Das Karlsruher Institut für Technologie (KIT) hat sich im Rahmen der Umsetzung des Bolognaprozesses zum Aufbau eines Europäischen Hochschulraumes zum Ziel gesetzt, dass am Abschluss der Studierendenausbildung am KIT in der Regel der Mastergrad steht. Das KIT sieht daher die am KIT angebotenen konsekutiven Bachelor- und Masterstudiengänge als Gesamtkonzept mit konsekutivem Curriculum.

Der Bachelor-Abschluss hat ein eigenständiges berufsqualifizierendes Profil, legt aber vor allem die Grundlagen für den konsekutiven Masterstudiengang „Physik“ sowie für interdisziplinäre Masterstudiengänge mit starkem Physik-Anteil wie z.B. den Masterstudiengang „Optics & Photonics“. Der Bachelorstudiengang vermittelt wissenschaftliche Grundlagen, Methodenkompetenz und berufsfeldbezogene Qualifikationen. Das Hauptaugenmerk liegt hierbei auf der Vermittlung eines breit angelegten Grundwissens in allen zentralen Gebieten der experimentellen und theoretischen Physik. Eine stärkere Profilbildung und Vertiefung ist dem Masterstudium vorbehalten.

Von zentraler Bedeutung ist ebenfalls eine solide Ausbildung in Mathematik sowie in Programmieren und Rechnernutzung. Das Curriculum wird ergänzt durch ein nichtphysikalisches Wahlpflichtfach (in der Regel Chemie, physikalische Chemie, Werkstoffkunde, Informatik, Wirtschaftswissenschaften, Geophysik oder Meteorologie). Schlüsselqualifikationen werden erworben in integrativer Weise u. a. durch die Module Programmieren und Rechnernutzung, durch die physikalischen Praktika und die Bachelorarbeit (zielführendes Arbeiten, Messtechnik, Protokollführung, Teamfähigkeit). Additive Schlüsselqualifikationen im Umfang von 6 ECTS-Punkten<sup>1</sup> werden im Rahmen der Veranstaltung „Computergestützte Datenauswertung“ und des Angebotes des HoC<sup>2</sup> des KIT erworben.

Die Studien- und Prüfungsordnung des Bachelorstudienganges Physik (SPO BA Physik) sieht zum erfolgreichen Abschluss des Studiums den Erwerb von 180 ECTS-Punkten vor. Zur Qualitätssicherung dient eine obligatorische Bachelorarbeit, mit einer Bearbeitungszeit von 6 Monaten; sie wird mit 12 ECTS-Punkten bewertet. Die Regelstudienzeit beträgt sechs Semester einschließlich der Bachelorarbeit.

Als akademischer Grad wird nach der bestandenen Bachelorprüfung ein „Bachelor of Science (B. Sc.)“ durch das KIT verliehen.

Im Folgenden wird ein Überblick über den Ablauf des Bachelorstudienganges Physik gegeben. Die expliziten Durchführungsregelungen des Studienganges und der Prüfungen finden sich in der **Studien- und Prüfungsordnung für den Bachelorstudiengang Physik vom 4. August 2015** (siehe Amtliche Bekanntmachung des KIT vom 6. August 2015). Bei Fragen zur Prüfungsordnung, zu Anerkennungen von Leistungen, zum Studieninhalt, oder zur Zulassung/Anmeldung von Prüfungen finden Sie auf dem Informationsblatt „Wer ist zuständig in Fragen zum Studium und

---

<sup>1</sup> ECTS: European Credit Transfer System

<sup>2</sup> HoC: House of Competence

Prüfungsangelegenheiten?“ (siehe schwarzes Brett oder Homepage der Fakultät) den jeweiligen Ansprechpartner. Die detaillierten Beschreibungen der Lehrveranstaltungen und die jeweiligen Regeln der Leistungsüberprüfung finden Sie im Modulhandbuch.

## 2. Lehrveranstaltungen

Ein beispielhafter Studienplan für das Bachelorstudium ist am Ende des Kapitels abgebildet. Weitere tabellarische Studienpläne für die verschiedenen Nebenfächer sind auf der Webseite <http://www.physik.kit.edu/Studium/Studienplaene/> zu finden.

### a) Experimentelle und theoretische Physik

Im Zentrum des Bachelorstudiums stehen die Fächer Klassische Experimentalphysik, Klassische Theoretische Physik, Moderne Experimentalphysik und Moderne Theoretische Physik.

In den Fächern Klassische Experimentalphysik und Klassische Theoretische Physik werden die Fachnoten folgendermaßen ermittelt:

Die jeweiligen Modulnoten werden aus einer schriftlichen Prüfung ermittelt, die in der vorlesungsfreien Zeit stattfindet. Eine zweite, zur ersten äquivalente, Klausur wird in der Regel innerhalb der ersten drei Vorlesungswochen des nachfolgenden Semesters angeboten.

Eine nicht bestandene schriftliche Prüfung kann einmal wiederholt werden. Wird die Wiederholungsprüfung ebenfalls mit „nicht ausreichend“ bewertet, so findet zeitnah eine mündliche Nachprüfung statt. Das Ergebnis der Prüfung kann in diesem Fall nicht besser als „4,0“ betragen.

Ein (formloser) Antrag auf eine zweite Wiederholung derselben Prüfung kann schriftlich beim Prüfungsausschuss gestellt werden. Über den ersten solchen Antrag entscheidet der Prüfungsausschuss, über weitere Anträge entscheidet ein Mitglied des Präsidiums.

Die Anmeldung zur schriftlichen Prüfung kann vorgenommen werden, falls die dazu notwendigen Studienleistungen erfüllt sind. Diese werden vom verantwortlichen Dozenten im Modulhandbuch festgelegt. Die Zulassungsvoraussetzung kann aus mehreren Teilen bestehen, z. B. aus dem erfolgreichen Bearbeiten der Übungsaufgaben, dem Vorrechnen während der Übungen oder Übungsklausuren.

Die Zulassung zur schriftlichen Prüfung eines Moduls behält ihre Gültigkeit für die Nachholtermine und für die Prüfungsklausuren der nachfolgenden Kurse des gleichen Moduls.

Die Fachnote wird als gewichtetes Mittel der drei Modulnoten gebildet.

In den Fächern Moderne Experimentalphysik und Moderne Theoretische Physik werden die Noten aus je einer modulübergreifenden mündlichen Prüfung ermittelt. Zur Prüfung wird zugelassen, wer erfolgreich an den Übungen der jeweiligen drei Module teilnimmt (belegt durch eine einfache Erfolgskontrolle). Im Fach Moderne Theoretische Physik muss in dem Modul "Moderne Theoretische Physik I (Quantenmechanik)" und bei zwei der drei Veranstaltungen "Moderne Theoretische Physik II", "Moderne Theoretische Physik IIIa" und "Moderne Theoretische Physik IIIb" eine zweite Erfolgskontrolle erfolgreich bestanden werden, was z.B. durch eine bestandene Klausur nachgewiesen wird. Die beiden mündlichen Prüfungen und die damit verbundene Vorbereitung werden mit jeweils 4 LP honoriert.

Die Anmeldung zu einer mündlichen Prüfung erfolgt in zwei Schritten:

1. Zunächst ist der Termin mit der oder dem Prüfenden zu vereinbaren.
2. Dann erfolgt die elektronische Anmeldung über das Studierendenportal.

Die Prüfungen werden nach Erbringen der Vorleistungen dauerhaft freigeschaltet. Alle in Frage kommenden Prüfenden sind eingetragen und können von den Studierenden, entsprechend ihrer Vereinbarung ausgewählt werden.

Als Nachweis der Anmeldung muss am Prüfungstag der Ausdruck der Online-Anmeldung vorgelegt werden.

Die Vorlesungen in Experimentalphysik werden durch Praktika in klassischer und moderner Physik ergänzt.

### **b) Mathematik**

Im Regelfall besteht das Fach Mathematik aus den Modulen Höhere Mathematik I-III mit insgesamt 24 ECTS-Punkten.

Mathematisch interessierte Studierende können ein erweitertes Fach Mathematik als freiwillige Option belegen. Dieser liegen die Module Analysis I-III, Lineare Algebra I und Funktionentheorie I zu Grunde. Die Gesamtnote des erweiterten Faches wird aus den gewichteten Noten der Module Lineare Algebra I, Analysis II und III bestimmt. Analysis I und Funktionentheorie I sollten als Zusatzmodul belegt werden.

### **c) Nichtphysikalisches Wahlpflichtfach**

Beim nichtphysikalischen Wahlpflichtfach (14 ECTS-Punkte) kann zwischen den Fächern Anorganische und Organische Chemie, Physikalische Chemie, Werkstoffkunde, Informatik, Wirtschaftswissenschaften, Geophysik und Meteorologie gewählt werden. Weitere Wahlpflichtfächer können vom Prüfungsausschuss genehmigt werden. Es gelten folgende Regeln:

Anorganische und Organische Chemie: Die Modulnote im Wahlpflichtfach Anorganische und Organische Chemie wird folgendermaßen gebildet:

- 4/14 der Modulnote ergeben sich aus der Klausur zur Vorlesung Anorganische Chemie I. Die Klausur findet in der Regel Ende März statt; die Nachklausur Ende Juni. Die bestandene Klausur ist Voraussetzung für die Teilnahme am Praktikum.
- 7/14 der Modulnote ergeben sich aus dem benoteten Praktikum.
- 3/14 der Modulnote ergeben sich aus der Klausur zur Vorlesung Organische Chemie I.

Physikalische Chemie: Die Modulnote im Nebenfach Physikalische Chemie wird folgendermaßen gebildet: 8/14 der Note ergibt sich aus der Klausur zur Vorlesung Physikalische Chemie I, die gegen Ende der Vorlesungszeit des Wintersemesters stattfindet. Eine Nachklausur wird vor Beginn der Vorlesungszeit des Sommersemesters angeboten. 6/14 der Modulnote ergeben sich aus dem Praktikum, das im Sommersemester stattfindet. Für die Teilnahme am Praktikum ist es notwendig, die Klausur zur Physikalischen Chemie I zu bestehen.

Werkstoffkunde: Die Prüfung zum Fach erfolgt als mündliche Prüfung über das gesamte Fach aus den Modulen Werkstoffkunde I und II sowie dem Werkstoffkunde-Praktikum. Das



Werkstoffkunde-Praktikum findet in der vorlesungsfreien Zeit zwischen Sommer- und Wintersemester statt. Der erfolgreiche Erwerb der Leistungspunkte in allen Modulen ist Voraussetzung für die Teilnahme an der Prüfung.

Informatik: Die Gesamtnote wird gebildet aus den Noten des Moduls Grundbegriffe der Informatik sowie eines zweiten Moduls. Hierbei kann aus den Modulen Algorithmik I, Softwaretechnik oder Rechnerorganisation gewählt werden. Der Erwerb der Leistungspunkte im Mikrorechnerpraktikum ist Voraussetzung für das Bestehen der Fachprüfung.

Wirtschaftswissenschaften: Die Gesamtnote wird gebildet als gewichteter Mittelwert der Noten aus den Veranstaltungen Betriebswirtschaftslehre: Unternehmensführung und Informationswirtschaft (BWL UI, 2 LP), Betriebswirtschaftslehre: Finanzwirtschaft und Rechnungswesen (BWL FR, 4 LP), Betriebswirtschaftslehre: Produktionswirtschaft und Marketing (BWL PM, 4 LP) und Rechnungswesen (4 LP).

