

# Modulhandbuch für den Master-Studiengang Physik

Version 2016-08-29

## 1 INHALT

---

1	Inhalt.....	1
2	Studienziele des MSc-Studiengangs.....	2
3	Modul- und Veranstaltungsliste.....	3
3.1	Modulübersicht.....	3
3.2	Liste der Spezialvorlesungen.....	4
3.3	Liste der vertiefenden vorlesungen.....	5
3.4	Kernangebot an Nichtphysikalischen Fächern bzw. fachübergreifenden Lehrveranstaltungen.....	6
4	Wichtige Bemerkungen zur Modulliste.....	7
4.1	Generelle Bemerkungen.....	7
4.2	Hinweise zur Forschungsphase.....	8
4.2.1	Bewertungskriterien.....	8
4.3	Beispiel eines Studienverlaufplans.....	9
5	Detaillierte Modulbeschreibungen mit Lehrveranstaltungen.....	10
5.1	Experimentalphysik.....	10
5.2	Theoretische Physik.....	14
5.3	Praktika und Seminare.....	19
5.4	Spezial- und Vertiefungsvorlesungen.....	21
5.4.1	Physik kondensierter Materie.....	21
5.4.2	Quanten-, Atom- und Neutronenphysik.....	33
5.4.3	Kern- und Teilchenphysik.....	39
5.5	Forschungsphase.....	62
5.6	Nichtphysikalische Fächer.....	66
5.6.1	Chemie.....	66
5.6.2	Informatik.....	72
5.6.3	Geschichte der Naturwissenschaften.....	73
5.6.4	Mathematik.....	75
5.6.5	Meteorologie.....	91
5.6.6	Philosophie.....	95
5.6.7	Fachübergreifende Lehrveranstaltungen.....	101

## 2 STUDIENZIELE DES MSc-STUDIENGANGS

---

Übernommen von der Konferenz der Fachbereiche Physik (beschlossen 8.11.2010):

Aufbauend auf einem ersten Hochschulabschluss führt das Masterstudium zum Erwerb zusätzlicher analytischer und methodischer Kompetenzen. Zugleich werden die fachlichen Kenntnisse und Fertigkeiten aus dem ersten Studium vertieft und erweitert. Die Absolventinnen und Absolventen des Master-Studienganges Physik haben Spezialkenntnisse in mehreren Teilfächern der Physik auf international höchstem Niveau erworben und sind zu selbständigem wissenschaftlichem Arbeiten befähigt. Damit füllen sie das umfassende und wegen seiner fachlichen Breite und Flexibilität geschätzte Berufsbild des Physikers aus. Sie sind prinzipiell zum Übergang in eine Promotionsphase befähigt.

Im Einzelnen bedeutet das:

1. Sie haben ihre mathematisch-naturwissenschaftlichen Kenntnisse vertieft, den Überblick über innerphysikalische Zusammenhänge sowie solche mit den Nachbardisziplinen erweitert und sich auf einem Spezialgebiet der Physik so spezialisiert, dass sie Anschluss an die aktuelle internationale Forschung finden können.
2. Sie haben ihr Wissen beispielhaft auch an komplexen physikalischen Problemen und Aufgabenstellungen eingesetzt und können diese auf einer wissenschaftlichen Basis analysieren, formulieren und möglichst weitgehend lösen.
3. Sie sind in der Lage, zur Lösung komplexer physikalischer Probleme Experimente zu planen, aufzubauen, durchzuführen und die Ergebnisse zu interpretieren (Schwerpunkt Experimentalphysik) oder Simulation und Modellierung auf der Basis physikalischer Grundprinzipien einzusetzen (Schwerpunkt theoretische Physik).
4. Sie haben in ihrem Studium soziale Kompetenzen erworben. Diese überfachlichen Kompetenzen werden weitgehend integriert in den Fachlehrveranstaltungen sowie vor allem in der Forschungsphase erworben.
5. Sie haben in der einjährigen Forschungsphase die Fähigkeit erworben, sich in ein beliebiges technisch-physikalisches Spezialgebiet einzuarbeiten, die aktuelle internationale Fachliteratur hierzu zu recherchieren und zu verstehen, Experimente oder theoretische Methoden auf dem Gebiet zu konzipieren und durchzuführen, die Ergebnisse im Lichte der verschiedensten physikalischen Phänomene einzuordnen und Schlussfolgerungen für technische Entwicklungen und den Fortschritt der Wissenschaft daraus zu ziehen. o Sie besitzen nach der Forschungsphase das notwendige Durchhaltevermögen, um in Forschungs- und Entwicklungsprojekten mit Fehlschlägen, unerwarteten Schwierigkeiten und Verzögerungen umzugehen und gegebenenfalls mit modifizierter Strategie dennoch zum Ziel zu kommen.
6. Sie sind befähigt, auch fernab des im Masterstudium vertieften Spezialgebietes beruflich tätig zu werden und dabei ihr physikalisches Grundwissen zusammen mit den erlernten wissenschaftlichen Methoden und Problemlösungsstrategien einzusetzen.
7. Sie sind in der Lage, komplexe physikalische Sachverhalte und eigene Forschungsergebnisse im Kontext der aktuellen internationalen Forschung umfassend zu diskutieren und in schriftlicher (Masterarbeit) und mündlicher Form (Vortrag mit freier Diskussion) darzustellen.
8. Sie sind sich ihrer Verantwortung gegenüber der Wissenschaft und möglicher Folgen ihrer Tätigkeit für Umwelt und Gesellschaft bewusst und handeln gemäß den Grundsätzen guter wissenschaftlicher Praxis.

## 3 MODUL- UND VERANSTALTUNGSLISTE

### 3.1 MODULÜBERSICHT

Modulliste - Master	Modul	SWS	LP
Experimentalphysik			
Experimentalphysik	ExPh	3 V + 1 Ü	6
<i>Summe Kursvorlesungen Experimentalphysik</i>			6
Theoretische Physik			
Theoretische Physik	ThPh	4 V + 2 Ü	9
<i>Summe Kursvorlesungen Theoretische Physik</i>			9
Seminare			
Seminar I	Sem	2 S	4
Seminar II	Sem	2 S	4
<i>Summe Seminare</i>			8
Praktika			
Fortgeschrittenen Praktikum	P	8 P	10
<i>Summe Praktika</i>			10
Forschungsphase			
Forschungsphase - Spezialisierung	FoSp	F	15
Forschungsphase - Methodenkenntnis	FoMk	F	15
Forschungsphase - Masterarbeit	FoMA	F	30
<i>Summe Forschungsphase</i>			60
Wahlpflichtmodule			
Spezialvorlesung I	SV	3 V + 1 Ü	6
Spezialvorlesung II	SV	3-4 V + 1-2 Ü	6-9
Vertiefende Vorlesung	VV	3 V + 1 Ü	6
Forschungsmodul	FoM	4 SWS	6
		zu wählen	18-12
Nichtphysikalisches Fach (Angebot siehe nächste Seite)			
		Zu wählen	9-15
<b>Gesamt</b>			<b>120</b>

## 3.2 LISTE DER SPEZIALVORLESUNGEN

Liste der Spezialvorlesungen
Physik kondensierter Materie Ausgewählte Kapitel der Physik kondensierter Materie Moderne Methoden der Physik kondensierter Materie Materials Science (Materialwissenschaften) Einführung in die Theorie kondensierter Materie Ausgewählte Kapitel der Theorie kondensierter Materie Theorie weicher Materie I Computersimulationen in der statistischen Physik Moderne Rechenmethoden der Physik kondensierter/weicher Materie
Quanten-, Atom- und Neutronenphysik Quantenoptik (Q-Ex-1) Photonik (Q-Ex-2) Quanteninformation (Q-Ex-3) Fundamentale Präzisionsmessungen (Q-Ex-4)
Kern- und Elementarteilchenphysik Statistik, Datenanalyse und Simulation Teilchendetektoren Beschleunigerphysik Teilchenphysik Astroteilchenphysik Kosmologie und Allgemeine Relativitätstheorie Symmetrien in der Physik Moderne Methoden der theoretischen Hochenergiepartikel- und Kernphysik Theoretische Elementarteilchenphysik Einführung in die Gittertheorie Einführung in die Stringtheorie Effektive Feldtheorien Theoretische Astroteilchenphysik Amplituden und Präzisionsphysik am LHC Funktionale Methoden und exakte Renormierungsgruppe

### 3.3 LISTE DER VERTIEFENDEN VORLESUNGEN

#### Liste der Vertiefenden Vorlesungen

##### Physik kondensierter Materie

- Ausgewählte Kapitel der Physik kondensierter Materie
- Moderne Methoden der Physik kondensierter Materie
- Materials Science (Materialwissenschaften)
- Einführung in die Theorie kondensierter Materie
- Ausgewählte Kapitel der Theorie kondensierter Materie
- Theorie weicher Materie I
- Computersimulationen in der statistischen Physik
- Moderne Rechenmethoden der Physik kondensierter/weicher Materie
- Theorie weicher Materie II

##### Quanten-, Atom- und Neutronenphysik

- Quantenoptik (Q-Ex-1)
- Photonik (Q-Ex-2)
- Quanteninformation (Q-Ex-3)
- Fundamentale Präzisionsmessungen (Q-Ex-4)

##### Kern- und Elementarteilchenphysik

- Statistik, Datenanalyse und Simulation
- Teilchendetektoren
- Beschleunigerphysik
- Teilchenphysik
- Astroteilchenphysik
- Kosmologie und Allgemeine Relativitätstheorie
- Symmetrien in der Physik
- Moderne Methoden der theoretischen Hochenergiepartikel- und Kernphysik
- Theoretische Elementarteilchenphysik
- Einführung in die Gittertheorie
- Einführung in die Stringtheorie
- Effektive Feldtheorien
- Theoretische Astroteilchenphysik
- Amplituden und Präzisionsphysik am LHC
- Funktionale Methoden und exakte Renormierungsgruppe
- Vertiefende Kapitel der Teilchenphysik
- Vertiefende Kapitel der subatomaren Physik
- Vertiefende Kapitel der Astroteilchen- und Astrophysik
- Höhere Beschleunigerphysik

### 3.4 KERNANGEBOT AN NICHTPHYSIKALISCHEN FÄCHERN BZW. FACHÜBERGREIFENDEN LEHRVERANSTALTUNGEN

Nichtphysikalisches Fach	SWS	LP
<b>Informatik</b>		
Informatik I	2 V + 2 Ü + 2 P	9
Informatik II	4 V + 4 Ü	12
Informatik III	4 V + 4 Ü + 2 P	15
<b>Chemie</b>		
Kernchemie	2 V + 1 Ü + 5 P	9
Kernchemie (mit zusätzlich 1 Spezialvorlesung)	4 V + 1 Ü + 5 P	12
Kernchemie (mit zusätzlich 2 Spezialvorlesungen)	6 V + 1 Ü + 5 P	15
Einführung in die Theoretische Chemie	4 V + 1 Ü + 5 P	9
Theoretische Chemie	4 V + 2 Ü + 10P	12
<b>Geschichte der Naturwissenschaften</b>		
Geschichte der Naturwissenschaften II	2 S + 2 P	9
<b>Mathematik</b>		
Funktionalanalysis	4 V + 2 Ü	9
Funktionalanalysis (mit Funktionalanalysis II)	8 V + 2 Ü	15
Partielle Differentialgleichungen	4 V + 2 Ü	9
Partielle Differentialgleichungen (mit part. Differentialgl. II)	8 V + 2 Ü	15
Grundlagen der Stochastik	4 V + 2 Ü	9
Grundlagen der Stochastik (mit Stochastik I)	8 V + 2 Ü	15
Stochastik I	4 V + 2 Ü	9
Stochastik I (mit Stochastik II)	8 V + 2 Ü	15
Grundl. der Numerik	4 V + 2 Ü	9
Grundl. der Numerik (mit Num. gewöhnl. Differentialgl.)	8 V + 2 Ü	15
Numerik von Differentialgleichungen	4 V + 2 Ü	9
Numerik von Differentialgleichungen (mit part. Differentialgl.)	8 V + 2 Ü	15
Algebra	4 V + 2 Ü	9
Algebra (mit Vorlesung „Körper, Ringe, Moduln“)	8 V + 2 Ü	15
Topologie	4 V + 2 Ü	9
Topologie (mit Vorlesung „Algebraische Kurven und Riemansche Flächen“)	8 V + 2 Ü	15
Computeralgebra	4 V + 2 Ü	9
Computeralgebra (mit Zahlentheorie)	8 V + 2 Ü	15
<b>Meteorologie</b>		
Dynamik der Atmosphäre	4 V + 3 Ü	9
Atmosphärenmodellierung	6 V + 4 Ü	14
Atmosphärische Strahlung	4 V + 2 Ü	9
Großräumige Atmosphärendynamik	4 V + 3 Ü + 2 P	11
<b>Philosophie</b>		
Philosophie der Neuzeit	6 S	15
<b>Wirtschaftswissenschaften</b>		
International Economics & Public Policy	6 V+Ü	12
Finance & Accounting	6 V+Ü	12
Marketing, Management & Operations	6 V+Ü	12
<b>Fachübergreifende Lehrveranstaltungen</b>		
Geschichte der Naturwissenschaften I	3 V	3
Geschichte der Naturwissenschaften II	3 V	3

Auf Antrag kann das Nebenfach auch aus Lehrveranstaltungen anderer Fachbereiche der Johannes Gutenberg-Universität Mainz, die nicht in der Modulliste genannt sind, zusammengestellt werden.

# 4 WICHTIGE BEMERKUNGEN ZUR MODULLISTE

---

## 4.1 GENERELLE BEMERKUNGEN

- 1) Im Master-Studiengang müssen mindestens 120 LP erreicht werden. Ab einer Überschreitung um 6 LP muss ein klärendes Gespräch mit einem Studienberater oder einer Studienberaterin stattfinden.
- 2) Vor Abschluss des Master-Studiums müssen alle drei Experimentalphysik 5 Vorlesungen (Ex-5a, Ex-5b, Ex-5c) gehört werden (5 Kursvorlesungen aus der Theorie erfolgreich abgeschlossen) oder zwei aus den drei (mindestens 6 Kursvorlesungen in der Theorie erfolgreich abgeschlossen). Für den Fall, dass im Bachelor-Studium nur eine Vorlesung gehört wurde wird eine entsprechende Auflage bei der Zulassung zum Master-Studium erfolgen.
- 3) Aus dem Bereich des Nichtphysikalischen Nebenfachs sind Module mit mindestens 9 LP einzubringen. Auf Antrag kann das Nichtphysikalische Fach auch aus Lehrveranstaltungen anderer Fachbereiche der Johannes Gutenberg-Universität Mainz als den in der Modulliste genannten zusammengestellt werden. Falls es nicht schon Präzedenzfälle für Fächer gegeben hat, die im Prüfungssekretariat erfragt werden können, ist im Vorfeld ein rechtzeitiges Beratungsgespräch mit der Vorsitzenden des Prüfungsausschusses erforderlich.
- 4) Das Modul „vertiefende Vorlesung“ kann durch entsprechende Punkte im Nebenfach ersetzt werden.
- 5) Wurden im Bachelor-Studium bereits alle drei Experimentalphysik 5 Vorlesungen (Ex-5a, Ex-5b, Ex-5c) gehört, so ist stattdessen eine weitere vertiefende Vorlesung zu hören.
- 6) Bei gleichwertigen Veranstaltungen wird die Mainzer LP-Zahl für Veranstaltungen anderer Universitäten anerkannt. Bei Grenzfällen können moderate Auflagen auferlegt werden.
- 7) Auf Antrag kann im Modul „Spezialvorlesung I und II“ die Spezialvorlesung II durch eine 4-stündige Kursvorlesung in der Theorie ersetzt werden.
- 8) Jede Vorlesung aus dem Modul „Spezialvorlesung I und II“ kann auch als vertiefende Vorlesung eingebracht werden. Diese Wahl muss aber bis zum Ende der 3. Anmeldephase in Jogustine getroffen werden durch Anmeldung über das Modul („Spezialvorlesung I und II“) bzw über den Kursbereich („vertiefende Vorlesung“).
- 9) Die Fachübergreifende Veranstaltung (3 LP) ist freiwillig. Als Vorlesungen bieten sich die „Geschichte der Naturwissenschaften“ oder die „Einführung in die Wissenschaftsgeschichte“ an. Anerkannt werden auch Veranstaltungen im Rahmen des „Studium Generale“ und Praktika („Sommerstudentenprogramme“) an Großforschungseinrichtungen. Sprachkurse, die nicht im Studium Generale angeboten werden, sowie Praktika in der Industrie und Forschungsinstituten können nur nach Rücksprache mit einem Studienberater oder einer Studienberaterin anerkannt werden.
- 10) Das Forschungsmodul richtet sich an Studenten, die schon während ihres Masterstudiums an weiterführenden Veranstaltungen (z.B. Graduiertenkolleg) teilnehmen möchten. Es kann anstelle des Moduls „Vertiefende Vorlesung“ gewählt werden.
- 11) Masterarbeiten außerhalb des FB 08 müssen beantragt werden. Das Erstgutachten bei externen Arbeiten in der Industrie muss durch eine Hochschullehrerin oder einen Hochschullehrer des FB 08 erstellt werden.

## 4.2 HINWEISE ZUR FORSCHUNGSPHASE

Die Forschungsphase im Masterstudiengang Physik setzt sich aus den Modulen „Spezialisierung“ (3 Monate, unbenoteter Seminarvortrag, 15 LP), „Methodenkenntnis“ (3 Monate, benotet durch Vortrag oder Portfolio, 15 LP) und „Masterarbeit“ (6 Monate, 30 LP) zusammen. Diese drei Module werden als eine Einheit angesehen und müssen zusammenhängend innerhalb eines Jahres abgeschlossen werden.

1. Die Studierenden dürfen sich zur einjährigen Forschungsphase anmelden, sofern nur noch eine Veranstaltung bis zum Erreichen der geforderten 60 LP aussteht (z.B. die Vertiefungsvorlesung, eine Spezialvorlesung oder eines der beiden Seminare). Der Beginn der Masterarbeit ist dann 6 Monate nach Start der Forschungsphase, bis zu diesem Zeitpunkt müssen mindestens 60 der in §6 Abs. 2 genannten Leistungspunkte erworben sein.
2. Da das Modul „Spezialisierung“ ein Teil der Vorbereitung zur Masterarbeit ist, kann dieses Modul nicht parallel zur 6-monatigen Masterarbeit belegt werden. Ein Wechsel des Betreuers ist einmalig vor Beginn des Moduls „Methodenkenntnis“ möglich.
3. Die Meldung zur Forschungsphase geschieht im Studienbüro Physik mit folgendem Antrag:  
[http://www.phmi.uni-mainz.de/Dateien/Anmeldeformular\\_Masterarbeit.pdf](http://www.phmi.uni-mainz.de/Dateien/Anmeldeformular_Masterarbeit.pdf).  
Vom Studienbüro aus wird die Modulanmeldung in Jogustine durchgeführt.
4. Soll die Masterarbeit in einer nicht dem zuständigen Fachbereich angehörenden Einrichtung angefertigt werden, bedarf es hierzu der Zustimmung der Vorsitzenden des Prüfungsausschusses (bitte formlosen Antrag im Studienbüro stellen).
5. Die Bearbeitungszeit kann von der Prüfungsvorsitzenden um maximal vier Wochen verlängert werden. Der Kandidat hat hierzu im Studienbüro einen formlosen begründeten Antrag zu stellen, der vom Betreuer mit unterschrieben sein muss.
6. Die Eingabe der Note des Moduls „Methodenkenntnis“ erfolgt am Ende der einjährigen Arbeit durch das Studienbüro. Die Betreuer werden gebeten, dem Studienbüro zusätzlich zum Erstgutachten auch die separate Note des Moduls „Methodenkenntnis“ zu übermitteln.
7. Bei Nichtbestehen der Masterarbeit kann dieses Modul einmal wiederholt werden. Das neue Thema der Masterarbeit muss dabei in ausreichendem Zusammenhang mit den Themen der Spezialisierung und der Methodenkenntnis stehen.

### 4.2.1 Bewertungskriterien

Es gibt einige universelle Bewertungskriterien, allerdings sind kaum alle Kriterien gleichzeitig zu erfüllen. Am wichtigsten sind die *Qualität der wissenschaftlichen Arbeit*, der *persönliche Einsatz* und *ein korrektes wissenschaftliches Verhalten*. Je besser die erwünschte Note, desto mehr Kriterien, darunter vermehrt auch solche formeller Art, sollten eingehalten werden. Die folgenden Kriterien wurden im Fachbereich zusammengestellt:

#### 1. Schriftliche Form

1.1 *Mindeststandards*: korrekte Rechtsschreibung, Grammatik und Interpunktion, korrekte Zitiertechnik, qualitativ angemessene Quellen.

1.2 *Herausragende Qualitätsmerkmale*: besondere Stilsicherheit und Klarheit des Ausdrucks, besonderes Erscheinungsbild, z.B. durch aussagekräftige, durchdachte oder aufwändige Grafiken, aktuelle, über die Standardliteratur hinausgehende Quellen.

#### 2. Logische Struktur der Arbeit

2.1 *Mindeststandards*: klare und ausgewogene Gliederung, Unterscheidung von Wichtigem und Unwichtigem, Einführung in alle relevanten für das Thema der Arbeit relevanten Sachverhalte und Begriffe.

2.2 *Herausragende Qualitätsmerkmale*: eigenständige, originelle und aktuelle Hinführung zum Thema, besonders gelungene Einordnung des Themas in den wissenschaftlichen Kontext, Darstellung von Wechselwirkungen mit anderen Forschungsgebieten oder Anwendungen, aussagekräftiger Ausblick.

#### 3. Methoden und Techniken

3.1 *Mindeststandards*: Begründung und korrekte Anwendung der verwendeten Methoden und Techniken, nachvollziehbare Dokumentation der eigenen Arbeiten (Reproduzierbarkeit), korrekte Angabe von Hilfestellungen (z.B. durch Mitarbeiter der Arbeitsgruppe).

3.2 *Herausragende Qualitätsmerkmale*: besonderer Schwierigkeitsgrad der Aufgaben/Techniken unter Berücksichtigung des Abschlusses, kritisches Hinterfragen der verwendeten Techniken und Methoden, besonders originelle und geschickte praktische Umsetzung, herausragende Eigenleistung und besonders persönlicher Einsatz.

#### 4. Ergebnisse der Arbeit

4.1 *Mindeststandards*: präzise und korrekte Beschreibung der selbst erzielten Ergebnisse, Herstellung einer klaren Verbindung zwischen Einzelleistungen und eines Bezugs zur Fragestellung bzw. zur Ausgangslage.

4.2 *Herausragende Qualitätsmerkmale*: eigenständige Untersuchung von Aspekten, die über das eigentliche Thema hinausgehen, detaillierte Diskussion verbliebener offener Fragen, kritische Reflexion der Ergebnisse und aussagekräftiger Ausblick, Bedeutsamkeit des Ergebnisses für die Entwicklung des Fachgebiets bzw. direkte Anwendung des Ergebnisses, externe Präsentation der Ergebnisse auf Fachtagungen bzw. Publikation (in Vorbereitung).



### 4.3 BEISPIEL EINES STUDIENVERLAUFPLANS

						Summe LP und SWS
4 (WS oder SS)	<b>Masterarbeit</b> Arbeit 29 LP Kolloquium 1 LP					30 LP
3 (SS oder WS)	<b>Methodenkenntnis</b> 15 LP					30 LP
	<b>Spezialisierung</b> 15 LP					
2 (WS oder SS)	<b>Vertiefungsvorlesung</b> 4 V + 1 Ü 6 LP	<b>Fortgeschrittenen-Praktikum</b> F-Praktikum 1 F-Praktikum 2	<b>Spezialvorlesung</b> Spezialvorlesung 1 3 V + 1 Ü 6 LP	<b>Seminar</b> Seminar 2 2 S 4 LP	<b>Nebenfach</b> z.B. Chemie Kernchemiepraktikum 5 P 5 LP	31 LP 23 SWS
1 (SS oder WS)	<b>Experimentalphysik</b> 3 V + 1 Ü 6 LP	<b>Theoretische Physik</b> 4 V + 2 Ü 9 LP	Spezialvorlesung 2 3 V + 1 Ü 6 LP	Seminar 2 2 S 4 LP	Einführung in die Kernchemie 2 V + 1 Ü 4 LP	29 LP 19 SWS
	Experimentalphysik	Theoretische Physik	Spezialvorlesung	Vertiefungsvorlesung		120 LP
	Forschungsphase	Fortgeschrittenenpraktikum	Seminar	Nebenfach		

## 5 DETAILIERTE MODULBESCHREIBUNGEN MIT LEHRVERANSTALTUNGEN

### 5.1 EXPERIMENTALPHYSIK

Modul Experimentalphysik: „Atom- und Quantenphysik“					
Kennnummer: 08.128.050		Arbeitsaufwand	Moduldauer	Regelsemester	Leistungspunkte
		180 h	1 Semester	1. Semester	6 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen		Kontaktzeit	Selbststudium	Leistungspunkte
	<b>Vorlesung und Übung</b> <b>„Atom- und Quantenphysik“ (WP)</b>			138 h	6 LP
	<b>Vorlesung (WP)</b>		3 SWS/31,5 h		
	<b>Übung (WP)</b>		1 SWS/10,5 h		
2.	Gruppengrößen				
	Vorlesung: unbegrenzt				
	Übung: 20				
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen				
	Die Studierenden sollen				
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• grundlegende Kenntnisse der Physik der Atome, Moleküle und Quanten erlangen,</li> <li>• Aufbau von Atomen und einfachen Molekülen sowie deren Wechselwirkung mit Quanten verstehen,</li> <li>• quantenmechanisches Wissen an praktischen Beispielen einsetzen und vertiefen sowie</li> <li>• Einblick erhalten in moderne Verfahren der Atomphysik, Spektroskopie und Manipulation von Quantensystemen mit kohärenter Strahlung</li> </ul>				
4.	Inhalte				
	Tiefgehende Einführung in die experimentelle Quantenphysik von Atomen und Molekülen und deren Wechselwirkung mit Licht. Die starke Verbindung zwischen Theorie und Experiment in diesem Feld wird erläutert und kann durch die Einbindung von Gastvorlesungen deutlich gemacht werden.				
	Die Veranstaltung umfasst die folgenden Themen:				
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Relativistische Effekte und Dirac Gleichung Wasserstoffatom, Einflüsse des Kerns, Atome in äußeren Feldern</li> <li>• Atome in Laserfeldern – Licht-Materie-Wechselwirkung, kohärente und spontane Streuprozesse</li> <li>• Mehrelektronensysteme, Grundlagen der Laserspektroskopie</li> <li>• Manipulation und Fallen für neutrale Atome, Moleküle und Ionen, Ramsey-Methode, Atomuhr</li> <li>• Grundlagen der Molekülphysik</li> </ul>				
5.	Verwendbarkeit des Moduls				
	BSc. Physik, MSc. Physik, MSc. Mathematik				
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme				
	Theoretische Physik 3 „Quantenmechanik“, Experimentalphysik 3 „Wellen- und Quantenphysik“				
7.	Zugangsvoraussetzung(en)				
8.	Leistungsüberprüfungen				
	8.1. Aktive Teilnahme				
	Erfolgreiches Bearbeiten der Übungsaufgaben				
	8.2. Studienleistung(en)				
	8.3. Modulprüfung				
	Klausur (Umfang 120 Min., Bearbeitungszeit maximal 180 Min.) oder mündliche Prüfung (30 Min.)				
9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen				
	6/120				
10.	Häufigkeit des Angebots				

## Modul Experimentalphysik: „Atom- und Quantenphysik“

	Jährlich im Wintersemester
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtlich Lehrende Modulbeauftragte: Prof. Dr. F. Schmidt-Kaler, Prof. Dr. K. Wendt Lehrende: Dozentinnen und Dozenten der Experimentalphysik
12.	Sonstige Informationen Sprache: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Deutsch oder auf Wunsch Englisch</li> </ul> Literatur: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Physics of Atoms and Molecules, B.H. Bransden &amp; C.J. Joachain</li> <li>• Atom- und Quantenphysik, H. Haken &amp; H.C. Wolf</li> <li>• Experimentalphysik 3: Atome, Moleküle und Festkörper, Demtröder</li> <li>• speziellere Fachliteratur</li> </ul>