Geophysik: Die Gesamtnote im Nebenfach Geophysik wird gebildet als gewichtetes Mittel aus den Einzelnoten der Module Einführung in die Geophysik I (4 LP), Einführung in die Geophysik II (4 LP) und der Geophysikalischen Geländeübung (6 LP).

Meteorologie: Das Wahlpflichtfach Meteorologie besteht entweder aus den Modulen Allgemeine Meteorologie (6 LP), Klimatologie (4 LP) und Einführung in die Synoptik (2 LP) oder aus Theoretischen Meteorologie I (6 LP), Klimatologie (4 LP) und Einführung in die Synoptik (2 LP). In beiden Fällen wird die Note aus einer mündlichen Prüfung (2 LP) über den gesamten Stoff ermittelt.

#### **d) Computerausbildung**

Die Module Programmieren und Rechnernutzung geben die für eine wissenschaftliche Arbeitsweise in der Physik notwendige Einführung in Soft- und Hardware sowie rechnergesteuerte Datenaufnahme und –analyse. Der erfolgreiche Erwerb der ECTS-Punkte ist für das Bestehen der Bachelor-Prüfung Voraussetzung.

#### **e) Additive Schlüsselqualifikationen/Softskills**

Neben den integrativen Schlüsselqualifikationen (SQ) müssen additive SQ im Umfang von 6 ECTS-Punkte erworben werden. Pflichtbestandteil ist dabei das Modul „Computergestützte Datenauswertung“ im Umfang von 2 ECTS-Punkten. Weitere Module werden durch das HoC angeboten. Derzeit werden alle vom HoC angebotenen Veranstaltungen als additive Schlüsselqualifikationen genehmigt. Hiervon abweichende Module müssen vom Prüfungsausschuss explizit genehmigt werden.

#### **f) Bachelorarbeit**

Die Bachelorarbeit (Umfang 12 ECTS-Punkte) ist zentraler Bestandteil der Profilbildungs- und Spezialisierungsphase. Ziel dieser Phase ist es, als Hinleitung auf berufliche Tätigkeiten oder auf ein konsekutives Masterstudium die im Bachelorstudium erworbenen Fähigkeiten und das Wissen anzuwenden, indem relevante Informationen gesammelt, bewertet und interpretiert werden, um daraus wissenschaftlich fundierte Urteile abzuleiten. Weiterhin sollen die Studierenden lernen, fachbezogene Positionen und Problemlösungen eigenständig zu erarbeiten und weiterzuentwickeln und sie dann kompakt zu formulieren und argumentativ zu verteidigen.

Die Bachelorarbeit darf nur von Prüfenden nach §14 (2) der Studien- und Prüfungsordnung für den Bachelorstudiengang Physik vergeben werden. Sie kann als Projektarbeit in den Arbeitsgruppen der Hochschullehrer der Fakultät am Campus Süd und Campus Nord ausgeführt werden. Weiterhin möglich sind vertiefende Studienarbeiten zu einem Versuch der Praktika in Klassischer oder Moderner Physik.

### **Verfahren zur Anmeldung der Bachelorarbeit**

Die Themen möglicher Bachelorarbeiten werden durch Aushang an den schwarzen Brettern der Institute bekannt gegeben bzw. sind durch persönliche Absprache mit den Leitern der einzelnen Arbeitsgruppen festzulegen.

Ferner besteht die Möglichkeit, eine externe Bachelorarbeit außerhalb der Fakultät anzufertigen. Dazu muss ein Hochschullehrer der Fakultät als interner Betreuer gefunden werden, der bereit ist, die externe Arbeit zu unterstützen, und die Zustimmung des Prüfungsausschuss muss eingeholt werden.

Alle Details über den Ablauf und die Anforderungen an die Bachelorarbeit liegen in den Händen der Betreuer. In der Prüfungsordnung ist allerdings festgelegt, dass der Leistungsumfang einer Bachelorarbeit auf 12 ECTS-Punkte begrenzt ist und demnach einer Arbeitsbelastung von etwa 7 Wochen bei Vollzeit entspricht.

Im Studienplan des Bachelorstudiengangs ist die Bachelorarbeit im 6. Fachsemester vorgesehen. Es ist jedoch durchaus möglich, die Bachelorarbeit schon während oder nach dem 5. Fachsemester anzufertigen.

Zu Beginn der Bachelorarbeit ist diese im Studienbüro anzumelden. Dabei wird geprüft, ob die Voraussetzungen erfüllt sind. Die Zulassungsbescheinigung ist umgehend im Prüfungssekretariat (Physikhochhaus Zimmer 9/13) abzugeben, nachdem der betreuende Hochschullehrer das vorläufige Thema der Arbeit und den Beginn der Bearbeitungszeit eingetragen hat.

Über die Bachelorarbeit ist eine schriftliche Abhandlung in deutscher Sprache zu verfassen. Auf dem Deckblatt ist dabei zusätzlich zum deutschen auch der englische Titel anzugeben. Sowohl der Betreuer als auch der Korreferent erhalten je ein gedrucktes Exemplar der Arbeit. Ein weiteres gebundenes Exemplar ist – vom Betreuer unterschrieben – als Prüfungsexemplar im Prüfungssekretariat der Fakultät abzugeben.

Nach Eingang der Gutachten meldet das Prüfungssekretariat die erfolgreiche Bearbeitung einschließlich der Benotung an das Studienbüro.

### **h) Zusatzleistungen und Mastervorzug**

Im Rahmen der Prüfungsordnung ist es möglich Zusatzleistungen im Umfang von maximal 30 ECTS-Punkten abzulegen. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, Leistungspunkte aus einem Masterstudiengang des KIT im Umfang von maximal 30 ECTS-Punkten zu erwerben.

Hierbei kann es sich beispielsweise um den zweiten Teil des Fortgeschrittenenpraktikums, um das nichtphysikalische Wahlpflichtfach oder um Schlüsselqualifikationen handeln. Das Ablegen einer Zusatzleistung darf den Fortgang des Bachelorstudiums nicht beeinträchtigen.

## **3. Anmeldung zu Leistungsüberprüfungen und Fachprüfungen**

Die Anmeldung erfolgt online über die zentrale Prüfungsverwaltung des KIT.

# Graphische Darstellung des Studienplans

## Studienplan Physik (Bsc)

### Wahlpflichtfach Wirtschaftswissenschaften

Sem							CP
1	<b>KlassExPhys I</b> <i>Mechanik</i> V4 Ü2 8	<b>KlassThPhys I</b> <i>Einführung</i> V2 Ü2 6	<b>Mathematik</b> <i>Höhere Mathe I</i> V6 Ü2 10		<b>Wirtschaftswiss.</b> <i>BWL FR*</i> V2 T2 4	<b>Wirtschaftswiss.</b> <i>BWL UI*</i> V2 2	30
2	<b>KlassExPhys II</b> <i>Elektrodynamik</i> V3 Ü2 7	<b>KlassThPhys II</b> <i>Mechanik</i> V2 Ü2 6	<b>Mathematik</b> <i>Höhere Mathe II</i> V6 Ü2 10	<b>SQ Computergest.</b> <i>Datenauswertung</i> V1 Ü1 2	<b>Wirtschaftswiss.</b> <i>BWL PM*</i> V2 T2 4		29
3	<b>KlassExPhys III</b> <i>Optik + Thermodyn</i> V5 Ü2 9	<b>KlassThPhys III</b> <i>Elektrodynamik</i> V4 Ü2 8	<b>Mathematik</b> <i>Höhere Mathe III</i> V2 Ü1 4	<b>PraktKlassPhysik I</b> P6 6	<b>Wirtschaftswiss.</b> <i>Rechnungswesen</i> V2 Ü2 4		31
4	<b>ModExPhys I</b> <i>Kerne + Atome</i> V4 Ü2 8	<b>ModThPhys I</b> <i>QM I</i> V4 Ü2 8	<b>Progr+Rechtz</b> <i>g Programmieren</i> V2 Ü2 6	<b>PraktKlassPhysik II</b> P6 6		<b>SQ**</b> 2	30
5	<b>ModExPhys II</b> <i>Moleküle + Festkörper</i> V4 Ü2 8	<b>ModThPhys II</b> <i>QM II</i> V4 Ü1 6 <b>ModThPhys IIIa</b> <i>Statist. Phys. I</i> V2 Ü1 4	<b>Progr+Rechtz</b> <i>g Rechnernutzung</i> V2 Ü1 4	<b>PraktModPhysik***</b> P4 6		<b>SQ**</b> 2	30
6	<b>ModExPhys III</b> <i>Teilchen + Hadronen</i> V3 Ü1.5 6 <i>Mündliche Prüf.</i> <b>ModExPhys</b> 4	<b>ModThPhys IIIb</b> <i>Statist. Phys. II</i> V2 Ü1 4  <i>Mündliche Prüf.</i> <b>ModThPhys</b> 4		<i>wird wahlweise auch im SS angeboten</i>	<b>Bachelorarbeit</b> 12 <i>kann im 5. oder 6. Semester angefertigt werden</i>		30
						<b>Summe</b>	<b>180</b>

- \*BWL FR: Finanzwirtschaft und Rechnungswesen
- \*BWL UI: Unternehmensführung und Informationswirtschaft
- \*BWL PM: Produktionswirtschaft und Marketing
- \*\*SQ : Schlüsselqualifikationen

\*\*\* Das Praktikum Moderne Physik, sowie die Schlüsselqualifikationen werden sowohl im Sommer- als auch im Wintersemester angeboten und können je nach Vorliebe belegt werden. Überlast in einem Semester ist zu vermeiden.

# Studienplan Physik (Bsc)

## Wahlpflichtfach Informatik

Sem								CP
1	KlassExPhys I <i>Mechanik</i> V4 Ü2 8	KlassThPhys I <i>Einführung</i> V2 Ü2 6	Mathematik <i>Höhere Mathe I</i> V6 Ü2 10		Informatik <i>Grundbegriffe der Informatik</i> V2 Ü1 4	Informatik <i>Mikrorechnerpraktikum</i> 4		32
2	KlassExPhys II <i>Elektrodynamik</i> V3 Ü2 7	KlassThPhys II <i>Mechanik</i> V2 Ü2 6	Mathematik <i>Höhere Mathe II</i> V6 Ü2 10	SQ Computergest. <i>Datenauswertung</i> V1 Ü1 2	Informatik <i>Algorithmik I oder Softwaretechnik oder Rechnerorg.</i> V3 Ü1 6			31
3	KlassExPhys III <i>Optik + Thermodyn</i> V5 Ü2 9	KlassThPhys III <i>Elektrodynamik</i> V4 Ü2 8	Mathematik <i>Höhere Mathe III</i> V2 Ü1 4	PraktKlassPhysik I P6 6			SQ* 2	29
4	ModExPhys I <i>Kerne + Atome</i> V4 Ü2 8	ModThPhys I <i>QM I</i> V4 Ü2 8	Progr+Rechtzg <i>Programmieren</i> V2 Ü2 6	PraktKlassPhysik II P6 6				28
5	ModExPhys II <i>Moleküle + Festkörper</i> V4 Ü2 8	ModThPhys II <i>QM II</i> V4 Ü1 6 ModThPhys IIIa <i>Statist. Phys. I</i> V2 Ü1 4	Progr+Rechtzg <i>Rechnernutzung</i> V2 Ü1 4	PraktModPhysik** P4 6			SQ* 2	30
6	ModExPhys III <i>Teilchen + Hadronen</i> V3 Ü1.5 6 <i>Mündliche Prüf.</i> <i>ModExPhys</i> 4	ModThPhys IIIb <i>Statist. Phys. II</i> V2 Ü1 4  <i>Mündliche Prüf.</i> <i>ModThPhys</i> 4		wird wahlweise auch im SS angeboten	Bachelorarbeit 12 kann im 5. oder 6. Semester angefertigt werden			30
							<b>Summe</b>	<b>180</b>

\*SQ : Schlüsselqualifikationen

\*\* Das Praktikum Moderne Physik, sowie die Schlüsselqualifikationen werden sowohl im Sommer- als auch im Wintersemester angeboten und können je nach Vorliebe belegt werden. Überlast in einem Semester ist zu vermeiden.