## Modul Experimentalphysik: „Kern- und Elementarteilchenphysik“

Kennnummer: 08.128.055		Arbeitsaufwand	Moduldauer	Regelsemester	Leistungspunkte
		180 h	1 Semester	1. Semester	6 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen	Kontaktzeit	Selbststudium	Leistungspunkte	
	<b>Vorlesung und Übung</b> <b>„Kern- und Elementarteilchenphysik“ (WP)</b>		138 h	6 LP	
	<b>Vorlesung (WP)</b>	3 SWS/31,5 h			
	<b>Übung (WP)</b>	1 SWS/10,5 h			
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übung: 20				
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen Die Studierenden sollen u.a.: <ul style="list-style-type: none"> <li>• grundlegende Kenntnisse der Physik der elementaren Bausteine der Materie, der daraus aufgebauten Mesonen, Baryonen und Kerne und der entsprechenden fundamentalen und effektiven Wechselwirkungen gewinnen,</li> <li>• die Bedeutung von Streureaktionen, Symmetrien, Modellbildungen bei komplexen Systemen und erstmals Methoden der Störungsrechnung (Feynman-Diagramme) beispielhaft verstehen,</li> </ul> das gegenwärtige Bild des Aufbaus der Materie begreifen und entsprechende Schlüsselexperimente nachvollziehen.				
4.	Inhalte Die Veranstaltung umfasst die folgenden Themen: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Eigenschaften, Stabilität, Aufbau, Gestalt und Anregungen von Kernen, Kernkräfte;</li> <li>• elastische, inelastische und tiefinelastische Streureaktionen;</li> <li>• starke, schwache und elektro-schwache Wechselwirkungen;</li> <li>• Einführung in das Standardmodell der Teilchenphysik;</li> <li>• ep, pp und <math>e^+e^-</math> Reaktionen; gebundene Zustände (Quarkonia, Mesonen, Baryonen);</li> <li>• Bedeutung von Symmetrien für die Klassifikation von Teilchen und Reaktionen.</li> </ul>				
5.	Verwendbarkeit des Moduls BSc. Physik, MSc. Physik, MSc. Mathematik				
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme				
7.	Zugangsvoraussetzung(en)				

## Modul Experimentalphysik: „Kern- und Elementarteilchenphysik“

8.	Leistungsüberprüfungen
	8.1. Aktive Teilnahme
	Erfolgreiches Bearbeiten der Übungsaufgaben
	8.2. Studienleistung(en)
	8.3. Modulprüfung
	Klausur (Umfang 120 Min., Bearbeitungszeit maximal 180 Min.) oder mündliche Prüfung (30 Min.)
9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen
	6/120
10.	Häufigkeit des Angebots
	Jedes Semester
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtlich Lehrende
	Modulbeauftragte: Prof. Dr. L. Köpke, Prof. Dr. J. Arends
	Lehrende: Dozentinnen und Dozenten der experimentellen Teilchen-, Hadronen- und Kernphysik
12.	Sonstige Informationen
	Sprache: Deutsch oder – auf Wunsch – Englisch
	Literatur:
	- <a href="https://doi.org/10.1007/978-3-642-37822-5">Povh, Rith, Scholz „Teilchen und Kerne“ (DOI: 10.1007/978-3-642-37822-5)</a>
	- Diverse andere Lehrbücher zur Kern- und Teilchenphysik

## Modul Experimentalphysik: „Physik kondensierter Materie“

Kennnummer: 08.128.060		Arbeitsaufwand	Moduldauer	Regelsemester	Leistungspunkte
		180 h	1 Semester	1. Semester	6 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen	Kontaktzeit	Selbststudium	Leistungspunkte	
	<b>Vorlesung und Übung</b> <b>„Physik kondensierter Materie“ (WP)</b>		138 h	6 LP	
	<b>Vorlesung (WP)</b>	3 SWS/31,5 h			
	<b>Übung (WP)</b>	1 SWS/10,5 h			
2.	Gruppengrößen	Vorlesung: unbegrenzt Übung: 20			
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen	<p>Nach Abschluss des Moduls „Physik der kondensierten Materie“ sollen die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>wichtige Kenntnisse zum Zusammenspiel der Komponenten und Zustände kondensierter Materie, sowie der elementaren Anregungen, bis hin zur Funktion in komplexen Zusammenhängen besitzen und</li> <li>wesentliche Elemente und Konzepte der Quantenmechanik und Statistischer Mechanik heranziehen können, um die Vielkörpurnatur der Erscheinungen zu beschreiben.</li> </ul> <p>Die Vorlesung legt die Grundlagen zu einem umfassenden Verständnis materialwissenschaftlicher Fragen und zur Erklärung der Effekte, auf denen zahllose technische Anwendungen der modernen Physik kondensierter Materie beruhen.</p>			
4.	Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Strukturänderungsprozesse:</b> Modellsysteme, Nukleation, Wachstum, Glasübergang</li> <li><b>Elektronen im Festkörper:</b> Ein-Elektronen-Modelle, freies Elektronengas, Bändermodell, Halbleiter, spezifische Wärme von Metallen, anharmonische Effekte, Wärmeleitung</li> <li><b>Korrelierte Elektronensysteme:</b> Magnetismus, Supraleitung, schwere Fermionen</li> <li><b>Anwendungen:</b> Oberflächen, Spektroskopie</li> </ul>			

## Modul Experimentalphysik: „Physik kondensierter Materie“

5.	Verwendbarkeit des Moduls BSc. Physik, MSc. Physik, MSc. Mathematik
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme
7.	Zugangsvoraussetzung(en)
8.	Leistungsüberprüfungen <i>8.1. Aktive Teilnahme</i> Erfolgreiches Bearbeiten der Übungsaufgaben <i>8.2. Studienleistung(en)</i>  <i>8.3. Modulprüfung</i> Klausur (Umfang 120 Min., Bearbeitungszeit maximal 180 Min.) oder mündliche Prüfung (30 Min.)
9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen 6/120
10.	Häufigkeit des Angebots Jedes Semester
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtlich Lehrende Modulbeauftragte: Prof. Dr. Th. Palberg, Prof. Dr. G. Schönhense Lehrende: Dozenten und Dozentinnen aus dem Bereich der experimentellen kondensierten Materie
12.	Sonstige Informationen Sprache: - Deutsch oder – auf Wunsch - Englisch Literatur: Lehrbücher der Festkörperphysik: Ibach-Lüth, Kittel

## 5.2 THEORETISCHE PHYSIK

Modul Theoretische Physik: „Höhere Quantenmechanik“					
Kennnummer: 08.128.151		Arbeitsaufwand	Moduldauer	Regelsemester	Leistungspunkte
		270 h	1 Semester	1. Semester	9 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen		Kontaktzeit	Selbststudium	Leistungspunkte
	<b>Vorlesung und Übung „Höhere Quantenmechanik“ (WP)</b>			207 h	9 LP
	<b>Vorlesung (WP)</b>		4 SWS/42 h		
	<b>Übung (WP)</b>		2 SWS/21 h		
2.	Gruppengrößen	Vorlesung: unbegrenzt Übung: 20			
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen	Das Ziel dieser Vorlesung ist es, die Studierenden mit fortgeschrittenen Methoden der Quantenmechanik vertraut zu machen. In diesem Zusammenhang werden die zweite Quantisierung und die relativistische Quantenmechanik behandelt. Die Studierenden werden hierdurch näher an aktuelle Forschungsfelder herangeführt. Im letzten Drittel der Vorlesung setzen die Dozentin oder der Dozent einen Themenschwerpunkt.			
4.	Inhalte	<p><b>Vielteilchensysteme:</b> Vielteilchen-Schrödingergleichung, zweite Quantisierung für Bosonen und Fermionen, Fock-Raum und Erzeugungs- und Vernichtungsoperatoren, Hartree-Fock-Näherung, nicht-relativistische Materie in Wechselwirkung mit dem Strahlungsfeld (z. B. Emission und Absorption von Photonen durch Atome, Streuung von Photonen an Atomen).</p> <p><b>Relativistische Quantenmechanik:</b> Klein-Gordon und Dirac-Gleichung, zu- gehörige Lagrange-Dichten, Ankopplung an das Strahlungsfeld, Anwendungen z.B. Wasserstoffatom.</p> <p>Weitere vertiefende Themen variieren je nach Dozenten/Dozentin. Mögliche Gebiete sind: <input type="checkbox"/> Einführung in den Formalismus der Pfadintegrale, <input type="checkbox"/> Vertiefung Gruppentheorie (Poincaré-Gruppe, Darstellungstheorie, Wigner-Eckart Theorem, Spinordarstellungen), Quantenoptik, <input type="checkbox"/> Beispiele aus der Vielteilchentheorie.</p>			
5.	Verwendbarkeit des Moduls	BSc. Physik, MSc. Physik			
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme				
7.	Zugangsvoraussetzung(en)				
8.	Leistungsüberprüfungen	<p><b>8.1. Aktive Teilnahme</b> Erfolgreiches Bearbeiten der Übungsaufgaben</p> <p><b>8.2. Studienleistung(en)</b></p> <p><b>8.3. Modulprüfung</b> Klausur (Umfang 120 Min., Bearbeitungszeit maximal 180 Min.) oder mündliche Prüfung (30 Min.)</p>			
9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen	9/120			
10.	Häufigkeit des Angebots	Jedes Semester			
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtlich Lehrende	Modulbeauftragte: Prof. Dr. S. Weinzierl Lehrende: Dozenten und Dozentinnen der Theoretischen Physik			

## Modul Theoretische Physik: „Höhere Quantenmechanik“

12. Sonstige Informationen
Sprache: - Deutsch – oder auf Wunsch - Englisch Literatur: Lehrbücher der Theoretischen Physik, z.B. F. Schwabl, Quantenmechanik für Fortgeschrittene, J.J. Sakurai, Advanced Quantum Mechanics, J.D. Bjorken und S.D. Drell, Relativistische Quantenmechanik.

## Modul Theoretische Physik: „Relativistische Quantenfeldtheorie“

Kennnummer: 08.128.165	Arbeitsaufwand	Moduldauer	Regelsemester	Leistungspunkte
	270 h	1 Semester	1. Semester	9 LP
1. Lehrveranstaltungen/Lehrformen		Kontaktzeit	Selbststudium	Leistungspunkte
<b>Vorlesung und Übung „Relativistische Quantenfeldtheorie“ (WP)</b>			207 h	9 LP
<b>Vorlesung (WP)</b>		4 SWS/42 h		
<b>Übung (WP)</b>		2 SWS/21 h		
2. Gruppengrößen	Vorlesung: unbegrenzt Übung: 20			
3. Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen	Die relativistische Quantenfeldtheorie bildet die Grundlage für das Standardmodell der Teilchenphysik und ist für ein Verständnis der modernen Teilchen- und Hadronenphysik unabdingbar. Diese Vorlesung richtet sich an theoretisch interessierte Studierende, die in das Gebiet der Teilchen- und Hadronenphysik einsteigen möchten. Die Vorlesung vermittelt Grundkenntnisse in der relativistischen Quantenfeldtheorie, auf die spätere spezielle bzw. vertiefende Vorlesungen aufbauen können.			
4. Inhalte	Pfadintegrale, Grassmannzahlen, Quantisierung des Klein-Gordon-, Dirac- und Maxwell-Feldes, wechselwirkende Felder, Wicksches Theorem, Feynmanregeln, Wirkungsquerschnitte, S-Matrix, LSZ-Reduktionsformel, Grundzüge und Ausblick auf nichtabelsche Eichtheorien und spontane Symmetriebrechung.			
5. Verwendbarkeit des Moduls	MSc. Physik			
6. Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme				
7. Zugangsvoraussetzung(en)				
8. Leistungsüberprüfungen	8.1. Aktive Teilnahme Erfolgreiches Bearbeiten der Übungsaufgaben 8.2. Studienleistung(en) 8.3. Modulprüfung Klausur (Umfang 120 Min., Bearbeitungszeit maximal 180 Min.) oder mündliche Prüfung (30 Min.)			
9. Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen	9/120			
10. Häufigkeit des Angebots				

## Modul Theoretische Physik: „Relativistische Quantenfeldtheorie“

	Jedes Semester
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtlich Lehrende Modulbeauftragte: Prof. Dr. S. Weinzierl Lehrende: Dozenten und Dozentinnen der theoretischen Physik
12.	Sonstige Informationen Sprache: - Englisch Literatur: Lehrbücher der Theoretischen Physik, z.B. - M.E. Peskin und D.V. Schroeder, An Introduction to Quantum Field Theory. - M.D. Schwartz, Quantum Field Theory and the Standard Model

## Modul Theoretische Physik: „Höhere Statistische Physik“

Kennnummer: 08.128.170		Arbeitsaufwand	Moduldauer	Regelsemester	Leistungspunkte
		270 h	1 Semester	1. Semester	9 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen	Kontaktzeit	Selbststudium	Leistungspunkte	
	<b>Vorlesung und Übung</b> <b>„Statistische Theorie der kondensierten Materie“ (WP)</b>		207 h	9 LP	
	<b>Vorlesung (WP)</b>	4 SWS/42 h			
	<b>Übung (WP)</b>	2 SWS/21 h			
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übung: 20				
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen Erlernen fortgeschrittener Konzepte und Anwendungen der statistischen Physik. Erlernen zentraler Konzepte der Physik von Systemen und Materialien, deren Verhalten von großen Fluktuationen dominiert ist, wie z.B. alle Flüssigkeiten, viele Kunststoffe, Membranen, und die meisten Biomaterialien, aber auch Systeme außerhalb der Naturwissenschaften (z.B. Börse). Der Schwerpunkt soll auf allgemeinen Prinzipien liegen, die übergreifende Bedeutung haben, wie etwa Symmetrien, kooperative Prozesse und Phasenübergänge, Skalen und Skalenfreiheit, und das Konzept der Vergrößerung. Die konkreten Materialbeispiele orientieren sich an der Forschung in Mainz und stammen zum größeren Teil aus dem Bereich der „weichen Materie“.				
4.	Inhalte 1) Grundlagen einer statistischen Beschreibung komplexer Systeme im Gleichgewicht und Nichtgleichgewicht: Lineare Antwort und Transport, stochastische Prozesse, Struktur und Streuung; 2) Modellbildung: Symmetrien und Erhaltungssätze, Konzepte der Vergrößerung (Reduktion von Freiheitsgraden), Dynamik: Newtonsche Mechanik, Brownsche Dynamik, Grundbegriffe der Hydrodynamik bei niedrigen Reynoldszahlen, Simulationsmethoden; 3) Phasenübergänge, Mean-Field Ansätze, Landau-Theorie, Fluktuationen und kritische Exponenten, Skaleninvarianz und Renormierung, evtl. Grundbegriffe der statistischen Feldtheorie. 4) Konzepte der Polymerphysik, Polymermodelle, ideale und reale Ketten, Skaleninvarianz und Blob-Konzept, Polymerdynamik (Rouse, Zimm, Reptation), Polymermischungen und Flory-Huggins Theorie, evtl. Grundbegriffe der Feldtheorie für Polymere. Weitere Themen orientieren sich an den Präferenzen der Dozenten. Möglichkeiten sind etwa: Eine vertiefte Behandlung von Nichtgleichgewichtsthermodynamik, stochastische Thermodynamik. Ungeordnete Systeme und Gläser. Statistische Physik komplexer weicher Materialien (z.B. selbstassemblierende Systeme, Membranen, Flüssigkristalle, kolloidale Systeme, geladene Systeme, verschlaufte Systeme, Biomoleküle, Biomaterialien). Interdisziplinäre Anwendungen der statistischen Physik (z.B. Finanzphysik)				



## Modul Theoretische Physik: „Höhere Statistische Physik“

5.	Verwendbarkeit des Moduls MSc. Physik
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme
7.	Zugangsvoraussetzung(en)
8.	Leistungsüberprüfungen 8.1. <i>Aktive Teilnahme</i> Erfolgreiches Bearbeiten der Übungsaufgaben 8.2. <i>Studienleistung(en)</i>  8.3. <i>Modulprüfung</i> Klausur (Umfang 120 Min., Bearbeitungszeit maximal 180 Min.) oder mündliche Prüfung (30 Min.)
9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen 9/120
10.	Häufigkeit des Angebots Mindestens einmal im Jahr
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtlich Lehrende Modulbeauftragte: Prof. Dr. F. Schmid Lehrende: Dozenten und Dozentinnen der Theoretischen Physik
12.	Sonstige Informationen Sprache: - Deutsch – oder auf Wunsch - Englisch Literatur: Chaikin/Lubensky: Principles of Condensed Matter Physics. Plischke/Bergersen: Equilibrium Statistical Physics. Landau-Lifshitz: Theoretische Physik Band V und IX. Goldenfeld: Lectures on phase transitions and the renormalization group. Paul/Baschnagel: Stochastic processes. From physics to finance. Risken: The Fokker-Planck equation. Guyon, Hulin, Petit, Mitsu: Physical Hydrodynamics. de Gennes: Scaling Concepts in Polymer Physics. Doi/Edwards: The Theory of Polymer Dynamics. Grosberg/Khokhlov: Statistical Mechanics of Macromolecules. Rubinstein/Colby: Polymer Physics

## Modul Theoretische Physik: „Theoretische Quantenoptik und Vielteilchenphysik“

Kennnummer: 08.128.175		Arbeitsaufwand	Moduldauer	Regelsemester	Leistungspunkte
		Präsenzstudium 63 h	1 Semester	1. Fachsemester	9 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen		Kontaktzeit	Selbststudium	Leistungspunkte
	<b>Vorlesung und Übung</b> <b>„Theoretische Quantenoptik und Vielteilchenphysik“ (WP)</b>			207 h	9 LP
	<b>Vorlesung (WP)</b>		4 SWS		
	<b>Übung (WP)</b>		2 SWS		
2.	Gruppengrößen				
	Vorlesung: unbegrenzt Übung: 20				
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen				

## Modul Theoretische Physik: „Theoretische Quantenoptik und Vielteilchenphysik“

	<p>Die Studierenden sollen nach Abschluss des Moduls u.a.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• fortgeschrittene Methoden der Theoretischen Quantenphysik anwenden können,</li> <li>• mit der Interpretation, Untersuchung und Formulierung von Quantenfeldtheorien vertraut sein,</li> <li>• die wichtigsten Phänomene und Modelle der Vielteilchentheorie und der Theoretischen Quantenoptik kennen.</li> </ul> <p>Die Studierenden werden durch das Modul näher an aktuelle Forschungsfelder herangeführt.</p>
4.	<p>Inhalte</p> <p>Die Vorlesung bietet eine tiefgehende theoretische Einführung in die überlappenden Felder der theoretischen Vielteilchenphysik, der Quantenoptik und der Festkörpertheorie. Sie gibt ebenfalls einen Einstieg in die aktuellen Themen der Quanteninformationsverarbeitung, ultrakalte Quantengase und Photonik. Die starke Verbindung zwischen Theorie und Experiment in diesen Bereichen wird durch gelegentliche, ergänzende Gastvorlesungen zu ausgewählten experimentellen Themen deutlich gemacht.</p> <p>Auswahl der Themen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung: die Einteilchen- und die Vielteilchen-Schrödinger-Gleichung, der Spin und seine physikalischen Konsequenzen, Fermionen und Bosonen, Green-Funktionen</li> <li>• Vielteilchentheorie: Erzeugungs- und Vernichtungsoperatoren, Observablen, Quantenfeldtheorie, Anwendungen (wechselwirkendes Fermi-Gas, wechselwirkendes Bose-Gas, ultrakalte Quantengase, <math>^4\text{He}</math>), Kohärente Zustände, Pfadintegrale</li> <li>• Die Quantentheorie des Strahlungsfeldes: das klassische Maxwell-Feld, Lagrange- und Hamilton-Formalismus, Quantisierung des Strahlungsfeldes, Wechselwirkung des quantisierten Strahlungsfeldes mit Materie, Casimir-Effekt, Rayleigh- und Thomson-Streuung, Raman-Effekt</li> <li>• Quantenoptik: Photonenstatistik, Photon antibunching, kohärente Zustände, gequetschtes Licht, Fock-Zustände, Atome in optischen Resonatoren, Quanteninformation (Kryptographie, Rechner, Teleportation)</li> <li>• Methoden und Modelle der Quantenoptik: kohärente Wechselwirkungen, Operatoren, Operatoridentitäten und Basiszustände, Quantenstatistik, charakteristische Funktionen, Quasiwahrscheinlichkeitsverteilungen, dissipative Prozesse, Spin-Boson-Modell, Mastergleichungen, dressed states.</li> </ul>
5.	<p>Verwendbarkeit des Moduls</p> <p>MSc. Physik</p>
6.	<p>Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme</p> <p>Kenntnisse auf dem Niveau der Lehrveranstaltungen Theoretische Physik 1-5 des Bachelor-Studiengangs</p>
7.	<p>Zugangsvoraussetzung(en)</p> <p>abgeschlossenes Bachelor-Studium</p>
8.	<p>Leistungsüberprüfungen</p> <p>8.1. <i>Aktive Teilnahme</i></p> <p>Erfolgreiches Bearbeiten der Übungsaufgaben</p> <p>8.2. <i>Studienleistung(en)</i></p> <p>8.3. <i>Modulprüfung</i></p> <p>Klausur (Umfang 120 Min., Bearbeitungszeit maximal 180 Min.) oder mündliche Prüfung (30 Min.)</p>
9.	<p>Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen</p> <p>9/120</p>
10.	<p>Häufigkeit des Angebots</p> <p>Jährlich im Wintersemester</p>
11.	<p>Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtlich Lehrende</p> <p>Modulbeauftragte: Prof. Dr. P. van Dongen, Prof. Dr. P. van Loock</p> <p>Lehrende: Dozenten und Dozentinnen aus dem Bereich der Theorie der „harten“ Kondensierten Materie und der Theoretischen Quantenoptik</p>
12.	<p>Sonstige Informationen</p>

## Modul Theoretische Physik: „Theoretische Quantenoptik und Vielteilchenphysik“

Sprache:

- Deutsch oder Englisch

Literatur:

- *F. Schwabl*, Quantenmechanik für Fortgeschrittene, Springer-Verlag, Berlin, 1997.
- *J. J. Sakurai*, Advanced Quantum Mechanics, Addison Wesley, Reading, 1967.
- *S. M. Barnett, P.M. Radmore*, Methods in Theoretical Quantum Optics, Oxford Univ. Press, Oxford, 2002.
- *M. Fox*, Quantum Optics, Oxford Univ. Press, Oxford, 2006.
- *M. A. Nielsen, I. L. Chuang*, Quantum Computation and Quantum Information, Cambridge Univ. Press, Cambridge, 2000.
- *M. Lewenstein, A. Sanpera, V. Ahufinger*, Ultracold atoms in optical lattices, Oxford Univ. Press, Oxford, 2012.
- *J. W. Negele, H. Orland*, Quantum Many-particle Systems, Perseus Books, New York, 1994.
- *R. Loudon*, The Quantum Theory of Light, Oxford Univ. Press, Oxford, 2000.

## 5.3 PRAKTIKA UND SEMINARE

Modul Fortgeschrittenen Praktikum					
Kennnummer: M.08.128.620		Arbeitsaufwand	Moduldauer	Regelsemester	Leistungspunkte
		300 h	1 Semester	2. Semester	10 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen		Kontaktzeit	Selbststudium	Leistungspunkte
	<b>a) Fortgeschrittenen Praktikum Teil 1 (P)</b>		4 SWS/42 h	108 h	5 LP
	<b>b) Fortgeschrittenen Praktikum Teil 2 (P)</b>		4 SWS/42 h	108 h	5 LP
2.	Gruppengrößen				
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen				
	Die Studierenden sollen fortgeschrittenes experimentelles Arbeiten in experimentellen und numerisch-theoretischen Bereichen der Physik vertiefen. Dies wird in der Durchführung anspruchsvoller, i.d.R. mehrtägiger Versuche in Zweiergruppen unter Betreuung von erfahrenen Assistenten eingeübt. Dabei werden i. A. komplexe Messdatenerfassungssysteme und Computer-unterstützte Auswertungsverfahren verwendet. Im Vergleich zum Fortgeschrittenen-Praktikum des Bachelor-Studiengangs liegt größeres Gewicht auf der Selbständigkeit.				
4.	Inhalte				
	In Teil 1 und Teil 2 müssen insgesamt an 10 Tagen Versuche durchgeführt werden. <i>Teil 1:</i> 2-3 zweitägige Versuche aus den Bereichen: Atomphysik, Quantenoptik, Kernphysik, Elementarteilchenphysik, Festkörperphysik, Detektoren und Teilchennachweis, sowie Atmosphärenphysik <i>Teil 2:</i> an den verbleibenden Versuchstagen können weitere Versuche oder Projekte/Großversuche in einer experimentellen oder theoretischen Arbeitsgruppe nach Wahl durchgeführt werden.				
5.	Verwendbarkeit des Moduls				
	MSc. Physik				
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme				
7.	Zugangsvoraussetzung(en)				
8.	Leistungsüberprüfungen				
	8.1. Aktive Teilnahme				
	8.2. Studienleistung(en)				

## Modul Fortgeschrittenen Praktikum

	8.3. Modulprüfung Portfolio über die Versuche von Teil 1 und Teil 2
9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen 10/120
10.	Häufigkeit des Angebots Jedes Semester
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtlich Lehrende Modulbeauftragte: Prof. Dr. H.-J. Arends Lehrende: Alle Professor(inn)en und Dozent(inn)en der Physik
12.	Sonstige Informationen Sprache: - Deutsch oder Englisch Literatur: Versuchsanleitungen mit spezieller Literaturangabe

## Modul Seminare

Kennnummer: M.08.128.630		Arbeitsaufwand	Moduldauer	Regelsemester	Leistungspunkte
		300 h	2 Semester	1. Semester	8 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen	Kontaktzeit	Selbststudium	Leistungspunkte	
	<b>a) Seminar 1 (P)</b>	2 SWS/21 h	99 h	4 LP	
	<b>b) Seminar 2 (P)</b>	2 SWS/21 h	99 h	4 LP	
2.	Gruppengrößen				
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen Ziel der Seminare ist das Erlernen und Üben von Vortragskompetenz an Hand der Vorstellung von aktuellen Themen moderner Physik. Im Zentrum stehen <ul style="list-style-type: none"> <li>• das Erlernen und Üben von Präsentationstechniken und Vortragskompetenz und</li> <li>• die Auseinandersetzung mit den physikalischen Inhalten.</li> </ul> Im zweiten Teil des Seminars erfolgt eine vertiefende Auseinandersetzung mit aktuellen Fragestellungen der physikalischen Forschung.				
4.	Inhalte a) Studentische Vorträge über Themen aus einem breiten Spektrum moderner experimenteller und theoretischer Physik. b) Studentische Vorträge mit speziellen, aktuellen Themen aus den experimentellen oder theoretischen Arbeitsgebieten des Fachbereichs. Es werden i.d.R. mehrere Seminare mit experimentellen oder theoretischen Themenschwerpunkten aus den Bereichen Atomphysik, Kondensierte Materie und Kern- und Teilchenphysik zur Auswahl angeboten.				
5.	Verwendbarkeit des Moduls MSc. Physik				
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme				
7.	Zugangsvoraussetzung(en)				
8.	Leistungsüberprüfungen				

Modul Seminare	
8.1. Aktive Teilnahme	Besuch aller Seminarveranstaltungen
8.2. Studienleistung(en)	
8.3. Modulprüfung	Die Benotung beruht jeweils auf den Vorträgen in Seminar 1 und Seminar 2 (Modulteilprüfungen)
9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen 8/120
10.	Häufigkeit des Angebots Jedes Semester
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtlich Lehrende Modulbeauftragte: Prof. Dr. H.-J. Arends Lehrende: Alle Professor(inn)en und Dozent(inn)en der Physik
12.	Sonstige Informationen Sprache: - Deutsch oder Englisch

## 5.4 SPEZIAL- UND VERTIEFUNGSVORLESUNGEN

### 5.4.1 Physik kondensierter Materie

Modul Spezialvorlesung I und II: „Ausgewählte Kapitel der Festkörperphysik“					
Kennnummer: 08.128.720		Arbeitsaufwand	Moduldauer	Regelsemester	Leistungspunkte
		180 h	1 Semester	1. Semester	6 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen	Kontaktzeit	Selbststudium	Leistungspunkte	
	<b>Vorlesung und Übung</b> <b>„Ausgewählte Kapitel der Festkörperphysik“ (WP)</b>		138 h	6 LP	
	<b>Vorlesung (WP)</b>	3 SWS/31,5 h			
	<b>Übung (WP)</b>	1 SWS/10,5 h			
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übung: 20				
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen Die Studierenden sollen an einige speziellere Probleme moderner Physik kondensierter Materie herangeführt werden, um die Basis für die Befassung mit forschungsnahen Themen (in Spezialvorlesung II und Vertiefende Vorlesung) zu schaffen. Magnetismus und Supraleitung beruhen auf dem korrelierten Verhalten der Festkörperelektronen und bilden die Basis moderner Elektronik und Informationstechnologie. Oberflächenphysik ist etwa für ein vertieftes Verständnis von Miniaturisierungsprozessen aber auch bei der Entwicklung von neuen diagnostischen Methoden sehr wichtig. Weiche Materie mit ihrer inneren Struktur und ihren verblüffenden Eigenschaften bildet stark expandierendes Feld von Anwendungen in unmittelbarem Kontakt auch zu anderen Disziplinen wie Chemie, Biologie und Medizin. Durch die Beschäftigung mit einem oder mehreren dieser speziellen Problemfelder soll eine gute Grundlage geschaffen werden, um eine Masterarbeit im Bereich Physik Kondensierter Materie erfolgreich durchführen zu können.				
4.	Inhalte Je nach Dozent erfolgt eine Schwerpunktsetzung auf die Themen Magnetismus, Oberflächenphysik, Supraleitung, schwere Fermionen, angewandte Festkörperphysik, Weiche Materie.				