# Studienplan Physik (Bsc)

## Wahlpflichtfach Meteorologie

Sem								CP
1	KlassExPhys I <i>Mechanik</i> V4 Ü2 8	KlassThPhys I <i>Einführung</i> V2 Ü2 6	Mathematik <i>Höhere Mathe I</i> V6 Ü2 10		Meteorologie <i>Allgemeine Met. oder Theoretische Meteorologie</i> 6			30
2	KlassExPhys II <i>Elektrodynamik</i> V3 Ü2 7	KlassThPhys II <i>Mechanik</i> V2 Ü2 6	Mathematik <i>Höhere Mathe II</i> V6 Ü2 10	SQ Computergest. <i>Datenauswertung</i> V1 Ü1 2	Meteorologie <i>Klimatologie</i> 4	Meteorologie <i>Einführung in die Synoptik</i> 2	Meteor. <i>Mündl. Prüf.</i> 2	33
3	KlassExPhys III <i>Optik + Thermodyn</i> V5 Ü2 9	KlassThPhys III <i>Elektrodynamik</i> V4 Ü2 8	Mathematik <i>Höhere Mathe III</i> V2 Ü1 4	PraktKlassPhysik I P6 6			SQ* 2	29
4	ModExPhys I <i>Kerne + Atome</i> V4 Ü2 8	ModThPhys I <i>QM I</i> V4 Ü2 8	Progr+Rechtzg <i>Programmieren</i> V2 Ü2 6	PraktKlassPhysik II P6 6				28
5	ModExPhys II <i>Moleküle + Festkörper</i> V4 Ü2 8	ModThPhys II <i>QM II</i> V4 Ü1 6 ModThPhys IIIa <i>Statist. Phys. I</i> V2 Ü1 4	Progr+Rechtzg <i>Rechnernutzung</i> V2 Ü1 4	PraktModPhysik** P4 6			SQ* 2	30
6	ModExPhys III <i>Teilchen + Hadronen</i> V3 Ü1.5 6 <i>Mündliche Prüf.</i> <i>ModExPhys</i> 4	ModThPhys IIIb <i>Statist. Phys. II</i> V2 Ü1 4  <i>Mündliche Prüf.</i> <i>ModThPhys</i> 4		wird wahlweise auch im SS angeboten	Bachelorarbeit 12 kann im 5. oder 6. Semester angefertigt werden			30
							<b>Summe</b>	<b>180</b>

\*SQ : Schlüsselqualifikationen

\*\* Das Praktikum Moderne Physik, sowie die Schlüsselqualifikationen werden sowohl im Sommer- als auch im Wintersemester angeboten und können je nach Vorliebe belegt werden. Überlast in einem Semester ist zu vermeiden.

# Studienplan Physik (Bsc)

## Wahlpflichtfach Geophysik

Sem							CP
1	KlassExPhys I <i>Mechanik</i> V4 Ü2 8	KlassThPhys I <i>Einführung</i> V2 Ü2 6	Mathematik <i>Höhere Mathe I</i> V6 Ü2 10		Geophysik <i>Einführung in die Geophysik I</i> 4		28
2	KlassExPhys II <i>Elektrodynamik</i> V3 Ü2 7	KlassThPhys II <i>Mechanik</i> V2 Ü2 6	Mathematik <i>Höhere Mathe II</i> V6 Ü2 10	SQ <i>Computergest. Datenauswertung</i> V1 Ü1 2	Geophysik <i>Geländeübung</i> 6		31
3	KlassExPhys III <i>Optik + Thermodyn</i> V5 Ü2 9	KlassThPhys III <i>Elektrodynamik</i> V4 Ü2 8	Mathematik <i>Höhere Mathe III</i> V2 Ü1 4	PraktKlassPhysik I P6 6		SQ* 2	29
4	ModExPhys I <i>Kerne + Atome</i> V4 Ü2 8	ModThPhys I <i>QM I</i> V4 Ü2 8	Progr+RechtzG <i>Programmieren</i> V2 Ü2 6	PraktKlassPhysik II P6 6	Geophysik <i>Einführung in die Geophysik II</i> 4		32
5	ModExPhys II <i>Moleküle + Festkörper</i> V4 Ü2 8	ModThPhys II <i>QM II</i> V4 Ü1 6 ModThPhys IIIa <i>Statist. Phys. I</i> V2 Ü1 4	Progr+RechtzG <i>Rechnernutzung</i> V2 Ü1 4	PraktModPhysik** P4 6		SQ* 2	30
6	ModExPhys III <i>Teilchen + Hadronen</i> V3 Ü1.5 6 <i>Mündliche Prüf. ModExPhys</i> 4	ModThPhys IIIb <i>Statist. Phys. II</i> V2 Ü1 4  <i>Mündliche Prüf. ModThPhys</i> 4		<i>wird wahlweise auch im SS angeboten</i>	Bachelorarbeit 12 <i>kann im 5. oder 6. Semester angefertigt werden</i>		30
						<b>Summe</b>	<b>180</b>

\*SQ : Schlüsselqualifikationen

\*\* Das Praktikum Moderne Physik, \*\* sowie die Schlüsselqualifikationen werden sowohl im Sommer- als auch im Wintersemester angeboten und können je nach Vorliebe belegt werden. Überlast in einem Semester ist zu vermeiden.

# Studienplan Physik (Bsc)

## Wahlpflichtfach Chemie

Sem						CP	
1	KlassExPhys I <i>Mechanik</i> V4 Ü2 8	KlassThPhys I <i>Einführung</i> V2 Ü2 6	Mathematik <i>Höhere Mathe I</i> V6 Ü2 10		Chemie <i>Grundlagen der anorgan. Chemie I</i> V4 4	SQ* 2	30
2	KlassExPhys II <i>Elektrodynamik</i> V3 Ü2 7	KlassThPhys II <i>Mechanik</i> V2 Ü2 6	Mathematik <i>Höhere Mathe II</i> V6 Ü2 10	SQ Computergest. <i>Datenauswertung</i> V1 Ü1 2	Chemie <i>chem. Prakt.*</i> 7		32
3	KlassExPhys III <i>Optik + Thermodyn</i> V5 Ü2 9	KlassThPhys III <i>Elektrodynamik</i> V4 Ü2 8	Mathematik <i>Höhere Mathe III</i> V2 Ü1 4	PraktKlassPhysik I P6 6	Chemie <i>organ. Chemie</i> V3 3		30
4	ModExPhys I <i>Kerne + Atome</i> V4 Ü2 8	ModThPhys I <i>QM I</i> V4 Ü2 8	Progr+Rechtzg <i>Programmieren</i> V2 Ü2 6	PraktKlassPhysik II P6 6			28
5	ModExPhys II <i>Moleküle + Festkörper</i> V4 Ü2 8	ModThPhys II <i>QM II</i> V4 Ü1 6 ModThPhys IIIa <i>Statist. Phys. I</i> V2 Ü1 4	Progr+Rechtzg <i>Rechnernutzung</i> V2 Ü1 4	PraktModPhysik** P4 6		SQ* 2	30
6	ModExPhys III <i>Teilchen + Hadronen</i> V3 Ü1.5 6 <i>Mündliche Prüf.</i> <i>ModExPhys</i> 4	ModThPhys IIIb <i>Statist. Phys. II</i> V2 Ü1 4  <i>Mündliche Prüf.</i> <i>ModThPhys</i> 4		wird wahlweise auch im SS angeboten	Bachelorarbeit 12 <i>kann im 5. oder 6. Semester angefertigt werden</i>		30
						<b>Summe</b>	<b>180</b>

\*chem. Prakt.: Das Chemische Praktikum für Physiker und das dazugehörige Seminar finden in der vorlesungsfreien Zeit zwischen dem 2. und 3. Semester statt.

\*SQ : Schlüsselqualifikationen

\*\* Das Praktikum Moderne Physik, sowie die Schlüsselqualifikationen werden sowohl im Sommer- als auch im Wintersemester angeboten und können je nach Vorliebe belegt werden. Überlast in einem Semester ist zu vermeiden.

# Studienplan Physik (Bsc)

## Wahlpflichtfach Physikalische Chemie

Sem							CP
1	<b>KlassExPhys I Mechanik V4 Ü2 8</b>	<b>KlassThPhys I Einführung V2 Ü2 6</b>	<b>Mathematik Höhere Mathe I V6 Ü2 10</b>		<b>Physikal. Chemie Physikal. Chemie I V4 Ü2 8</b>		<b>32</b>
2	<b>KlassExPhys II Elektrodynamik V3 Ü2 7</b>	<b>KlassThPhys II Mechanik V2 Ü2 6</b>	<b>Mathematik Höhere Mathe II V6 Ü2 10</b>	<b>SQ Computergest. Datenauswertung V1 Ü1 2</b>	<b>Physikal. Chemie PC Praktikum 6</b>		<b>31</b>
3	<b>KlassExPhys III Optik + Thermodyn V5 Ü2 9</b>	<b>KlassThPhys III Elektrodynamik V4 Ü2 8</b>	<b>Mathematik Höhere Mathe III V2 Ü1 4</b>	<b>PraktKlassPhysik I P6 6</b>		<b>SQ* 2</b>	<b>29</b>
4	<b>ModExPhys I Kerne + Atome V4 Ü2 8</b>	<b>ModThPhys I QM I V4 Ü2 8</b>	<b>Progr+Rechtzg Programmieren V2 Ü2 6</b>	<b>PraktKlassPhysik II P6 6</b>			<b>28</b>
5	<b>ModExPhys II Moleküle + Festkörper V4 Ü2 8</b>	<b>ModThPhys II QM II V4 Ü1 6 ModThPhys IIIa Statist. Phys. I V2 Ü1 4</b>	<b>Progr+Rechtzg Rechnernutzung V2 Ü1 4</b>	<b>PraktModPhysik** P4 6</b>		<b>SQ* 2</b>	<b>30</b>
6	<b>ModExPhys III Teilchen + Hadronen V3 Ü1.5 6 Mündliche Prüf. ModExPhys 4</b>	<b>ModThPhys IIIb Statist. Phys. II V2 Ü1 4  Mündliche Prüf. ModThPhys 4</b>		<i>wird wahlweise auch im SS angeboten</i>	<b>Bachelorarbeit 12 kann im 5. oder 6. Semester angefertigt werden</b>		<b>30</b>
	<b>Summe</b>						<b>180</b>

\*SQ : Schlüsselqualifikationen

\*\* Das Praktikum Moderne Physik, sowie die Schlüsselqualifikationen werden sowohl im Sommer- als auch im Wintersemester angeboten und können je nach Vorliebe belegt werden. Überlast in einem Semester ist zu vermeiden.