Modul Spezialvorlesung I und II: „Ausgewählte Kapitel der Festkörperphysik“	
5.	Verwendbarkeit des Moduls MSc. Physik
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme Kenntnisse auf dem Niveau des Moduls Experimentalphysik 5c "Physik kondensierter Materie" des Bachelor-Studiengangs
7.	Zugangsvoraussetzung(en)
8.	Leistungsüberprüfungen 8.1. <i>Aktive Teilnahme</i> Erfolgreiches Bearbeiten der Übungsaufgaben 8.2. <i>Studienleistung(en)</i>  8.3. <i>Modulprüfung</i> Gemeinsame mündliche Prüfung (30-45 Min.) über beide Spezialvorlesungen
9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen 6/120
10.	Häufigkeit des Angebots Jedes Sommersemester
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtlich Lehrende Modulbeauftragte: Prof. Dr. T. Palberg, Prof. Dr. M. Kläui Lehrende: Dozenten und Dozentinnen aus dem Bereich der experimentellen kondensierten Materie
12.	Sonstige Informationen Sprache: - Deutsch – oder auf Wunsch - Englisch Literatur: Lehrbücher der Physik kondensierter Materie, Sommerschulprogramme, forschungsnahe Veröffentlichungen

Modul Spezialvorlesung I und II: „Moderne Methoden der Physik kondensierter Materie“					
Kennnummer: 08.128.721		Arbeitsaufwand	Moduldauer	Regelsemester	Leistungspunkte
		180 h	1 Semester	1. Semester	6 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen		Kontaktzeit	Selbststudium	Leistungspunkte
	<b>Vorlesung und Übung</b> <b>„Moderne Methoden der Physik kondensierter Materie“ (WP)</b>			138 h	6 LP
	<b>Vorlesung (WP)</b>		3 SWS/31,5 h		
	<b>Übung (WP)</b>		1 SWS/10,5 h		
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übung: 20				
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen				

## Modul Spezialvorlesung I und II: „Moderne Methoden der Physik kondensierter Materie“

	Den Studierenden sollen mittels einer Auswahl wichtiger experimenteller Techniken zur Untersuchung kondensierter Materie die physikalischen Grundlagen und speziellen Aspekte moderner Methoden der Materialforschung nahe gebracht werden. Hierzu können spektroskopische Methoden, Streumethoden, moderne Mikroskopieverfahren, Rastersondentechniken aber auch anwendungsnahe Materialanalyse gehören, genauso wie Probenpräparationstechniken und Herstellungsverfahren. An einem oder an mehreren dieser Themen soll ein vertieftes Verständnis für ein forschungsnahes Spezialgebiet der kondensierten Materie entstehen, das eine gute Grundlage darstellt, um auf einem verwandten Gebiet der Physik eine Masterarbeit erfolgreich durchführen zu können.
4.	Inhalte Je nach Dozentin oder Dozent erfolgt eine Schwerpunktsetzung auf die Themen spektroskopische Methoden, Streumethoden, moderne Mikroskopieverfahren, Rastersondentechniken, anwendungsnahe Materialanalyse, Probenpräparationstechniken, Herstellungsverfahren.
5.	Verwendbarkeit des Moduls MSc. Physik
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme Kenntnisse auf dem Niveau des Moduls Experimentalphysik 5c "Physik kondensierter Materie" des Bachelor-Studiengangs
7.	Zugangsvoraussetzung(en)
8.	Leistungsüberprüfungen <i>8.1. Aktive Teilnahme</i> Erfolgreiches Bearbeiten der Übungsaufgaben <i>8.2. Studienleistung(en)</i> <i>8.3. Modulprüfung</i> Gemeinsame mündliche Prüfung (30-45 Min.) über beide Spezialvorlesungen
9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen 6/120
10.	Häufigkeit des Angebots Jedes Wintersemester
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtlich Lehrende Modulbeauftragte: Prof. Dr. T. Palberg, Prof. Dr. M. Kläui Lehrende: Dozenten und Dozentinnen aus dem Bereich der experimentellen kondensierten Materie
12.	Sonstige Informationen Sprache: - Deutsch – oder auf Wunsch - Englisch Literatur: Speziellere Lehrbücher der Materialwissenschaft und der kondensierten Materie, Lehrbücher zu speziellen Verfahren, Sommerschulprogramme, forschungsnaher Veröffentlichungen

## Modul Spezialvorlesung I und II: „Materialwissenschaften“

Kennnummer: 08.128.722		Arbeitsaufwand	Moduldauer	Regelsemester	Leistungspunkte
		180 h	1 Semester	1. Semester	6 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen	Kontaktzeit	Selbststudium	Leistungspunkte	
	<b>Vorlesung und Übung</b> <b>„Materialwissenschaften (WP)“</b>		138 h	6 LP	

## Modul Spezialvorlesung I und II: „Materialwissenschaften“

	<b>Vorlesung (WP)</b>	3 SWS/31,5 h		
	<b>Übung (WP)</b>	1 SWS/10,5 h		
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übung: 20			
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen  Den Studierenden sollen die physikalischen Grundlagen der Materialforschung nahe gebracht werden, die zu einem Verständnis der Eigenschaften neuartiger Materialien führen, insbesondere auf Nanometer- und atomarer Skala. Das Spektrum geeigneter Themen umfasst z.B. Struktur und Eigenschaften von funktionellen Materialien, Nanomaterialien, Flüssigkeiten und weiche Materialien, Gläser, funktionalisierte Oberflächen, Phasenübergänge, Grundlagen und Konzepte neuer Materialien für die Anwendung sowie moderne Methoden der Materialforschung, An einem oder an mehreren speziellen Themen soll ein vertieftes Verständnis für ein forschungsnahes Spezialgebiet der kondensierten Materie entstehen, das eine gute Grundlage darstellt, um auf diesem oder einem verwandten Gebiet der Physik eine Masterarbeit erfolgreich durchführen zu können.			
4.	Inhalte  Je nach Dozentin oder Dozent erfolgt eine Schwerpunktsetzung auf die Themen moderne Methoden der Materialforschung, Struktur und Eigenschaften von funktionellen Materialien, Nanomaterialien, Flüssigkeiten und weiche Materialien, Gläser, funktionalisierte Oberflächen, Phasenumwandlungen, Grundlagen und Konzepte neuer Materialien für Anwendungen in den Bereichen: Information, Sensorik, Energie und Biologie/Medizin.			
5.	Verwendbarkeit des Moduls  MSc. Physik			
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme  Kenntnisse auf dem Niveau des Moduls Experimentalphysik 5c "Physik kondensierter Materie" des Bachelor-Studiengangs			
7.	Zugangsvoraussetzung(en)			
8.	Leistungsüberprüfungen  8.1. <i>Aktive Teilnahme</i> Erfolgreiches Bearbeiten der Übungsaufgaben  8.2. <i>Studienleistung(en)</i>  8.3. <i>Modulprüfung</i> Gemeinsame mündliche Prüfung (30-45 Min.) über beide Spezialvorlesungen			
9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen  6/120			
10.	Häufigkeit des Angebots  Jedes Semester			
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtlich Lehrende  Modulbeauftragte: Prof. Dr. T. Palberg, Prof. Dr. M. Kläui Lehrende: Dozenten und Dozentinnen aus dem Bereich der experimentellen kondensierten Materie			
12.	Sonstige Informationen  Sprache: - Deutsch – oder auf Wunsch - Englisch Literatur: Speziellere Lehrbücher der Materialwissenschaft und der kondensierten Materie, Lehrbücher zu speziellen Materialien, Sommerschulprogramme, Forschungsnahe Veröffentlichungen			



## Modul Spezialvorlesung I und II: „Einführung in die Theorie kondensierter Materie“

Kennnummer: 08.128.723		Arbeitsaufwand	Moduldauer	Regelsemester	Leistungspunkte
		180 h	1 Semester	1. Semester	6 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen	Kontaktzeit	Selbststudium	Leistungspunkte	
	<b>Vorlesung und Übung</b> <b>„Einführung in die Theorie kondensierter Materie“ (WP)</b>		138 h	6 LP	
	<b>Vorlesung (WP)</b>	3 SWS/31,5 h			
	<b>Übung (WP)</b>	1 SWS/10,5 h			
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übung: 20				
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen Aufbauend auf Quantenmechanik und statistische Thermodynamik, sollen die zentralen Konzepte der Beschreibung kristallisierter Festkörper dargestellt werden. Ausgehend von Gitterperiodizität und Kristallsymmetrie, sollen Konzepte wie die elektronische Struktur (Elektron im Kristallfeldpotential) sowie elementare Anregungen (Phononen, Magnonen, Plasmonen, etc.) und deren Konsequenzen für diverse physikalische Eigenschaften fester Körper bei tiefen Temperaturen verstanden werden. Damit soll eine Basis geschaffen werden, um sich mit forschungsnahen Themen auf dem Gebiet der Theorie kondensierter Materie befassen zu können.				
4.	Inhalte Kristallstruktur, Symmetrie, das Konzept des „reziproken Gitters“, Gitterdynamik in harmonischer Näherung (klassisch und quantenmechanisch), Zusammenhang mit elastischen Konstanten, Elektronen im Kristallfeld (Bloch- und Wannierfunktionen, Energiebänder, etc.), grundlegende Konzepte über Magnetismus, Magnonen, etc. Außerdem (je nach Wahl des Dozenten) ausgewählte fortgeschrittene Themen (z.B. Streutheorie an Festkörpern, Elektron-Phonon-Wechselwirkung, Plasmonen und dielektrische Response, etc.).				
5.	Verwendbarkeit des Moduls MSc. Physik				
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme Kenntnisse auf dem Niveau der Lehrveranstaltungen Theoretische Physik 1-5 des Bachelor-Studiengangs				
7.	Zugangsvoraussetzung(en)				
8.	Leistungsüberprüfungen 8.1. <i>Aktive Teilnahme</i> Erfolgreiches Bearbeiten der Übungsaufgaben 8.2. <i>Studienleistung(en)</i>  8.3. <i>Modulprüfung</i> Gemeinsame mündliche Prüfung (30-45 Min.) über beide Spezialvorlesungen				
9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen 6/120				
10.	Häufigkeit des Angebots Jedes Sommersemester				
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtlich Lehrende Modulbeauftragter: Prof. Dr. P. van Dongen Lehrende: Dozenten und Dozentinnen aus dem Bereich der Theorie der „harten“ Kondensierten Materie				
12.	Sonstige Informationen				

## Modul Spezialvorlesung I und II: „Einführung in die Theorie kondensierter Materie“

Sprache:  
 - Englisch / Deutsch  
 Literatur:  
 Lehrbücher der Theorie kondensierter Materie

Modul Spezialvorlesung I und II: „Ausgewählte Kapitel der Theorie kondensierter Materie“					
Kennnummer: 08.128.724		Arbeitsaufwand	Moduldauer	Regelsemester	Leistungspunkte
		180 h	1 Semester	1. Semester	6 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen		Kontaktzeit	Selbststudium	Leistungspunkte
	<b>Vorlesung und Übung</b> <b>„Ausgewählte Kapitel der Theorie kondensierter Materie“ (WP)</b>			138 h	6 LP
	<b>Vorlesung (WP)</b>		3 SWS/31,5 h		
	<b>Übung (WP)</b>		1 SWS/10,5 h		
2.	Gruppengrößen				
	Vorlesung: unbegrenzt Übung: 20				
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen				
	<p>Aufbauend auf statistischer Thermodynamik und/oder Quantenmechanik der Vielteilchensysteme, sollten die Studierenden an spezielle Themen der Theorie „harter“ kondensierter Materie herangeführt werden. Themenschwerpunkte umfassen beispielsweise die Theorie korrelierter Fermionen, moderne statische und dynamische Phänomene des Magnetismus, Niedrigdimensionale Systeme, Unordnung, Quantenphasenübergänge, Vielteilchentheorie und ihre numerischen Methoden, die Theorie der Suprafluidität und Supraleitung und topologische Quantenmaterie. In dieser Vorlesung soll ein vertieftes Verständnis für ein forschungsnahes Spezialgebiet der Theorie kondensierter Materie entstehen, so dass eine gute Grundlage vorhanden ist, um auf einem verwandten Gebiet der Physik eine Masterarbeit erfolgreich durchführen zu können.</p>				
4.	Inhalte				
	Je nach Dozent erfolgt eine Schwerpunktsetzung auf Numerische Methoden der Vielteilchenphysik, Theorie korrelierter Fermionen, Theorie der Supraleitung, Moderner Magnetismus oder Topologische Systeme.				
5.	Verwendbarkeit des Moduls				
	MSc. Physik				
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme				
	Kenntnisse auf dem Niveau der Lehrveranstaltungen Theoretische Physik 1-5 des Bachelor-Studiengangs				
7.	Zugangsvoraussetzung(en)				
8.	Leistungsüberprüfungen				
	8.1. Aktive Teilnahme				
	Erfolgreiches Bearbeiten der Übungsaufgaben				
	8.2. Studienleistung(en)				

## Modul Spezialvorlesung I und II: „Ausgewählte Kapitel der Theorie kondensierter Materie“

	8.3. Modulprüfung
	Gemeinsame mündliche Prüfung (30-45 Min.) über beide Spezialvorlesungen
9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen 6/120
10.	Häufigkeit des Angebots Jedes Sommersemester
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtlich Lehrende Modulbeauftragter: Prof. Dr. P. van Dongen Lehrende: Dozenten und Dozentinnen aus dem Bereich der Theorie der „harten“ Kondensierten Materie
12.	Sonstige Informationen Sprache: - Deutsch – oder auf Wunsch - Englisch Literatur: - J. P. Hansen, I. R. McDonald, Theory of Simple Liquids, Academic Press, London 2006; - J. Yeomans, Statistical Mechanics of Phase Transitions, Clarendon Press, Oxford, 1992; - A. Onuki, Phase Transition Dynamics, Cambridge University Press, Cambridge, 2002; - K. Binder, W. Kob, Glassy Materials and Disordered Solids. An Introduction to Their Statistical Mechanics, World Scientific, Singapore, 2005; - W. Paul, J. Baschnagel, Stochastic Processes, From Physics to Finance, Springer, Berlin, 2000; - A. Auerbach, Interacting Electrons and Quantum Magnetism, Springer (1994); - P. Fulde, Electron Correlations in Molecules and Solids, Springer (1995); - L. Kantorovich, Quantum Theory of the Solid State: An Introduction, Kluwer (2004); - D.C. Mattis, The Theory of Magnetism Made Simple: An Introduction to Physical Concepts and to Some Useful Mathematical Methods, <a href="#">World Scientific, 2006</a> ; - forschungsnahe Veröffentlichungen

## Modul Spezialvorlesung I und II: „Theorie weicher Materie I“

Kennnummer: 08.128.725		Arbeitsaufwand	Moduldauer	Regelsemester	Leistungspunkte
		180 h	1 Semester	1. Semester	6 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen	Kontaktzeit	Selbststudium	Leistungspunkte	
	<b>Vorlesung und Übung</b> <b>„Theorie weicher Materie I“ (WP)</b>		138 h	6 LP	
	<b>Vorlesung (WP)</b>	3 SWS/31,5 h			
	<b>Übung (WP)</b>	1 SWS/10,5 h			
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übung: 20				
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen Die Studierenden sollen die Beschreibung von Systemen mit großen Fluktuationen im Rahmen der statistischen Physik erlernen, konkretisiert an verschiedenen Beispielen von Soft-Matter-Systemen. Hierbei soll insbesondere auf generelle Prinzipien Wert gelegt werden, die stoffklassenüberschreitende Bedeutung haben.				
4.	Inhalte				

## Modul Spezialvorlesung I und II: „Theorie weicher Materie I“

	<p><i>Allgemeine Konzepte:</i> Modellierung, Symmetrien und Erhaltungssätze. Streugesetze, Selbstähnlichkeit und Skaleninvarianz, Mean-Field Ansätze und Landau Theorien, Brownsche Dynamik, Kritische Dynamik;  <i>Struktur:</i> Polymere (Random walk, self-avoiding walk, Blob Konzept, Flory Abschirmung, Flory-Huggins Theorie, Pfadintegralbeschreibung von Polymeren, Polymer-Feldtheorie.), Membranen (Struktur flüssiger und fester Membranen), Landau-de Gennes Theorie der Flüssigkristalle;  <i>Dynamik:</i> Polymere (Rouse-Modell), Hydrodynamik bei niedrigen Reynolds-Zahlen, eventuell aktive und Nichtgleichgewichtsmaterialien.</p>
5.	Verwendbarkeit des Moduls MSc. Physik
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme Kenntnisse auf dem Niveau der Lehrveranstaltungen Theoretische Physik 1-5 des Bachelor-Studiengangs, insbesondere Statistische Physik
7.	Zugangsvoraussetzung(en)
8.	Leistungsüberprüfungen <p>8.1. Aktive Teilnahme Erfolgreiches Bearbeiten der Übungsaufgaben</p> <p>8.2. Studienleistung(en)</p> <p>8.3. Modulprüfung Gemeinsame mündliche Prüfung(30-45 Min.) über beide Spezialvorlesungen</p>
9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen 6/120
10.	Häufigkeit des Angebots Nach Nachfrage
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtlich Lehrende Modulbeauftragte: Prof. Dr. K. Kremer, Prof. Dr. F. Schmid Lehrende: Dozenten und Dozentinnen aus dem Bereich der Theorie der Kondensierten Materie
12.	Sonstige Informationen Sprache: Deutsch – oder auf Wunsch - Englisch Literatur: <ul style="list-style-type: none"> <li>- de Gennes, Scaling Concepts in Polymer Physics</li> <li>- Doi/Edwards, The Theory of Polymer Dynamics</li> <li>- Grosberg/Khokhlov, Statistical Mechanics of Macromolecules</li> <li>- Chaikin/Lubensky, Principles of Condensed Matter Physics</li> <li>- Russel/Saville/Schowalter, Colloidal Dispersions</li> <li>- Dhont: An introduction to the dynamics of colloids</li> </ul>

## Modul Spezialvorlesung I und II: „Moderne Rechenmethoden der Physik kondensierter/weicher Materie“

Kennnummer: 08.128.745		Arbeitsaufwand	Moduldauer	Regelsemester	Leistungspunkte
		180 h	1 Semester	1. Semester	6 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen	Kontaktzeit	Selbststudium	Leistungspunkte	
	<b>Vorlesung und Übung</b> <b>„Moderne Rechenmethoden der Physik kondensierter/weicher Materie“ (WP)</b>		138 h	6 LP	
	<b>Vorlesung (WP)</b>	3 SWS/31,5 h			
	<b>Übung (WP)</b>	1 SWS/10,5 h			
2.	Gruppengrößen				

<b>Modul Spezialvorlesung I und II: „Moderne Rechenmethoden der Physik kondensierter/weicher Materie“</b>	
	Vorlesung: unbegrenzt Übung: 20
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen Die Studenten lernen moderne Methoden und Techniken zur effiziente Durchführung von Computersimulationen im Bereich der Physik der kondensierter und weicher Materie kennen, je nach Dozentin oder Dozent auch im Bereich der molekularen Biophysik. Sie werden damit in die Lage versetzt, komplexe Phänomene wie Phasenübergänge in einer Vielzahl von Systemen (Flüssigkeiten, Feststoffen, Polymerschmelzen usw.), Konformationsänderungen, chemische Reaktionen, Nichtgleichgewichts- oder Angetriebenen Phänomene usw. zu untersuchen.
4.	Inhalte Je nach Dozent erfolgt eine Schwerpunktsetzung auf einige der folgenden Themen: Berechnungen der freien Energie, spezielle Methoden zur Simulation mit hoher Präzision, Simulation seltener Ereignisse, kritische Phänomene, Nichtgleichgewichtsthermodynamik, Multiskalenmodellierung und Coarse-graining, Dichtefunktionaltheorie, Kraftfeld-Optimierung, polarisierbare Kraftfelder, Behandlung langreichweitiger Wechselwirkungen.
5.	Verwendbarkeit des Moduls MSc. Physik, Master „Computational Sciences“ mit Schwerpunkt Physik
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme Theorie 1-4. Hilfreich, aber nicht unbedingt notwendig sind die Veranstaltungen Theorie 7 (Höhere Statistische Physik) und Computersimulationen in der statistischen Physik
7.	Zugangsvoraussetzung(en)
8.	Leistungsüberprüfungen <i>8.1. Aktive Teilnahme</i> Erfolgreiches Bearbeiten der Übungsaufgaben <i>8.2. Studienleistung(en)</i> <i>8.3. Modulprüfung</i> Gemeinsame mündliche Prüfung(30-45 Min.) über beide Spezialvorlesungen
9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen 6/120
10.	Häufigkeit des Angebots Mindestens einmal im Jahr
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtlich Lehrende Modulbeauftragte: Prof. Dr. F. Schmid Lehrende: Dozenten und Dozentinnen der Theoretischen Physik der kondensierter Materie
12.	Sonstige Informationen Sprache: Deutsch – oder auf Wunsch - Englisch Literatur: Wird bekanntgegeben

<b>Modul Spezialvorlesung I und II: „Computersimulationen in der statistischen Physik“</b>				
Kennnummer: 08.128.801	Arbeitsaufwand	Moduldauer	Regelsemester	Leistungspunkte
	180 h	1 Semester	1. Semester	6 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen	Kontaktzeit	Selbststudium	Leistungspunkte

## Modul Spezialvorlesung I und II: „Computersimulationen in der statistischen Physik“

	<b>Vorlesung und Übung „Computersimulationen in der statistischen Physik“ (WP)</b>		138 h	6 LP
	<b>Vorlesung (WP)</b>	3 SWS/31,5 h		
	<b>Übung (WP)</b>	1 SWS/10,5 h		
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übung: 20			
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen Erwerb der Fähigkeit, komplexe physikalische Sachverhalte in einfache Modelle umzusetzen, diese in Algorithmen zu übersetzen und diese Algorithmen auf modernen Computerarchitekturen korrekt und effizient zu implementieren. Verständnis der Rolle der Computersimulationen im Wechselspiel mit Theorie und Experiment			
4.	Inhalte Molekulardynamik Simulationen, symplektische Integratoren, Markovketten Monte Carlo, Zufallszahlengenerierung, Analyse von Zeitreihen, Effekte endlicher Systemgröße, Simulation in unterschiedlichen thermodynamischen Ensembles.			
5.	Verwendbarkeit des Moduls MSc. Physik			
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme			
7.	Zugangsvoraussetzung(en)			
8.	Leistungsüberprüfungen 8.1. <i>Aktive Teilnahme</i> Erfolgreiches Bearbeiten der Übungsaufgaben 8.2. <i>Studienleistung(en)</i>  8.3. <i>Modulprüfung</i> Gemeinsame mündliche Prüfung(30-45 Min.) über beide Spezialvorlesungen			
9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen 6/120			
10.	Häufigkeit des Angebots Jedes Wintersemester			
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtlich Lehrende Modulbeauftragte: Prof. Dr. F. Schmid Lehrende: Lecturers in theoretical condensed matter physics			
12.	Sonstige Informationen Sprache: Deutsch – oder auf Wunsch - Englisch Literatur: <ul style="list-style-type: none"> <li>- D. Frenkel, B. Smit, Understanding Molecular Simulation – From Algorithms to Applications, Academic Press, San Diego, 2002</li> <li>- D. P. Landau, K. Binder, A Guide to Monte Carlo Simulations in Statistical Physics, Cambridge University Press, New York, 2005</li> <li>- M. P. Allen, D. J. Tildesley, Computer Simulations of Liquids, Clarendon Press, Oxford, 1987</li> <li>- J. M. Haile, Molecular Dynamics Simulations – Elementary Methods, Wiley, New York, 1997.</li> </ul>			

## Modul Vertiefende Vorlesung: „Theorie weicher Materie II“

Kennnummer: 08.128.800		Arbeitsaufwand	Moduldauer	Regelsemester	Leistungspunkte
		180 h	1 Semester	2. Semester	6 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen	Kontaktzeit	Selbststudium	Leistungspunkte	
	<b>Vorlesung und Übung</b> <b>„Theorie weicher Materie II“ (WP)</b>		138 h	6 LP	
	<b>Vorlesung (WP)</b>	3 SWS/31,5 h			
	<b>Übung (WP)</b>	1 SWS/10,5 h			
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übung: 20				
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen Die Studierenden sollen die Beschreibung von Systemen mit großen Fluktuationen im Rahmen der statistischen Physik erlernen, konkretisiert an verschiedenen Beispielen von Soft-Matter-Systemen. Hierbei soll insbesondere auf generelle Prinzipien Wert gelegt werden, die stoffklassenüberschreitende Bedeutung haben.				
4.	Inhalte Hier können nach Präferenz des Dozenten / der Dozentin Schwerpunkte gesetzt werden. Mögliche Themen: DLVO-Theorie, hydrodynamische Wechselwirkung in Kolloiden und Polymeren, Mikroschwimmer und aktive Teilchen, Zimm-Modell, Reptationsmodell, Netzwerke und Gummielastizität, Struktur von Polyelektrolyten, Viskoelastizität, materialwissenschaftliche Aspekte von Soft-Matter-Systemen, statistische Physik von Grenzflächen, Benetzung, Kapillarwellen.				
5.	Verwendbarkeit des Moduls MSc. Physik				
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme Kenntnisse auf dem Niveau der Lehrveranstaltungen Theoretische Physik 1-5 des Bachelor-Studiengangs, insbesondere Statistische Physik.				
7.	Zugangsvoraussetzung(en)				
8.	Leistungsüberprüfungen <i>8.1. Aktive Teilnahme</i> Erfolgreiches Bearbeiten der Übungsaufgaben <i>8.2. Studienleistung(en)</i>  <i>8.3. Modulprüfung</i> Klausur (90-180 Min.) oder mündliche Prüfung (30 Min)				
9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen 6/120				
10.	Häufigkeit des Angebots				
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtlich Lehrende Modulbeauftragte: Prof. Dr. K. Kremer, Prof. Dr. F. Schmid Lehrende: Dozenten und Dozentinnen aus dem Bereich der Theorie der Kondensierten Materie				
12.	Sonstige Informationen				

## Modul Vertiefende Vorlesung: „Theorie weicher Materie II“

Sprache: Deutsch – oder auf Wunsch - Englisch

Literatur:

- de Gennes, Scaling Concepts in Polymer Physics
- Doi/Edwards, The Theory of Polymer Dynamics
- Grosberg/Khokhlov, Statistical Mechanics of Macromolecules
- Chaikin/Lubensky, Principles of Condensed Matter Physics
- Russel/Saville/Schowalter, Colloidal Dispersions.
- Dhont: An Introduction to Dynamics of Colloids