# Studienplan Physik (Bsc)

## Wahlpflichtfach Werkstoffkunde

Sem								CP
1	KlassExPhys I <i>Mechanik</i> V4 Ü2 8	KlassThPhys I <i>Einführung</i> V2 Ü2 6	Mathematik <i>Höhere Mathe I</i> V6 Ü2 10		Werkstoffkunde <i>WK I</i> V4 Ü1 6			30
2	KlassExPhys II <i>Elektrodynamik</i> V3 Ü2 7	KlassThPhys II <i>Mechanik</i> V2 Ü2 6	Mathematik <i>Höhere Mathe II</i> V6 Ü2 10	SQ Computergest. <i>Datenauswertung</i> V1 Ü1 2	Werkstoffkunde <i>WK II</i> V3 Ü1 5	Werkstoffkunde <i>WK Praktikum</i> P3 3		33
3	KlassExPhys III <i>Optik + Thermodyn</i> V5 Ü2 9	KlassThPhys III <i>Elektrodynamik</i> V4 Ü2 8	Mathematik <i>Höhere Mathe III</i> V2 Ü1 4	PraktKlassPhysik I P6 6			SQ* 2	29
4	ModExPhys I <i>Kerne + Atome</i> V4 Ü2 8	ModThPhys I <i>QM I</i> V4 Ü2 8	Progr+Rechtzg <i>Programmieren</i> V2 Ü2 6	PraktKlassPhysik II P6 6				28
5	ModExPhys II <i>Moleküle + Festkörper</i> V4 Ü2 8	ModThPhys II <i>QM II</i> V4 Ü1 6 ModThPhys IIIa <i>Statist. Phys. I</i> V2 Ü1 4	Progr+Rechtzg <i>Rechnernutzung</i> V2 Ü1 4	PraktModPhysik** P4 6			SQ* 2	30
6	ModExPhys III <i>Teilchen + Hadronen</i> V3 Ü1.5 6 <i>Mündliche Prüf.</i> <i>ModExPhys</i> 4	ModThPhys IIIb <i>Statist. Phys. II</i> V2 Ü1 4  <i>Mündliche Prüf.</i> <i>ModThPhys</i> 4		wird wahlweise auch im SS angeboten	Bachelorarbeit 12 kann im 5. oder 6. Semester angefertigt werden			30
							<b>Summe</b>	<b>180</b>

\*SQ : Schlüsselqualifikationen

\*\* Das Praktikum Moderne Physik, \*\* sowie die Schlüsselqualifikationen werden sowohl im Sommer- als auch im Wintersemester angeboten und können je nach Vorliebe belegt werden. Überlast in einem Semester ist zu vermeiden.

# Studienplan Physik (Bsc)

Graphische Darstellung des Studienplans mit erweiterter Mathematik mit Wahlpflichtfach Physikalische Chemie

Sem								CP
1	KlassExPhys I <i>Mechanik</i> V4 Ü2 8	KlassThPhys I <i>Einführung</i> V2 Ü2 6	Mathematik <i>Analysis I</i> V4 Ü2 (9)		Physikal. Chemie <i>Physikal. Chemie I</i> V4 Ü2 8	Mathematik <i>Lineare Algebra I</i> V4 Ü2 8(9)		30
2	KlassExPhys II <i>Elektrodynamik</i> V3 Ü2 7	KlassThPhys II <i>Mechanik</i> V2 Ü2 6	Mathematik <i>Analysis II</i> V4 Ü2 8(9)	SQ Computergest. <i>Datenauswertung</i> V1 Ü1 2	Physikal. Chemie <i>PC Praktikum</i> 6			29
3	KlassExPhys III <i>Optik + Thermodyn</i> V5 Ü2 9	KlassThPhys III <i>Elektrodynamik</i> V4 Ü2 8	Mathematik <i>Analysis III</i> V4 Ü2 8(9)	PraktKlassPhysik I P6 6			SQ* 2	33
4	ModExPhys I <i>Kerne + Atome</i> V4 Ü2 8	ModThPhys I <i>QM I</i> V4 Ü2 8	Progr+Rechtz <i>Programmieren</i> V2 Ü2 6	PraktKlassPhysik II P6 6		Mathematik <i>Funktionentheorie I</i> V2 Ü2 (4)		28
5	ModExPhys II <i>Moleküle + Festkörper</i> V4 Ü2 8	ModThPhys II <i>QM II</i> V4 Ü1 6 ModThPhys IIIa <i>Statist. Phys. I</i> V2 Ü1 4	Progr+Rechtz <i>Rechnernutzung</i> V2 Ü1 4	PraktModPhysik** P4 6			SQ* 2	30
6	ModExPhys III <i>Teilchen + Hadronen</i> V3 Ü1.5 6 <i>Mündliche Prüf.</i> <i>ModExPhys</i> 4	ModThPhys IIIb <i>Statist. Phys. II</i> V2 Ü1 4 <i>Mündliche Prüf.</i> <i>ModThPhys</i> 4		wird wahlweise auch im SS angeboten	Bachelorarbeit 12 kann im 5. oder 6. Semester angefertigt werden			30
							<b>Summe</b>	<b>180</b>

\*SQ : Schlüsselqualifikationen

\*\* Das Praktikum Moderne Physik, sowie die Schlüsselqualifikationen werden sowohl im Sommer- als auch im Wintersemester angeboten und können je nach Vorliebe belegt werden. Überlast in einem Semester ist zu vermeiden.

## **Übersicht über die einzelnen Module**

# **Modul: Klassische Experimentalphysik I, Mechanik**

**Lehrveranstaltungsnummer:** 4010011

**Modulverantwortlicher:** Matthias Steinhauser

**Einordnung in Studiengang:** Bachelor Physik

**Level:** 1 (1. Semester)

**Leistungspunkte:** 8

**Semesterwochenstunden:** 6

**Arbeitsaufwand:** 240 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (90), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Vorbereitung der Übungen (150)

**Modulturnus:** WS

**Moduldauer:** ein Semester

**Lehr- und Lernformen:**

4010011 Vorlesung 4 SWS; T. Müller

4010012 Übung 2 SWS; T. Müller, F. Hartmann

**Voraussetzungen:** keine

**Bedingungen:** keine

**Empfehlungen:** keine

**Qualifikationsziele:**

Der/die Studierende erlangt Verständnis der experimentellen Grundlagen und deren mathematischer Beschreibung auf den Gebieten der klassischen Mechanik, Hydromechanik und speziellen Relativitätstheorie und kann einfache physikalische Probleme aus diesen Gebieten selbständig bearbeiten.

**Inhalt:**

Klassische Mechanik: Basisgrößen, Messfehler, Mechanik von Massepunkten (Kinematik und Dynamik), Newtonsche Axiome, Beispiele für Kräfte (Gravitationsgesetz, auch für beliebige Masseverteilungen, Hookesches Gesetz, Reibung). Erhaltungssätze (Energie, Impuls, Drehimpuls). Stoßprozesse. Harmonische Schwingungen, gekoppelte Oszillatoren, deterministisches Chaos. Planetenbahnen (Keplersche Gesetze), Rotierende Bezugssysteme (Scheinkräfte), Trägheitstensor, Eulersche Kreiselgleichungen (Präzession, Nutation), Wellenausbreitung in der Mechanik, Dopplereffekt.

Hydromechanik: Schwimmende Körper, Barometrische Höhenformel, Kontinuitätsgleichung, Laminare und turbulente Strömungen, Bernoulli-Gleichung, Hagen-Poiseuillesches Gesetz (innere Reibung), Oberflächenspannung, Eulersche Bewegungsgleichung, Wasserwellen.

Spezielle Relativitätstheorie: Michelson-Morley-Experiment, Bewegte Bezugssysteme, Lorentztransformation, Relativistische Effekte, Longitudinaler und transversaler Dopplereffekt, Relativistische Mechanik, kinetische Energie.

**Literatur:**

Lehrbücher der klassischen Mechanik

**Leistungsnachweis:**

Erfolgreiche Teilnahme an der Übung

**Notenbildung:**

Schriftliche Prüfung

# **Modul:** Klassische Experimentalphysik II, Elektrodynamik

**Lehrveranstaltungsnummer:** 4010021

**Modulverantwortlicher:** Matthias Steinhauser

**Einordnung in Studiengang:** Bachelor Physik

**Level:** 1 (2. Semester)

**Leistungspunkte:** 7

**Semesterwochenstunden:** 5

**Arbeitsaufwand:** 210 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (75), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Vorbereitung der Übungen (135)

**Modulturnus:** SS

**Moduldauer:** ein Semester

**Lehr- und Lernformen:**

4010021 Vorlesung 3 SWS; T. Müller

4010022 Übung 2 SWS; T. Müller, F. Hartmann

**Voraussetzungen:** keine

**Bedingungen:** keine

**Empfehlungen:** keine

**Qualifikationsziele:**

Der/die Studierende erlangt Verständnis der experimentellen Grundlagen und deren mathematischer Beschreibung auf dem Gebiet der klassischen Elektrodynamik und kann einfache physikalische Probleme aus diesen Gebieten selbständig bearbeiten.

**Inhalt:**

Zeitlich konstante elektrische und magnetische Felder: Basisgröße Strom, elektrisches Potential, Ohmsches Gesetz, Coulombsches Gesetz, Gesetz von Biot-Savart, Integralsätze von Gauß und Stokes, Lorentzsches Kraftgesetz (Zyklotronbewegung, Hall-Effekt), Kirchhoffsche Regeln, Kapazitäten, Energieinhalt des elektromagnetischen Feldes, Elektrische und magnetische Dipole, Stetigkeitsbedingungen bei Übergängen Vakuum/Medium.

Zeitlich veränderliche elektromagnetische Felder: Induktionsgesetze (Selbstinduktion, Transformator, Motor, Generator), Elektrische Schaltkreise (Ein- und Ausschaltvorgänge, komplexe Scheinwiderstände, RLC-Schwingkreise), Verschiebungsstrom. Die Maxwell'schen Gleichungen (Integral- und Differentialform), Elektromagnetische Wellen, Hertz'scher Dipol, Normaler Skin-Effekt, Hohlleiter.

Elektrodynamik der Kontinua: Polarisation und Magnetisierung (Para-, Ferro-, Dia-Elektrische und -Magnete), Depolarisations- und Entmagnetisierungsfaktoren, Elektrische und magnetische Suszeptibilitäten, Dielektrische Funktion, magnetische Permeabilität.