## 5.4.2 Quanten-, Atom- und Neutronenphysik

<b>Modul Spezialvorlesung I und II: „Quantenoptik (Q-Ex-1)“</b>					
Kennnummer: 08.128.729		Arbeitsaufwand	Moduldauer	Regelsemester	Leistungspunkte
		180 h	1 Semester	1. Semester	6 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen		Kontaktzeit	Selbststudium	Leistungspunkte
	<b>Vorlesung und Übung „Quantenoptik“ (WP), häufig gemeinsame, integrierte Theorie-Experimentphysik Veranstaltung</b>			138 h	6 LP
	<b>Vorlesung (WP)</b>	3 SWS/31,5 h			
	<b>Übung (WP)</b>	1 SWS/10,5 h			
2.	Gruppengrößen				
	Vorlesung: unbegrenzt Übung: 20				
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen				
	Die Studierenden sollen in die Grundlagen der quantisierten Beschreibung des Lichtfeldes eingeführt werden. Neben der Behandlung der benötigten theoretischen Werkzeuge soll anhand von ausgewählten Experimenten gezeigt werden, wie sich quantenoptische Effekte nachweisen lassen.				
4.	Inhalte				
	Grundlegende Einführungsveranstaltung zur experimentellen Quantenoptik. Interdisziplinärer, integrierter Kurs häufig gemeinsam abgehalten von Vertretern der Experimentalphysik und der Quantentheorie. Inhalt:				
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Quantisierung des elektromagnetischen Feldes, Feldzustände des Lichtes</li> <li>• Korrelationen im Lichtfeld und Photonenstatistik</li> <li>• quantisierte Atom-Licht-Wechselwirkung, Jaynes-Cummings-Modell,</li> <li>• „dressed states“</li> </ul>				
	Mögliche weitere Schwerpunktsetzungen:				
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Photonendetektoren</li> <li>• Experimente mit Einzelphotonenquellen und verschränkten Photonen</li> <li>• Bellsche Ungleichungen, quantenmechanische Korrelationen verschränkter Photonenpaare</li> <li>• Experimente zur Hohlraum-Quantenelektrodynamik</li> </ul>				
5.	Verwendbarkeit des Moduls				
	MSc. Physik				
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme				
	Experimentalphysik 5a „Atom- und Quantenphysik“, Theoretische Physik 3 „Quantenmechanik“				
7.	Zugangsvoraussetzung(en)				
8.	Leistungsüberprüfungen				
	8.1. Aktive Teilnahme				
	Erfolgreiches Bearbeiten der Übungsaufgaben				
	8.2. Studienleistung(en)				
	8.3. Modulprüfung				
	Gemeinsame mündliche Prüfung (30-45 Min.) über beide Spezialvorlesungen				
9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen				
	6/120				

## Modul Spezialvorlesung I und II: „Quantenoptik (Q-Ex-1)“

10.	Häufigkeit des Angebots Jährlich im Wintersemester
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtlich Lehrende Modulbeauftragte: Prof. Dr. J. Walz Lehrende: Dozenten der Experimentalphysik
12.	Sonstige Informationen Sprache: - Deutsch oder Englisch Literatur: Lehrbücher zur Quantenoptik bzw. zur Atom-Licht-Wechselwirkung, z.B. - Introductory quantum optics, Gerry & Knight - The Quantum theory of light, Loudon - Quantum optics, Scully & Zubairy - Quantum optics, Walls & Milburn - Atom photon interactions, Cohen-Tannoudji, Dupont-Roc & Grynberg

## Modul Spezialvorlesung I und II: „Photonik (Q-Ex-2)“

Kennnummer: 08.128.803		Arbeitsaufwand	Moduldauer	Regelsemester	Leistungspunkte
		180 h	1 Semester	1. Semester	6 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen	Kontaktzeit	Selbststudium	Leistungspunkte	
	<b>Vorlesung und Übung „Photonik“ (WP)</b>		138 h	6 LP	
	<b>Vorlesung (WP)</b>	3 SWS/31,5 h			
	<b>Übung (WP)</b>	1 SWS/10,5 h			
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übung: 20				
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen Die Studierenden sollen mit der modernen Beschreibung der Propagation von Licht und der Wechselwirkung mit Materie vertraut gemacht werden. Sie sollen ein tiefgehendes Verständnis von Laserspektroskopie - basierend auf inkohärenter bzw. kohärenter Licht-Materie Wechselwirkung und hochstabilen Lasern. Die Studierenden sollen zudem eine Einführung in die Grundlagen des Lasers und die Grundlagen der nicht-linearen Optik erhalten.				
4.	Inhalte Grundlegendes aus der experimentellen Quantenphysik. Mögliche Themen: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gauß'sche Optik und Resonatoren</li> <li>• Zusammenspiel der klassischen, semi-klassischen und quanten-mechanischen Beschreibung der Licht-Materie Wechselwirkung</li> <li>• kohärentes Licht und Laser</li> <li>• Lasermodulatoren, optische Fasern</li> <li>• kurze Pulse und Frequenzkämme</li> <li>• inkohärente Spektroskopietechniken (Absorption, Fluoreszenz, Doppler-frei, Frequenzmodulation)</li> <li>• Vergleich mit kohärenten Techniken (Rabi, Ramsey, Spin-Echo)</li> <li>• nicht-lineare Medien, Summen- und Differenzfrequenzerzeugung, <math>\chi^{(2)}</math> vs. <math>\chi^{(3)}</math> Prozesse</li> <li>• Laserkühlung</li> </ul>				
5.	Verwendbarkeit des Moduls				

Modul Spezialvorlesung I und II: „Photonik (Q-Ex-2)“	
	MSc. Physik
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme Experimentalphysik 3 „Wellen- und Quantenphysik“, Experimentalphysik 5a "Atom- und Quantenphysik", Theoretische Physik 3 „Quantenmechanik“
7.	Zugangsvoraussetzung(en)
8.	Leistungsüberprüfungen 8.1. <i>Aktive Teilnahme</i> Erfolgreiches Bearbeiten der Übungsaufgaben 8.2. <i>Studienleistung(en)</i>  8.3. <i>Modulprüfung</i> Gemeinsame mündliche Prüfung (30-45 Min.) über beide Spezialvorlesungen
9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen 6/120
10.	Häufigkeit des Angebots Jährlich im Sommersemester
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtlich Lehrende Modulbeauftragte: Prof. Dr. K. Wendt, Prof. Dr. J. Walz Lehrende: Dozenten der Experimentalphysik
12.	Sonstige Informationen Sprache: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Deutsch oder Englisch</li> </ul> Literatur: Lehrbücher in Photonik z.B. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Laser Spectroscopy, W. Demtröder</li> <li>• Optics, Light and Lasers, D. Meschede</li> <li>• Lasers, A.E. Siegman</li> <li>• Fundamentals of Photonics, B. E. A. Saleh und M.C. Teich</li> <li>• aktuelle Veröffentlichungen</li> </ul>

Modul Spezialvorlesung I und II: „Quanteninformation (Q-Ex-3)“					
Kennnummer: 08.128.804		Arbeitsaufwand	Moduldauer	Regelsemester	Leistungspunkte
		180 h	1 Semester	2. Semester	6 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen	Kontaktzeit	Selbststudium	Leistungspunkte	
	<b>Vorlesung und Übung</b> <b>„Quanteninformation“ (WP) häufig gemeinsame, integrierte Theorie-Experimentphysik Veranstaltung</b>		138 h	6 LP	
	<b>Vorlesung (WP)</b>	3 SWS/31,5 h			
	<b>Übung (WP)</b>	1 SWS/10,5 h			
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übung: 20				
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen				

## Modul Spezialvorlesung I und II: „Quanteninformation (Q-Ex-3)“

	Aufbauend auf Wissen aus der Quantenmechanik sowie aus der Atom- und Quantenphysik sollen mit den Studierenden die grundlegenden theoretischen Konzepte der Quanteninformation und des Quantenrechnens erarbeitet werden. Auf der experimentellen Seite soll den Studierenden die Anwendung und Umsetzung dieser Konzepte im Rahmen der Quantenoptik anhand von experimentellen Plattformen nahe gebracht werden.
4.	<p>Inhalte</p> <p>Weiterführende Veranstaltung im Bereich der Quantenoptik, Atomphysik und deren speziellen Anwendung in der Quanteninformation. Der Kurs ist separat belegbar, Konzepte aus Quantenoptik und Vielteilchenphysik werden angewendet. Interdisziplinärer, integrierter Kurs, häufig gemeinsam abgehalten von Vertretern der Experimentalphysik und der Quantentheorie.</p> <p>Inhalt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Speicherung und Verarbeitung von Quanteninformation in unterschiedlichen physikalischen Systemen</li> <li>• Quantencomputing und Quantenkommunikation</li> <li>• Verschränkte Zustände, Quantensprünge, Quanten-Zeno-Effekt</li> <li>• Dekohärenz, makroskopische Überlagerungszustände (Schrödinger-Katzen)</li> </ul> <p>Mögliche weitere Schwerpunktsetzungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Quanten-Gatter und – Algorithmen</li> <li>• Kryptographie, Teleportation, Quantenrepeater,</li> <li>• Quanten-Fehlerkorrektur, fehlertolerantes Quantenrechnen</li> <li>• Quantensimulation</li> <li>• Systeme: Ionenfallen-Quantencomputer (Paul-Fallen), Hohlraum-Quantenelektrodynamik, linear-optische Quantencomputer, Neutralatome in optischen Gittern, Festkörper und supraleitende Quantenprozessoren</li> </ul>
5.	<p>Verwendbarkeit des Moduls</p> <p>MSc. Physik</p>
6.	<p>Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme</p> <p>Experimentalphysik 5a "Atom- und Quantenphysik", Theoretische Physik 3 „Quantenmechanik“</p>
7.	<p>Zugangsvoraussetzung(en)</p>
8.	<p>Leistungsüberprüfungen</p> <p>8.1. Aktive Teilnahme</p> <p>Erfolgreiches Bearbeiten der Übungsaufgaben</p> <p>8.2. Studienleistung(en)</p> <p>8.3. Modulprüfung</p> <p>Gemeinsame mündliche Prüfung (30-45 Min.) über beide Spezialvorlesungen</p>
9.	<p>Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen</p> <p>6/120</p>
10.	<p>Häufigkeit des Angebots</p> <p>Jährlich im Sommersemester</p>
11.	<p>Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtlich Lehrende</p> <p>Modulbeauftragte: Prof. Dr. F. Schmidt-Kaler Lehrende: Einige Dozenten der Experimentalphysik, WA Quantum</p>
12.	<p>Sonstige Informationen</p> <p>Sprache:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Deutsch oder Englisch</li> </ul> <p>Literatur:</p> <p>Lehrbücher zur Quantenoptik und zur Quanteninformation, z.B.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Introductory quantum optics, Gerry &amp; Knight</li> <li>- Quantum Computation and Quantum Information, Nielsen &amp; Chuang</li> <li>- Introduction to Quantum Computation and Quantum Information, Lo, Popescu &amp; Spiller</li> <li>- The Physics of Quantum Information, Bouwmeester, Ekert &amp; Zeilinger</li> <li>- Exploring the Quantum - Atoms, Cavities and Photons, Haroche &amp; Raimond</li> </ul>

## Modul Spezialvorlesung I & II: „Fundamentale Präzisionsmessungen (Q-Ex-4)“

Kennnummer: 08.128.805		Arbeitsaufwand	Moduldauer	Regelsemester	Leistungspunkte
		180 h	1 Semester	2. Semester	6 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen		Kontaktzeit	Selbststudium	Leistungspunkte
	<b>Vorlesung und Übung</b> <b>„Fundamentale Präzisionsmessungen“ (WP)</b>			138 h	6 LP
	<b>Vorlesung (WP)</b>		3 SWS/31,5 h		
	<b>Übung (WP)</b>		1 SWS/10,5 h		
2.	Gruppengrößen				
	Vorlesung: unbegrenzt Übung: 20				
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen	Hochgenaue Messungen haben einen Stand erreicht, bei dem grundlegende Fragen der Physik und der Kosmologie ins Blickfeld kommen. Dazu zählen beispielsweise Symmetrien der Physik, Präzisionsmessungen im Neutronenzerfall, Tests der schwachen Wechselwirkung und der CPT-Invarianz, Präzisionsmessungen von fundamentalen Konstanten und moderne Experimente zur Gravitationsphysik. Die Studierenden sollen an Probleme moderner Atom-, Quanten- und Neutronenphysik sowie Kosmologie herangeführt werden und sich mit diesen forschungsnahen Themen intensiv befassen.			
4.	Inhalte	<p>Diskrete Symmetrien und fundamentale Wechselwirkungen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tests der QED und der CP Verletzung, CPT-Invarianz, Zeitumkehrinvarianz,</li> <li>• schwache ww, Materie/Antimaterie-Asymmetrie, EDM</li> <li>• Variation fundamentaler Konstanten</li> <li>• Test des Äquivalenzprinzips, Überprüfung des Newtonschen Gravitationsgesetzes bei kleinen Abständen.</li> </ul> <p>Methoden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Atome, Neutronen, Protonen, Antimaterie, Penningfalle, Massenspektrometrische Verfahren</li> </ul> <p>Neutronenphysik</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Neutron als Probe - Aufklärung der Struktur von Materie, Eigenschaften des Neutrons und Messung, Wechselwirkung mit Materie, Neutronenquellen, Detektoren, Quanteneffekte in der Neutronenoptik,</li> </ul>			
5.	Verwendbarkeit des Moduls	MSc. Physik			
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme	Experimentalphysik 5a „Atom- und Quantenphysik“, Theoretische Physik 3 „Quantenmechanik“			
7.	Zugangsvoraussetzung(en)				
8.	Leistungsüberprüfungen	<p>8.1. Aktive Teilnahme</p> <p>Erfolgreiches Bearbeiten der Übungsaufgaben</p> <p>8.2. Studienleistung(en)</p> <p>8.3. Modulprüfung</p> <p>Gemeinsame mündliche Prüfung (30-45 Min.) über beide Spezialvorlesungen</p>			
9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen				

<b>Modul Spezialvorlesung I &amp; II: „Fundamentale Präzisionsmessungen (Q-Ex-4)“</b>	
	6/120
10.	Häufigkeit des Angebots Jährlich im Wintersemester
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtlich Lehrende Modulbeauftragte: Prof. Dr. J. Walz Lehrende: Dozenten der Experimentalphysik
12.	Sonstige Informationen Sprache: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Deutsch oder Englisch</li> </ul> Literatur: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lehrbücher der Atomphysik</li> <li>• Sommerschulprogramme</li> <li>• forschungsnahе Veröffentlichungen</li> </ul>