**Literatur:**

Lehrbücher der klassischen Elektrodynamik

**Leistungsnachweis:**

Erfolgreiche Teilnahme an der Übung

**Notenbildung:**

Schriftliche Prüfung

# **Modul: Klassische Experimentalphysik III, Optik und Thermodynamik**

**Lehrveranstaltungsnummer:** 4010031

**Modulverantwortlicher:** Matthias Steinhauser

**Einordnung in Studiengang:** Bachelor Physik

**Level:** 2 (3. Semester)

**Leistungspunkte:** 9

**Semesterwochenstunden:** 7

**Arbeitsaufwand:** 270 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (105), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Vorbereitung der Übungen (165)

**Modulturnus:** WS

**Moduldauer:** ein Semester

**Lehr- und Lernformen:**

4010031 Vorlesung 5 SWS; U. Nienhaus

4010032 Übung 2 SWS; U. Nienhaus, G. Fischer

**Voraussetzungen:** keine

**Bedingungen:** keine

**Empfehlungen:** keine

**Qualifikationsziele:**

Der/die Studierende erlangt Verständnis der experimentellen Grundlagen und deren mathematischer Beschreibung auf dem Gebiet der Optik und klassischen Thermodynamik und kann einfache physikalische Probleme aus diesen Gebieten selbständig bearbeiten.

**Inhalt:**

Optik:

Einführung: Beschreibung von Lichtfeldern, Überlagerung ebener Wellen, Kohärenz, Lichtausbreitung in Materie (optische Konstanten, Dispersion und Absorption, Polarisierung, Gruppengeschwindigkeit)

Geometrische Optik: Fermatsches Prinzip, Reflexions- und Brechungsgesetz, Totalreflexion, Lichtleiter, Abbildende Systeme, Abbildungsfehler, Blenden, Auge, Lupe, Foto- und Projektionsapparat, Fernrohr, Spiegelteleskop, Mikroskop.

Wellenoptik: Huygens-Fresnelsches Prinzip, Beugung, Interferenz (Zweifach-/Vielfachinterferenzen, Spalt, Lochblende, Doppelspalt, Gitter, Interferometer, Auflösungsvermögen, Holographie)

Polarisation (Fresnelsche Formeln), Doppelbrechung, Optische Aktivität, Streuung (Rayleigh, Thomson, Mie)

Photonen: Eigenschaften des Photons, Strahlungsgesetze, Nichtlineare Optik.

Thermodynamik:

Einführung: Temperatur, Entropie, Reversible und irreversible Prozesse, Temperaturmessung, Stoffmengen, Chemisches Potential, Ideales Gas, Wärmemenge, Wärmekapazität, Wärmeübertragung.

Kinetische Gastheorie: Druck, Wärmekapazität, Maxwellsche Geschwindigkeitsverteilung, Transportphänomene (freie Weglänge, Wärmeleitung, innere Reibung, Diffusion).

Phänomenologische Thermodynamik und Anwendungen: Thermodynamische Potentiale, Hauptsätze der Wärmelehre, Zustandsgleichungen, Kreisprozesse (Carnot, Stirling, Wirkungsgrad)

Reale Gase und Substanzen (van der Waals-Gleichung, Joule-Thomson-Effekt, kritischer Punkt, Aggregatzustände, Tripelpunkt, Phasenübergänge).

**Literatur:**

Lehrbücher der Optik und Thermodynamik

**Leistungsnachweis:**

Erfolgreiche Teilnahme an der Übung

**Notenbildung:**

Schriftliche Prüfung

## **Modul: Klassische Theoretische Physik I, Einführung**

**Lehrveranstaltungsnummer:** 4010111

**Modulverantwortlicher:** Matthias Steinhauser

**Einordnung in Studiengang:** Bachelor Physik

**Level:** 1 (1. Semester)

**Leistungspunkte:** 6

**Semesterwochenstunden:** 4

**Arbeitsaufwand:** 180 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (60), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Vorbereitung der Übungen (120)

**Modulturnus:** WS

**Moduldauer:** ein Semester

**Lehr- und Lernformen:**

4010111 Vorlesung 2 SWS; G. Schön

4010112 Übung 2 SWS; G. Schön, S. Zanker, A. Poenicke

**Voraussetzungen:** keine

**Bedingungen:** keine

**Empfehlungen:** keine

**Qualifikationsziele:**

Der/die Studierende erlangt die grundlegenden mathematischen Kenntnisse und Fertigkeiten am Beispiel einfacher mechanischer Probleme. Er/sie erhält die notwendigen Mathematikkenntnisse für die Kursvorlesungen in Theoretischer Physik.

**Inhalt:**

Kinematik: Bahnkurven, Inertialsysteme, Galilei-Transformation. Newtonsche Axiome. Energie, Impuls, Drehimpuls, Definitionen, Erhaltungssätze, System von Massenpunkten. Harmonischer Oszillator, mit Reibung und getrieben (periodische Kraft, Kraftstoß). Zwei-Körper-Problem mit Zentralkraft, Kepler, Klassifizierung der Bahnen, Rutherford-Streuung. Mathematische Hilfsmittel: Differential- und Integralrechnung, Einfache Differentialgleichungen, Potenzreihen, Komplexe Zahlen, Vektoren, Gradient, Linienintegral, delta-Distribution.

**Literatur:**

Lehrbücher der klassischen theoretischen Mechanik

**Leistungsnachweis:**

Erfolgreiche Teilnahme an der Übung

**Notenbildung:**

Schriftliche Prüfung



## **Modul: Klassische Theoretische Physik II, Mechanik**

**Lehrveranstaltungsnummer:** 4010121

**Modulverantwortlicher:** Matthias Steinhauser

**Einordnung in Studiengang:** Bachelor Physik

**Level:** 1 (2. Semester)

**Leistungspunkte:** 6

**Semesterwochenstunden:** 4

**Arbeitsaufwand:** 180 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (60), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Vorbereitung der Übungen (120)

**Modulturnus:** SS

**Moduldauer:** ein Semester

**Lehr- und Lernformen:**

4010121 Vorlesung 2 SWS; A. Mirlin

4010122 Übung 2 SWS; A. Mirlin, I. Gornyi

**Voraussetzungen:** keine

**Bedingungen:** keine

**Empfehlungen:** keine

**Qualifikationsziele:**

Der/die Studierende erlernt die Behandlung der analytischen Mechanik der Punktmassen, des starren Körpers und der Kontinua. Mit den eingeführten Konzepten und grundlegenden Formalismen erwirbt er/sie Kenntnisse, die für die gesamte theoretische Physik von zentraler Bedeutung sind.

**Inhalt:**

Lagrange- und Hamiltonformalismus, Lagrange-Gleichungen 1. und 2. Art, Symmetrieprinzipien und Erhaltungssätze. Hamiltonsches Prinzip, Hamiltonsche Bewegungsgleichungen Phasenraum, kanonische Transformationen. Der Starre Körper. Beschleunigte und rotierende Bezugssysteme. Schwingungen in Systemen mit mehreren Freiheitsgraden. Mathematische Hilfsmittel: orthogonale Transformationen, Funktionale, Variationsrechnung. Weitere Themen: Lineare Kette, Kontinuumsmechanik, Divergenz und Rotation, Fourier-Transformation.

**Literatur:**

Lehrbücher der klassischen theoretischen Mechanik

**Leistungsnachweis:**

Erfolgreiche Teilnahme an der Übung

**Notenbildung:**

Schriftliche Prüfung

# **Modul: Klassische Theoretische Physik III, Elektrodynamik**

**Lehrveranstaltungsnummer:** 4010131

**Modulverantwortlicher:** Matthias Steinhauser

**Einordnung in Studiengang:** Bachelor Physik

**Level:** 2 (3. Semester)

**Leistungspunkte:** 8

**Semesterwochenstunden:** 6

**Arbeitsaufwand:** 240 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (90), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Vorbereitung der Übungen (150)

**Modulturnus:** SS

**Moduldauer:** ein Semester

**Lehr- und Lernformen:**

4010131 Vorlesung 4 SWS; Carsten Rockstuhl

4010132 Übung 2 SWS; Carsten Rockstuhl, Giuseppe Toscano

**Voraussetzungen:** keine

**Bedingungen:** keine

**Empfehlungen:** keine

## **Qualifikationsziele:**

Der/die Studierende erlangt das Verständnis elektrischer und magnetischer Felder und der elektrischen und magnetischen Eigenschaften der Materie. Außerdem erlernt er/sie die Konzepte der Spezielle Relativitätstheorie als Grundlage eines großen Teils der modernen Physik und der Lorentz-kovarianten Formulierung der Maxwell-Gleichungen.

## **Inhalt:**

Einführung und Überblick: Grundbegriffe, Maxwellgleichungen, Kontinuitätsgleichung.

Elektrostatik: Grundgleichungen, skalares Potential, Beispiele, Elektrostatische Energie, Randwertprobleme, Multipolentwicklungen, Ladungsverteilung im äußeren Feld.

Magnetostatik: Grundgleichungen, Vektorpotential, Beispiele, Lokalisierte Stromverteilung, magnetisches Moment, Stromverteilung im äußeren Feld. Zeitabhängige Felder und

Strahlungsphänomene: Grundgleichungen, quasistationäre Näherung, Poynting-Theorem, Elektromagnetische Wellen: ebene Wellen, Polarisierung, Wellenpakete, sphärische Wellen, Felder in Hohlleitern und Resonatoren, elektromagnetische Potentiale und Eichtransformationen, retardierte und avancierte Potentiale, Abstrahlung einer lokalisierten Quelle, Hertzscher Dipol, Felder und Strahlung bewegter Punktladungen, Streuung an geladenen Teilchen.

Spezielle Relativitätstheorie und kovariante Elektrodynamik: Einsteinsches Relativitätsprinzip, Lorentztransformationen und 4-Vektoren, Tensoren, relativistische Mechanik, kovariante Maxwellgleichungen, Energie-Impuls-Tensor, Erhaltungssätze, Lagrange-Formulierung der Elektrodynamik.

Materie im elektromagnetischen Feld:  $\rho$ ,  $\mathbf{M}$ ,  $\mathbf{D}$ ,  $\mathbf{H}$ , Maxwellgleichung, Beispiele zur Elektrostatik und Magnetostatik, Wellen in Dielektrika, Reflexion und Brechung, Energiesatz.

Mathematische Hilfsmittel: Linien-, Flächen- und Volumenintegrale, Integralsätze, Zylinder- und Kugelkoordinaten, delta-Distribution (3-dimensional) Fouriertransformation, Legendrepolynome, Kugelfunktionen, Besselfunktionen, Transformationsverhalten von Vektoren und Tensoren (Drehungen, Lorentztransformationen) Hauptachsentransformation.

**Literatur:**

Lehrbücher der Elektrodynamik

**Leistungsnachweis:**

Erfolgreiche Teilnahme an der Übung

**Notenbildung:**

Schriftliche Prüfung

## **Modul: Praktikum Klassische Physik I**

**Lehrveranstaltungsnummer:** 4011113

**Modulverantwortlicher:** Matthias Steinhauser

**Einordnung in Studiengang:** Bachelor Physik

**Level:** 2 (3. Semester)

**Leistungspunkte:** 6

**Semesterwochenstunden:** 8

**Arbeitsaufwand:** 180 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (120), Vor- und Nachbereitung (60)

**Modulturnus:** WS

**Moduldauer:** ein Semester

**Lehr- und Lernformen:**

4011113 Praktikum 8 SWS; U. Husemann, H. J. Simonis

**Voraussetzungen:** keine

**Bedingungen:** keine

**Empfehlungen:** Klassische Experimentalphysik I und II, Computergestützte Datenauswertung

**Qualifikationsziele:**

Der/die Studierende beherrscht die Grundlagen des Aufbaus, der Durchführung und der Auswertung von Experimenten sowie der Fehlerrechnung und Protokollierung.

**Inhalt:**

Verschiedene Experimente aus der Mechanik, Thermodynamik, Elektrizitätslehre und Optik.

**Literatur:**

Lehrbücher der Experimentalphysik, dezidierte Versuchsanleitungen

**Leistungsnachweis:**

Mündliche Überprüfung der Vorbereitung auf die Experimente, Durchführung, Auswertung und schriftliche Ausarbeitung der Versuchsprotokolle

**Notenbildung:**

unbenotet

## **Modul: Praktikum Klassische Physik II**

**Lehrveranstaltungsnummer:** 4011213

**Modulverantwortlicher:** Matthias Steinhauser

**Einordnung in Studiengang:** Bachelor Physik

**Level:** 2 (4. Semester)

**Leistungspunkte:** 6

**Semesterwochenstunden:** 8

**Arbeitsaufwand:** 180 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (120), Vor- und Nachbereitung (60)

**Modulturnus:** SS

**Moduldauer:** ein Semester

**Lehr- und Lernformen:**

4011213 Praktikum 8 SWS; N.N., H.J. Simonis

**Voraussetzungen:** keine

**Bedingungen:** keine

**Empfehlungen:** Klassische Experimentalphysik I – III, Praktikum Klassische Physik I

**Qualifikationsziele:**

Der/die Studierende beherrscht die Grundlagen des Aufbaus, der Durchführung und der Auswertung von Experimenten sowie der Fehlerrechnung und Protokollierung.

**Inhalt:**

Verschiedene Experimente aus der Mechanik, Thermodynamik, Elektrizitätslehre und Optik.

**Literatur:**

Lehrbücher der Experimentalphysik, dezidierte Versuchsanleitungen

**Leistungsnachweis:**

Mündliche Überprüfung der Vorbereitung auf die Experimente, Durchführung, Auswertung und schriftliche Ausarbeitung der Versuchsprotokolle

**Notenbildung:**

unbenotet

# **Modul: Moderne Experimentalphysik I, Atome und Kerne**

**Lehrveranstaltungsnummer:** 4010041

**Modulverantwortlicher:** Matthias Steinhauser

**Einordnung in Studiengang:** Bachelor Physik

**Level:** 2 (4. Semester)

**Leistungspunkte:** 8

**Semesterwochenstunden:** 6

**Arbeitsaufwand:** 240 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (90), Nachbereitung der Vorlesung und Vorbereitung der Übungen (150)

**Modulturnus:** SS

**Moduldauer:** ein Semester

**Lehr- und Lernformen:**

4010041 Vorlesung 4 SWS; W. Wulfhekel

4010042 Übung 2 SWS; W. Wulfhekel, N.N.

**Voraussetzungen:** keine

**Bedingungen:** keine

**Empfehlungen:** Klassische Experimentalphysik und Klassische Theoretische Physik

**Qualifikationsziele:**

Der/die Studierende erlangt Verständnis der experimentellen Grundlagen und deren mathematischer Beschreibung auf den Gebieten der Atomphysik und der Kernphysik und kann einfache physikalische Probleme aus diesen Gebieten selbständig bearbeiten.

**Inhalt:**

Experimentelle Grundlagen der Atomphysik: Masse und Ausdehnung der Atome, Elementarladung, spezifische Ladung des Elektrons. Struktur der Atome, Thomson-Modell, Rutherford-Streuversuch, Optisches Spektrum von Atomen, Bohrsche Postulate. Anregung durch Stöße, Quantelung der Energie (Franck-Hertz-Versuch), Korrespondenzprinzip. Photoeffekt, Comptoneffekt.

Elemente der Quantenmechanik: Materiewellen und Wellenpakete. Heisenbergsche Unschärferelation. Schrödingergleichung

Das Wasserstoffatom: Schrödingergleichung im Zentralfeld, Energiezustände des Wasserstoffatoms, Bahn- und Spinmagnetismus, Stern-Gerlach-Versuch. Spin-Bahn-Kopplung, Feinstruktur. Einfluss des Kernspins: Hyperfeinstruktur.

Atome im magnetischen und elektrischen Feld: Zeeman-Effekt, Paschen-Back-Effekt. Spinresonanz und ihre Anwendungen. Stark-Effekt, Experiment von Lamb und Rutherford.

Mehrelektronensysteme: Heliumatom, Singulett-/Triplettsystem. Kopplung von Drehimpulsen, Vektorgerüstmodell, Landéfaktor. Periodensystem und Schalenstruktur. Erzeugung und Nachweis von Röntgenstrahlung. Maser, Laser.

Aufbau der Atomkerne: Ladung, Masse, Bindungsenergie und Massendefekt.

Experimentelle Bestimmung von Kernradien: Rutherfordstreuung. Lepton-Kern-Streuung und Formfaktoren. Myonische (pionische) Atome.

Fundamentale Eigenschaften stabiler Kerne und Kernmodelle: Tröpfchenmodell, Kernspins und Kernmomente, Parität, Angeregte Kernzustände, Schalenmodell (nur in Grundzügen)

Kernkräfte: Deuteron, Isospin-Formalismus, Interpretation der Kernkraft als Austauschkraft. Zerfall instabiler Kerne, Zerfallsgesetz, Halbwertszeit,  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -Zerfall. Kernspaltung, Kernreaktionen (nur Grundidee und ausgewählte Beispiele).

**Literatur:**

Lehrbücher der Atomphysik und Kernphysik

**Leistungsnachweis:**

Erfolgreiche Teilnahme an der Übung

**Notenbildung:**

Modulübergreifende mündliche Prüfung Moderne Experimentalphysik

# **Modul: Moderne Experimentalphysik II, Moleküle und Festkörper**

**Lehrveranstaltungsnummer:** 4010051

**Modulverantwortlicher:** Matthias Steinhauser

**Einordnung in Studiengang:** Bachelor Physik

**Level:** 3 (5. Semester)

**Leistungspunkte:** 8

**Semesterwochenstunden:** 6

**Arbeitsaufwand:** 240 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (90), Nachbereitung der Vorlesung und Vorbereitung der Übungen (150)

**Modulturnus:** WS

**Moduldauer:** ein Semester

**Lehr- und Lernformen:**

4010051 Vorlesung 4 SWS; A. Ustinov

4010052 Übung 2 SWS; A. Ustinov, H. Rotzinger

**Voraussetzungen:** keine

**Bedingungen:** keine

**Empfehlungen:** Klassische Experimentalphysik und Klassische Theoretische Physik, Moderne Theoretische Physik I

**Qualifikationsziele:**

Der/die Studierende erlangt Verständnis der experimentellen Grundlagen und deren mathematischer Beschreibung auf den Gebieten der Molekülphysik und der Festkörperphysik und kann einfache physikalische Probleme aus diesen Gebieten selbständig bearbeiten.

**Inhalt:**

Einführung in die Physik der Moleküle: Molekülbindung, Molekülspektroskopie (Rotations-, Schwingungs- und Bandenspektren, Franck-Condon-Prinzip).

Bindungstypen: Kovalente Bindung, Ionenbindung, Metallische Bindung, van der Waals-Bindung, Wasserstoff-Brückenbindung.

Kristallstrukturen: Punktgitter, Elementarzelle, Basis, Symmetrioperationen. Bravais-Gitter, kristallographische Punktgruppen, Einfache Kristallstrukturen, Realkristalle. Defekte (Punktdefekte, Versetzungen, Korngrenzen). Amorphe Festkörper. Optional: mechanische Eigenschaften (Härte, elastische und plastische Verformung).

Beugung und reziprokes Gitter: Streuung an periodischen Strukturen, Beugungsbedingung nach Laue, Reziprokes Gitter, Ewald-Konstruktion, Bragg'sches Gesetz. Brillouin-Zonen, Strukturfaktor, Formfaktor. Temperaturabhängigkeit der Streuintensität. Methoden der Strukturanalyse.

Gitterdynamik: Adiabatische Näherung, Harmonische Näherung. Lineare einatomige und zweiatomige Kette. Schwingungen des dreidimensionalen Gitters. Zustandsdichte.

Quantisierung der Gitterschwingungen. Streuung an zeitlich veränderlichen Strukturen. Bestimmung von Phononen-Dispersionsrelationen, Debye-Näherung.

Thermische Eigenschaften des Gitters: Mittlere thermische Energie eines harmonischen Oszillators. Bose-Statistik. Spezifische Wärme des Gitters, Anharmonische Effekte: thermische Ausdehnung, Wärmeleitfähigkeit des Gitters. Zwei-Niveau-Systeme. Schottky-Anomalie.

Dielektrische Eigenschaften von Isolatoren: Makroskopisches und mikroskopisches elektrisches Feld. Dielektrische Konstante und Polarisierbarkeit, Verschiebungspolarisation. Lorentzoszillator. Ferro-, Pyro- und Piezoelektrizität.

Freies Elektronengas: Drude-Modell (dc- und ac-Leitfähigkeit), Hall-Effekt, Plasmonen,



optische Leitfähigkeit. Thermische Eigenschaften. Sommerfeld-Modell (Grundzustand des freien Elektronengases) Fermi-Dirac-Verteilung. Spezifische Wärme, Transporteigenschaften.

Elektronen im periodischen Potential: Bloch-Zustände, Elektronen im schwachen periodischen Potential. Brillouin-Zonen und Fermiflächen, Näherung für stark gebundene Elektronen. Halbklassische Dynamik von Kristallelektronen, Semiklassische Bewegungsgleichungen, effektive Masse Elektronen und Löcher. Boltzmann-Gleichung. Elektronische Streuprozesse in Metallen. Elektron-Elektron-Wechselwirkung. Quanteneffekte im elektronischen Transport.

Halbleiter: Allgemeine Eigenschaften und Bandstruktur. Konzentration der Ladungsträger, dotierte Halbleiter. Leitfähigkeit und Beweglichkeit, p-n-Übergang.

Magnetische Eigenschaften: Magnetismus der Leitungselektronen. Atomarer Magnetismus (Dia-, Paramagnetismus), Magnetische Wechselwirkungen (Austauschwechselwirkung), Ferro- und Antiferromagnetismus, Ferrimagnetismus, Magnonen.

Grundbegriffe der Supraleitung: Idealer Leiter und Supraleiter, London-Gleichungen. Cooper-Paare und BCS-Theorie. Josephson-Effekte. Supraleiter 1. und 2. Art. Supraleitende Oxide.

#### **Literatur:**

Lehrbücher der Molekülphysik und der Festkörperphysik

#### **Leistungsnachweis:**

Erfolgreiche Teilnahme an der Übung

#### **Notenbildung:**

Modulübergreifende mündliche Prüfung Moderne Experimentalphysik

# **Modul:** Moderne Experimentalphysik III, Teilchen und Hadronen

**Lehrveranstaltungsnummer:** 4010061

**Modulverantwortlicher:** Matthias Steinhauser

**Einordnung in Studiengang:** Bachelor Physik

**Level:** 3 (6. Semester)

**Leistungspunkte:** 6

**Semesterwochenstunden:** 4.5

**Arbeitsaufwand:** 180 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (68), Nachbereitung der Vorlesung und Vorbereitung der Übungen (112)

**Modulturnus:** SS

**Moduldauer:** ein Semester

**Lehr- und Lernformen:**

4010061 Vorlesung 3 SWS (gehalten als 4 SWS über 11 Wochen); U. Husemann

4010062 Übung 1.5 SWS (gehalten als 2 SWS über 11 Wochen); U. Husemann, M. Schröder

**Voraussetzungen:** keine

**Bedingungen:** keine

**Empfehlungen:** Klassische Experimentalphysik und Klassische Theoretische Physik, Moderne Theoretische Physik I und II

**Qualifikationsziele:**

Der/die Studierende erlangt Verständnis der experimentellen Grundlagen und deren mathematischer Beschreibung auf dem Gebiet der Teilchenphysik und kann einfache physikalische Probleme aus diesem Gebiet selbständig bearbeiten.

**Inhalt:**

Wechselwirkung von Strahlung und Teilchen mit Materie. Detektoren.

Teilchenbeschleuniger (zumindest: Van de Graaff, Zyklotron, Synchrotron).

Strahlenbelastung, Strahlenschutz: Definitionen der verschiedenen Einheiten, einige Zahlenwerte (kurz).

Ausgewählte Anwendungen der Kern- und Teilchenphysik: Kernenergie, Spaltreaktoren, Kernfusion. Datierungen, astrophysikalische Aspekte.

Struktur der Materie: elastische, inelastische und tiefinelastische Lepton-Nukleon-Streuung, Formfaktoren der Nukleonen, Nukleonresonanzen ( $\Delta$ -Resonanz), Strukturfunktionen, Partonen. Übersicht Standardmodell der Teilchenphysik.

Symmetrien und Erhaltungssätze: Quantenzahlen der Elementarteilchen, diskrete Symmetrien C, T, P; Paritätsverletzung, CP-Verletzung (zumindest kurz), CPT-Erhaltung. Schlüsselexperimente.

Quarks, Gluonen und Hadronen: Quarkmodell, Baryonen- und Mesonenmultipletts, Quarkoniumzustände  $J/\psi$  und  $\Upsilon$ , Farbwechselwirkungen in der Quantenchromodynamik (QCD), QCD-Potential, Confinement und asymptotische Freiheit, Gluonen, Jet-Bildung. Partonmodell. Schlüsselexperimente.

Elektroschwache Wechselwirkung: Elektroschwache Vereinheitlichung, Kopplungen von W- und Z-Bosonen, Higgs-Mechanismus, Massen der Elementarteilchen, Quarkmischung, Schlüsselexperimente.

Moderne Teilchenphysik: Experimente in Elektron-Positron-Annihilation und Kollisionen von Hadronen, Neutrino-Physik.

Offene Fragen und Querverbindungen: Grenzen und Erweiterungen des Standardmodells (Grundgedanken), Verbindung von Teilchenphysik, Kosmologie und Astroteilchenphysik.

**Literatur:**

Lehrbücher der Teilchenphysik

**Leistungsnachweis:**

Erfolgreiche Teilnahme an der Übung

**Notenbildung:**

Modulübergreifende mündliche Prüfung Moderne Experimentalphysik

# **Modul: Moderne Theoretische Physik I, Quantenmechanik I**

**Lehrveranstaltungsnummer:** 4010141

**Modulverantwortlicher:** Matthias Steinhauser

**Einordnung in Studiengang:** Bachelor Physik

**Level:** 2 (4. Semester)

**Leistungspunkte:** 8

**Semesterwochenstunden:** 6

**Arbeitsaufwand:** 240 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (90), Nachbereitung der Vorlesung und Vorbereitung der Übungen (150)

**Modulturnus:** SS

**Moduldauer:** ein Semester

**Lehr- und Lernformen:**

4010141 Vorlesung 4 SWS; F. Klinkhamer

4010142 Übung 2 SWS; F. Klinkhamer, V. Emelyanov

**Voraussetzungen:** keine

**Bedingungen:** keine

**Empfehlungen:** Klassische Experimentalphysik und Klassische Theoretische Physik

**Qualifikationsziele:**

Der/die Studierende erlernt die grundlegenden Konzepte der Einteilchen-Quantenmechanik und wendet diese auf wichtige Fragestellungen an. Er/sie legt damit die Grundlage für ein fundamentales Verständnis der mikroskopischen Welt.

**Inhalt:**

Einführung: Historische Bemerkungen, Grenzen der klassischen Physik. Dualismus Teilchen und Welle: Wellenmechanik, Materiewellen, Wellenpakete, Unschärferelation, Schrödingergleichung, Qualitatives Verständnis einfacher Fälle. Mathematische Hilfsmittel: Hilbertraum, Bra und Ket, Operatoren, Hermitizität, Unitarität, Eigenvektoren und Eigenwerte, Observable, Basis, Vollständigkeit. Postulate der Quantenmechanik: Messprozess, Zeitentwicklung, Zeitentwicklung von Erwartungswerten, Ehrenfest-Theorem und klassischer Grenzfall. Eindimensionale Potentiale: Potentialtöpfe, harmonischer Oszillator. Gebundene Zustände in einem dreidimensionalen Potential: Separation der Variablen, Zentralpotential, Drehimpuls, Drehsymmetrie und Spin, Entartung, Teilchen im äußeren elektromagnetischen Feld, Wasserstoffatom. Zeitunabhängige Störungstheorie: Nichtentarteter und entarteter Fall, Feinstruktur des Wasserstoffspektrums, Stark-Effekt. Grundlagen der Streutheorie: Differentieller Wirkungsquerschnitt, Bornsche Reihe und Bornsche Näherung, Partialwellen und Streuphasen, optisches Theorem.

**Literatur:**

Lehrbücher der Quantenmechanik

**Leistungsnachweis:**

Erfolgreiche Teilnahme an der Übung und Bestehen der Modulklausur

**Notenbildung:**

Modulübergreifende mündliche Prüfung Moderne Theoretische Physik I-III

# **Modul: Moderne Theoretische Physik II, Quantenmechanik II**

**Lehrveranstaltungsnummer:** 4010151

**Modulverantwortlicher:** Matthias Steinhauser

**Einordnung in Studiengang:** Bachelor Physik

**Level:** 3 (5. Semester)

**Leistungspunkte:** 6

**Semesterwochenstunden:** 5

**Arbeitsaufwand:** 180 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (75), Nachbereitung der Vorlesung und Vorbereitung der Übungen (105)

**Modulturnus:** WS

**Moduldauer:** ein Semester

**Lehr- und Lernformen:**

4010151 Vorlesung 4 SWS; M. Steinhauser

4010152 Übung 1 SWS; M. Steinhauser, A. Hasselhuhn

**Voraussetzungen:** keine

**Bedingungen:** keine

**Empfehlungen:** Moderne Theoretische Physik I, Quantenmechanik I

**Qualifikationsziele:**

Der/die Studierende erlernt die grundlegenden Konzepte der Quantenmechanik für Mehrteilchensysteme und der relativistischen Quantenmechanik, sowie die Grundlagen der Quantenfeldtheorie.

**Inhalt:**

Mehrteilchensysteme: Austauschentartung, identische Teilchen: Bosonen und Fermionen, Heliumatom. Zeitabhängige Phänomene: Zeitentwicklungsoperator, Schrödinger-, Heisenberg- und Wechselwirkungsbild, Dyson-Entwicklung, zeitgeordnete Produkte, Fermis Goldene Regel. Drehimpuls, irreduzible Darstellungen der Drehungen: Addition von Drehimpulsen, Produktdarstellungen der Drehgruppe, Clebsch-Gordan-Koeffizienten, Irreduzible Tensoroperatoren, Wigner-Eckart-Theorem. Relativistische Quantenmechanik: Lorentzgruppe und Drehgruppe, Klein-Gordon-Gleichung, Spinordarstellung der Lorentzgruppe, Dirac-Gleichung, Löchertheorie, Lösungen der freien Gleichung und Kovarianz, Ankopplung eines äußeren elektromagnetischen Feldes, Relativistisches Wasserstoffatom. Quantisierung des elektromagnetischen Feldes: Photonen, Strahlung, Strahlungsübergänge, Spontane und induzierte Emission, Auswahlregeln. Grundzüge der Quantenfeldtheorie: Besetzungszahldarstellung und freie Felder, Wechselwirkung und Störungstheorie, Feynman-Diagramme, Diagrammregeln.

**Literatur:**

Lehrbücher der Quantenmechanik

**Leistungsnachweis:**

Erfolgreiche Teilnahme an der Übung und Bestehen der Modulklausur

**Notenbildung:**

Modulübergreifende mündliche Prüfung Moderne Theoretische Physik I-III

# **Modul: Moderne Theoretische Physik III, Statistische Physik**

**Lehrveranstaltungsnummer:** 4010161

**Modulverantwortlicher:** Matthias Steinhauser

**Einordnung in Studiengang:** Bachelor Physik

**Level:** 3 (5. und 6. Semester)

**Leistungspunkte:** 8

**Semesterwochenstunden:** 6

**Arbeitsaufwand:** 240 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (90), Nachbereitung der Vorlesung und Vorbereitung der Übungen (150)

**Modulturnus:** Teil 1 im WS und Teil 2 im SS

**Moduldauer:** zwei Semester

**Lehr- und Lernformen:**

4010161 Vorlesung im WS 2 SWS; A. Shnirman

4010162 Übung im WS 1 SWS; A. Shnirman, N.N.

4010171 Vorlesung im SS 2 SWS; A. Shnirman

4010171 Übung im SS 1 SWS; A. Shnirman, N.N.

**Voraussetzungen:** keine

**Bedingungen:** keine

**Empfehlungen:** Moderne Theoretische Physik I, Quantenmechanik I

**Qualifikationsziele:**

Der/die Studierende erlernt die grundlegenden Konzepte der Quantenstatistik und statistischen Thermodynamik.

**Inhalt:**

Teil 1:

Statistische Formulierung der Thermodynamik (klassisch und quantenmechanisch): Gibbs-Ensemble, reine und gemischte Zustände, Dichtematrix und Liouville-Gleichung, Mikrokanonisches, kanonisches und großkanonisches Ensemble. Ideale Systeme: Boltzmann-Gas, Bosonen (Bose-Einstein-Kondensation, Hohlraumstrahlung, Phononen), Fermionen (entartetes Fermigas), Spinsysteme.

Teil 2:

Reale Systeme: van der Waals-Gas, Spinmodelle mit Wechselwirkung, Wechselwirkungen in Festkörpern (Born-Oppenheimer, 2. Quantisierung), Näherungsverfahren.

Phasenübergänge: Ising-Modell, Landau-Freie-Energie-Funktional

(Molekularfeldnäherung, Fluktuationen), Kritische Exponenten und Universalitätsklassen.

Zusätzliche Themen: Stochastische Prozesse, Master-Gleichung, Fokker-Planck- und Langevin-Beschreibung, Boltzmann-Transport-Theorie Elektrische und Wärmeleitfähigkeit, thermoelektrische Effekte, Hydrodynamik, Linear-Response-(Kubo-) Formalismus, Fluktuations-Dissipations-Theorem, Kramers-Kronig-Relationen.

**Literatur:**

Lehrbücher der Quantenmechanik und zur statistischen Physik

**Leistungsnachweis:**

Erfolgreiche Teilnahme an der Übung und Bestehen der Modulklausur

**Notenbildung:**

Modulübergreifende mündliche Prüfung Moderne Theoretische Physik I-III

## **Modul: Praktikum Moderne Physik**

**Lehrveranstaltungsnummer:** 4011313

**Modulverantwortlicher:** Matthias Steinhauser

**Einordnung in Studiengang:** Bachelor Physik

**Level:** 3 (5. oder 6. Semester)

**Leistungspunkte:** 6

**Semesterwochenstunden:** 4

**Arbeitsaufwand:** 5 Versuche, 180 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (60), Vorbereitung, Auswertung der Versuche und Anfertigen der Protokolle (120)

**Modulturnus:** WS oder SS

**Moduldauer:** ein Semester

**Lehr- und Lernformen:**

4011313 Praktikum 8 SWS; Andreas Naber, Christoph Sürgers, Joachim Wolf

**Voraussetzungen:** keine

**Bedingungen:** verpflichtende Teilnahme an Vorbesprechung mit Sicherheitsunterweisung und Strahlenschutzbelehrung

**Empfehlungen:** Klassische Experimentalphysik, Moderne Experimentalphysik I, Computergestützte Datenauswertung

**Qualifikationsziele:**

Der/die Studierende erlernt moderne experimentelle Methoden und Techniken und erwirbt fortgeschrittene Fähigkeiten bei Versuchsaufbau, Messung und Auswertung.

**Inhalt:**

Fortgeschrittene Experimente aus der Atomphysik, Kern- und Teilchenphysik, Festkörperphysik, Biophysik und moderner Optik/Quantenoptik.

**Literatur:**

Lehrbücher der Experimentalphysik, spezielles Material für jeden einzelnen Versuch wird bereitgestellt.

**Leistungsnachweis:**

Mündliche Überprüfung der Vorbereitung auf die Experimente, Durchführung, Auswertung und schriftliche Ausarbeitung der Versuchsprotokolle.

**Notenbildung:**

unbenotet

## **Modul: Programmieren und Rechnernutzung: Rechnernutzung**

**Lehrveranstaltungsnummer:** 4010211

**Modulverantwortliche:** Ulrich Husemann

**Einordnung in Studiengang:** Bachelor Physik

**Level:** 2 (5. Semester)

**Leistungspunkte:** 4

**Semesterwochenstunden:** 3

**Arbeitsaufwand:** 120 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (45), Vor- und Nachbereitung (75)

**Modulturnus:** WS

**Moduldauer:** ein Semester

**Lehr- und Lernformen:**

4010211 Vorlesung 2 SWS; M. Steinhauser

4010212 Übungen 1 SWS; M. Steinhauser, A. Mildenberger; (je 2 Stunden 14-täglich)

**Voraussetzungen:** keine

**Bedingungen:** keine

**Empfehlungen:** keine

**Qualifikationsziele:**

Der/die Studierende erwirbt Kenntnisse der wichtigsten Hardware-Komponenten von Computersystemen. Er/sie erlernt Verfahren und Programmpakete zur Datenerfassung und Datenauswertung sowie zur numerischen Modellierung und eignet sich die Verwendung von Computeralgebra an. Der/die Studierende kann die erlernten Verfahren auf physikalische Fragestellungen anwenden.

**Inhalt:**

Aufbau, Funktionsweise und Hardware-Komponenten von Computern, Betriebssystem und Software, Anbindung von Peripherie, Numerische Verfahren und Computeralgebra, Methoden und Werkzeuge der statistischen Datenanalyse, Monte-Carlo-Methode.

**Literatur:**

Lehrbücher zur Programmierung in Mathematica, Lehrbücher zur Statistik und Datenauswertung, Skripte zur Veranstaltung

**Leistungsnachweis:**

Erfolgreiche Bearbeitung der praktischen Übungen am Computer

**Notenbildung:**

unbenotet



## **Modul: Programmieren und Rechnernutzung: Programmieren**

**Lehrveranstaltungsnummer:** 4010221

**Modulverantwortliche:** Matthias Steinhauser

**Einordnung in Studiengang:** Bachelor Physik

**Level:** 2 (4. Semester)

**Leistungspunkte:** 6

**Semesterwochenstunden:** 4

**Arbeitsaufwand:** 180 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (60), Vor- und Nachbereitung (120)

**Modulturnus:** SS

**Moduldauer:** ein Semester

**Lehr- und Lernformen:**

4010221 Vorlesung 2 SWS; M. Steinhauser

4010222 Übung 2 SWS; M. Steinhauser, A. Mildenberger

4010223 Praktikum 5 SWS; M. Steinhauser, A. Mildenberger

**Voraussetzungen:** keine

**Bedingungen:** keine

**Empfehlungen:** keine

### **Qualifikationsziele:**

Der/die Studierende erwirbt Grundkenntnisse in der Programmiersprache C++. Er/sie erlernt das selbständige Entwickeln von Programmen und das Anwenden von elementaren numerischen Verfahren und Algorithmen auf physikalische Fragestellungen.

### **Inhalt:**

Kontrollstrukturen, Datentypen und -strukturen, Felder, Funktionen, Objektorientierung, Zeiger, Klassenbibliotheken, lineares Gleichungssystem, Interpolation, Sortierverfahren, rekursive Algorithmen.

### **Literatur:**

Lehrbücher zur Programmierung in C++

### **Leistungsnachweis:**

Bearbeiten der Übungsblätter und Bestehen der Modulklausur

### **Notenbildung:**

unbenotet

## **Modul: Computergestützte Datenauswertung**

**Lehrveranstaltungsnummer:** 4010231

**Modulverantwortliche:** Günter Quast

**Einordnung in Studiengang:** Bachelor Physik

**Level:** 1 (2. Semester)

**Leistungspunkte:** 2

**Semesterwochenstunden:** 2

**Arbeitsaufwand:** 60 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (30), Nachbereitung der Vorlesung und Vorbereitung der praktischen Übungen (30)

**Modulturnus:** SS

**Moduldauer:** ein Semester

**Lehr- und Lernformen:**

4010231 Vorlesung 1 SWS; G. Quast (je 2 Stunden, 14-täglich)

4010233 Praktikum/Übung 1 SWS; G. Quast (je 2 Stunden, 14-täglich)

**Voraussetzungen:** keine

**Bedingungen:** keine

**Empfehlungen:** keine

**Qualifikationsziele:**

Der/die Studierende erlernt die Grundlagen der Visualisierung von Daten und deren statistischer Analyse, kann die dazu notwendige Softwareumgebung auf einem eigenen Computer bzw. auf dem persönlichen Konto im CIP-Pool der Fakultät einrichten und sie anhand konkreter Beispiele anwenden.

**Inhalt:**

Grundlagen der Programmiersprache *Python* und der dazugehörigen Pakete zum wissenschaftlichen Rechnen und zur grafischen Darstellung. Grundlagen der Messdatenauswertung – Wahrscheinlichkeit, Zufallsvariable, Wahrscheinlichkeitsdichten, Kenngrößen von Verteilungen und deren Bestimmung aus Messdaten, zentraler Grenzwertsatz, Fehlerfortpflanzung, Modellierung empirischer Daten mit der Monte-Carlo-Methode, Anpassung von Funktionen an Daten mit der Methode der kleinsten Quadrate, Einführung in die Anwendung geeigneter Programmpakete.

**Literatur:**

Lehrbücher zur Statistik und Datenauswertung, Skripte zur Veranstaltung

**Leistungsnachweis:**

Erfolgreiche Bearbeitung der Rechnerübungen

**Notenbildung:**

unbenotet

## **Modul: Mündliche Prüfung Moderne Experimentalphysik**

**Lehrveranstaltungsnummer:** -

**Modulverantwortlicher:** Matthias Steinhauser

**Einordnung in Studiengang:** Bachelor Physik

**Level:** 3 (6. Semester)

**Leistungspunkte:** 4

**Semesterwochenstunden:** keine Angabe

**Arbeitsaufwand:** 240 Stunden Vorbereitung auf die modulübergreifende Prüfung in Moderner Experimentalphysik I-III

**Modulturnus:** jeder Zeit

**Moduldauer:** -

**Lehr- und Lernformen:**

-

**Voraussetzungen:** Leistungsnachweise in Form der Vorleistungen in den Modulen Moderne Experimentalphysik I, II und III

**Bedingungen:** keine

**Empfehlungen:** keine

**Qualifikationsziele:**

Der/die Studierende wiederholt und verinnerlicht den Stoff der Vorlesungen und Übungen zur Modernen Experimentalphysik und erkennt übergreifende physikalische Konzepte.

**Inhalt:**

-

**Literatur:**

-

**Leistungsnachweis:**

-

**Notenbildung:**

Mündliche Prüfung

## **Modul: Mündliche Prüfung Moderne Theoretische Physik**

**Lehrveranstaltungsnummer:** -

**Modulverantwortlicher:** Matthias Steinhauser

**Einordnung in Studiengang:** Bachelor Physik

**Level:** 3 (6. Semester)

**Leistungspunkte:** 4

**Semesterwochenstunden:** keine Angabe

**Arbeitsaufwand:** 240 Stunden Vorbereitung auf die modulübergreifende Prüfung in Moderner Theoretischer Physik I, II, IIIa und IIIb

**Modulturnus:** jeder Zeit

**Moduldauer:** -

**Lehr- und Lernformen:**

-

**Voraussetzungen:** Leistungsnachweise in Moderner Theoretischer Physik im Umfang von 2 Vorleistungen im Modul Moderne Theoretische Physik I und mindestens 5 aus 6 Vorleistungen in den Modulen Moderne Theoretische Physik II, IIIa und IIIb

**Bedingungen:** keine

**Empfehlungen:** keine

**Qualifikationsziele:**

Der/die Studierende wiederholt und verinnerlicht den Stoff der Vorlesungen und Übungen zur Modernen Theoretischen Physik und erkennt übergreifende physikalische Konzepte.

**Inhalt:**

-

**Literatur:**

-

**Leistungsnachweis:**

-

**Notenbildung:**

Mündliche Prüfung

## **Modul: Bachelorarbeit**

**Lehrveranstaltungsnummer:** -

**Modulverantwortlicher:** Matthias Steinhauser

**Einordnung in Studiengang:** Bachelor Physik

**Level:** 3 (6. Semester)

**Leistungspunkte:** 12

**Semesterwochenstunden:** keine Angabe

**Arbeitsaufwand:** 360 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten und Schreiben der Bachelorarbeit

**Modulturnus:** jederzeit

**Moduldauer:** 5 Monate mit maximaler Verlängerung auf 6 Monate

**Lehr- und Lernformen:**

abhängig vom Thema der Bachelorarbeit

**Voraussetzungen:** Die/der Studierende befindet sich in der Regel im dritten Studienjahr und höchstens eine der folgenden Fachprüfungen ist noch nicht bestanden: Klassische Experimentalphysik, Klassische Theoretische Physik, Mathematik, Nichtphysikalisches Wahlpflichtfach, Praktikum der Klassischen Physik.

**Bedingungen:** keine

**Empfehlungen:** keine

**Qualifikationsziele:**

Der/die Studierende führt selbständig Literaturrecherchen zu Forschungsthemen durch, kann unter Anleitung wissenschaftlich arbeiten sowie wissenschaftliche Ergebnisse in Schrift und Wort darstellen.

**Inhalt:**

Ist vom Thema der Bachelorarbeit abhängig.

**Literatur:**

Ist vom Thema der Bachelorarbeit abhängig.

**Leistungsnachweis:**

Schriftliche Bachelorarbeit und Bachelorvortrag

**Notenbildung:**

Schriftliche Gutachten der beteiligten Prüfer