### 5.4.3 Kern- und Teilchenphysik

<b>Modul Spezialvorlesung I und II: „Statistik, Datenanalyse und Simulation“</b>					
Kennnummer: 08.128.730		Arbeitsaufwand	Moduldauer	Regelsemester	Leistungspunkte
		180 h	1 Semester	1. Semester	6 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen		Kontaktzeit	Selbststudium	Leistungspunkte
	<b>Vorlesung und Übung</b> <b>„Statistik, Datenanalyse und Simulation“ (WP)</b>			138 h	6 LP
	<b>Vorlesung (WP)</b>		3 SWS/31,5 h		
	<b>Übung (WP)</b>		1 SWS/10,5 h		
2.	Gruppengrößen				
	Vorlesung: unbegrenzt				
	Übung: 20				
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen				
	Die Vorlesung vermittelt eine Übersicht der statistischen Methoden zur Analyse von Daten und bietet eine Einführung in die Technik der Monte Carlo-Simulation. Obwohl die Methodik häufig anhand von Beispielen aus der Teilchen-, Hadronen- und Kernphysik erläutert wird, empfehlen wir die Vorlesungen auch für Studierende, die andere Schwerpunkte setzen. Das Ziel ist die Schaffung eines soliden Grundwissens um eine experimentelle Masterarbeit auf einem verwandten Gebiet der Physik erfolgreich durchführen zu können.				
4.	Inhalte				
	Die folgenden Inhalte sollen u.a. vermittelt werden:				
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wahrscheinlichkeitsverteilungen und die statistische Beschreibung von Daten;</li> <li>• Fehlerrechnung und Schätzung von Parametern;</li> <li>• Signifikanzniveaus und Hypothesenentscheidungen;</li> <li>• Monte Carlo-Verfahren; sowie</li> <li>• statistische Analysemethoden</li> </ul>				
5.	Verwendbarkeit des Moduls				
	MSc. Physik				
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme				
7.	Zugangsvoraussetzung(en)				
8.	Leistungsüberprüfungen				
	8.1. Aktive Teilnahme				
	Erfolgreiches Bearbeiten der Übungsaufgaben				
	8.2. Studienleistung(en)				
	8.3. Modulprüfung				
	Gemeinsame mündliche Prüfung (30-45 Min.) über beide Spezialvorlesungen				
9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen				
	6/120				
10.	Häufigkeit des Angebots				
	Jedes Sommersemester				
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtlich Lehrende				
	Modulbeauftragte: Prof. Dr. L. Köpke				
	Lehrende: Dozentinnen und Dozenten der experimentellen Teilchen-, Hadronen- und Kernphysik				

## Modul Spezialvorlesung I und II: „Statistik, Datenanalyse und Simulation“

12.	Sonstige Informationen
	Sprache: Deutsch – oder auf Wunsch - Englisch
	Literatur:
	- <a href="#">R.J. Barlow, Statistics</a>
	- <a href="#">Glen Cowan, Statistical data analysis</a>
	- <a href="#">Olaf Behnke, Data analysis in high energy physics</a>

## Modul Spezialvorlesung I und II: „Teilchendetektoren“

Kennnummer: 08.128.731		Arbeitsaufwand	Moduldauer	Regelsemester	Leistungspunkte
		180 h	1 Semester	1. Semester	6 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen	Kontaktzeit	Selbststudium	Leistungspunkte	
	<b>Vorlesung und Übung „Teilchendetektoren“ (WP)</b>		138 h	6 LP	
	<b>Vorlesung (WP)</b>	3 SWS/31,5 h			
	<b>Übung (WP)</b>	1 SWS/10,5 h			
2.	Gruppengrößen				
	Vorlesung: unbegrenzt Übung: 20				
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen				
	Die Vorlesung gibt eine Übersicht in die Nachweis-, Auslese- bzw. Auswertemethoden der Teilchen-, Hadronen- und Kernphysik. Ziel ist die Schaffung eines soliden Grundwissens um die experimentelle Masterarbeit auf einem verwandten Gebiet der Physik erfolgreich durchführen zu können. In den Vorlesungen spielen fachübergreifende Aspekte (z.B. aus Festkörperphysik, Elektronik, Mathematik und Informatik) eine wichtige Rolle; entsprechend sind die Vorlesungen auch für Studierende mit anderen Schwerpunktsetzungen geeignet.				
4.	Inhalte				
	Strahlungsquellen und Beschleuniger; Nachweismechanismen für geladene und neutrale Strahlung; Datenerfassung; Detektoren zum Teilchennachweis; Zeitmessung; Energie- und Impulsbestimmung; Teilchenidentifikation; Anwendungen.				
5.	Verwendbarkeit des Moduls				
	MSc. Physik				
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme				
	Kenntnisse auf dem Niveau des Moduls Experimentalphysik 5 "Kern- und Teilchenphysik" des Bachelor-Studiengangs				
7.	Zugangsvoraussetzung(en)				
8.	Leistungsüberprüfungen				
	<i>8.1. Aktive Teilnahme</i>				
	Erfolgreiches Bearbeiten der Übungsaufgaben				
	<i>8.2. Studienleistung(en)</i>				
	<i>8.3. Modulprüfung</i>				
	Gemeinsame mündliche Prüfung (30-45 Min.) über beide Spezialvorlesungen				



Modul Spezialvorlesung I und II: „Teilchendetektoren“	
9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen 6/120
10.	Häufigkeit des Angebots Jedes Wintersemester
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtlich Lehrende Modulbeauftragte: Prof. Dr. L. Köpke Lehrende: Dozentinnen und Dozenten der experimentellen Teilchen-, Hadronen- und Kernphysik
12.	Sonstige Informationen Sprache: - Englisch  Literatur: - <a href="#">K. Kleinknecht, Detektoren für Teilchenstrahlung</a>

Modul Spezialvorlesung I und II: „Kosmologie und Allgemeine Relativitätstheorie“					
Kennnummer: 08.128.732		Arbeitsaufwand	Moduldauer	Regelsemester	Leistungspunkte
		180 h	1 Semester	1. Semester	6 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen	Kontaktzeit	Selbststudium	Leistungspunkte	
	<b>Vorlesung und Übung</b> <b>„Kosmologie und Allgemeine Relativitätstheorie“ (WP)</b>		138 h	6 LP	
	<b>Vorlesung (WP)</b>	3 SWS/31,5 h			
	<b>Übung (WP)</b>	1 SWS/10,5 h			
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übung: 20				
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen Ziel dieser Vorlesung ist es, die Studenten mit den Grundzügen der Allgemeinen Relativitätstheorie sowie mit aktuellen Konzepten und Phänomenen der Kosmologie vertraut zu machen.				
4.	Inhalte Allgemeine Koordinatentransformationen, Differentialgeometrie; Einstein-Gleichungen, Schwarzschildmetrik, schwarze Löcher; Friedmann-Robertson-Walker-Kosmologie; Big Bang-Nukleosynthese, kosmische Hintergrundstrahlung, Strukturbildung im frühen Universum, dunkle Materie und dunkle Energie.				
5.	Verwendbarkeit des Moduls MSc. Physik				
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme Kenntnisse auf dem Niveau Theoretische Physik 5 (Klassische Feldtheorie) des Bachelor-Studiengangs "				
7.	Zugangsvoraussetzung(en)				

## Modul Spezialvorlesung I und II: „Kosmologie und Allgemeine Relativitätstheorie“

8.	Leistungsüberprüfungen
	8.1. Aktive Teilnahme
	Erfolgreiches Bearbeiten der Übungsaufgaben
	8.2. Studienleistung(en)
	8.3. Modulprüfung
	Gemeinsame mündliche Prüfung (30-45 Min.) über beide Spezialvorlesungen
9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen
	6/120
10.	Häufigkeit des Angebots
	???
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtlich Lehrende
	Modulbeauftragte: Prof. Dr. M. Neubert
	Lehrende: Häusling, Neubert, Papadopoulos, Reuter, Spiesberger, Weinzierl
12.	Sonstige Informationen
	Sprache: - Englisch
	Literatur: z.B.: Carroll, Wald, Kolb & Turner, Dodelson

## Modul Spezialvorlesung I und II: „Symmetrien in der Physik“

Kennnummer: 08.128.733		Arbeitsaufwand	Moduldauer	Regelsemester	Leistungspunkte
		180 h	1 Semester	1. Semester	6 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen	Kontaktzeit	Selbststudium	Leistungspunkte	
	<b>Vorlesung und Übung</b> <b>„Symmetrien in der Physik“ (WP)</b>		138 h	6 LP	
	<b>Vorlesung (WP)</b>	3 SWS/31,5 h			
	<b>Übung (WP)</b>	1 SWS/10,5 h			
2.	Gruppengrößen				
	Vorlesung: unbegrenzt Übung: 20				
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen				
	Das Ziel dieser Vorlesung ist es, die Studenten mit den Grundzügen der Gruppentheorie und ihrer Anwendungen in der Physik vertraut zu machen.				

## Modul Spezialvorlesung I und II: „Symmetrien in der Physik“

4.	Inhalte Gruppentheorie, Darstellungstheorie, unitäre Symmetrien, Liegruppen, Anwendungen in der Teilchen- und Kernphysik.
5.	Verwendbarkeit des Moduls MSc. Physik
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme
7.	Zugangsvoraussetzung(en)
8.	Leistungsüberprüfungen <i>8.1. Aktive Teilnahme</i> Erfolgreiches Bearbeiten der Übungsaufgaben <i>8.2. Studienleistung(en)</i> <i>8.3. Modulprüfung</i> Gemeinsame mündliche Prüfung (30-45 Min.) über beide Spezialvorlesungen
9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen 6/120
10.	Häufigkeit des Angebots ???
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtlich Lehrende Modulbeauftragte: Prof. Dr. M. Neubert Lehrende: Häusling, Neubert, Papadopoulos, Scherer, Spiesberger, Weinzierl
12.	Sonstige Informationen Sprache: - Englisch  Literatur: z.B.: Georgi, Tung

## Modul Spezialvorlesung I und II: „Moderne Methoden der Theoretischen Hochenergie-, Teilchen- und Kernphysik“

Kennnummer: 08.128.734, 08.128.741-744		Arbeitsaufwand	Moduldauer	Regelsemester	Leistungspunkte
		180 h	1 Semester	1. Semester	6 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen		Kontaktzeit	Selbststudium	Leistungspunkte
	<b>Vorlesung und Übung</b> <b>„Moderne Methoden der Theoretischen Hochenergie-, Teilchen- und Kernphysik“ (WP)</b>			138 h	6 LP
	<b>Vorlesung (WP)</b>	3 SWS/31,5 h			
	<b>Übung (WP)</b>	1 SWS/10,5 h			
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übung: 20				
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen Ziel dieser Vorlesung ist es, die Studenten an ein forschungsnahes Spezialgebiet in Themenkreis Hochenergie-, Teilchen- und Kernphysik heranzuführen. Dabei sollen die Methoden erlernt werden, die für die Durchführung der Masterarbeit erforderlich sind.				
4.	Inhalte Je nach Dozent erfolgt eine Schwerpunktsetzung auf ein aktuelles Forschungsgebiet aus folgenden Bereichen: elektroschwache und starke Wechselwirkungen, Gittereichtheorie, effektive Feldtheorien, mathematische Aspekte der Störungstheorie, Funktionalintegrale in der Quantenmechanik und Quantenfeldtheorie, Konzepte und Modellbildung jenseits des Standardmodells (z.B. Supersymmetrie, Stringtheorie), u.a. Hinreichend unterschiedliche Vorlesungen zählen hierbei nicht als identische Veranstaltungen.				
5.	Verwendbarkeit des Moduls MSc. Physik				
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme Theoretische Physik 5 (Klassische Feldtheorie), Theoretische Physik 6 des Masterstudiums (Quantenfeldtheorie)				
7.	Zugangsvoraussetzung(en)				
8.	Leistungsüberprüfungen 8.1. <i>Aktive Teilnahme</i> Erfolgreiches Bearbeiten der Übungsaufgaben 8.2. <i>Studienleistung(en)</i>  8.3. <i>Modulprüfung</i> Gemeinsame mündliche Prüfung (30-45 Min.) über beide Spezialvorlesungen				
9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen 6/120				
10.	Häufigkeit des Angebots ???				
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtlich Lehrende Modulbeauftragte: Prof. Dr. M. Neubert, Prof. Dr. H. Wittig  Lehrende: Alle Professor(inn)en der Theoretischen Hochenergie- und Kernphysik				

## Modul Spezialvorlesung I und II: „Moderne Methoden der Theoretischen Hochenergie-, Teilchen- und Kernphysik“

12. Sonstige Informationen

Sprache:

- Englisch

Literatur:

Verschiedene Lehrbücher, forschungsnahe Veröffentlichungen

## Modul Spezialvorlesung I und II: „Beschleunigerphysik“

Kennnummer: 08.128.735		Arbeitsaufwand	Moduldauer	Regelsemester	Leistungspunkte
		180 h	1 Semester	1. Semester	6 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen	Kontaktzeit	Selbststudium	Leistungspunkte	
	<b>Vorlesung und Übung „Beschleunigerphysik“ (WP)</b>		138 h	6 LP	
	<b>Vorlesung (WP)</b>	3 SWS/31,5 h			
	<b>Übung (WP)</b>	1 SWS/10,5 h			
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übung: 20				
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen Lernziel ist es, Aufbau, Dimensionierung und Funktion moderner Teilchenbeschleuniger und Strahlungsquellen anhand der zugrunde liegenden physikalischen Prinzipien zu verstehen. Weiter erlernen die Studenten/innen Kenntnisse der zur Auslegung notwendigen analytischen und numerischen Methoden. Diese Kenntnisse geben den Studenten/innen das notwendige Rüstzeug um eine Masterarbeit im Bereich der Beschleuniger- und Strahlungsphysik - z.B. im Rahmen der Weiterentwicklung des Mainzer Mikrotrons - erfolgreich durchzuführen.				
4.	Inhalte Lineare und nichtlineare Strahldynamik, Rezirkulierende und lineare Beschleunigersysteme mit supraleitenden oder normal leitenden Magneten und Radiofrequenz-Systemen (mit Grundlagen der Supraleitung), Einführung in Kollektive Effekte, Kollider, Synchrotronstrahlung und Freie-Elektronen Laser. Aktuelle Entwicklungen, z.B. ERL's.				
5.	Verwendbarkeit des Moduls MSc. Physik				
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme				
7.	Zugangsvoraussetzung(en)				
8.	Leistungsüberprüfungen 8.1. Aktive Teilnahme Erfolgreiches Bearbeiten der Übungsaufgaben 8.2. Studienleistung(en) 8.3. Modulprüfung Gemeinsame mündliche Prüfung (30-45 Min.) über beide Spezialvorlesungen				
9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen 6/120				

## Modul Spezialvorlesung I und II: „Beschleunigerphysik“

10.	Häufigkeit des Angebots Jedes Wintersemester
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtlich Lehrende Modulbeauftragte: Prof. Dr. K. Aulenbacher Lehrende: Prof. Dr. K. Aulenbacher, Nachwuchsdozenten auf dem Gebiet der Beschleunigerphysik
12.	Sonstige Informationen Sprache: - Englisch  Literatur: - H. Wiedemann, Particle Accelerator Physics Bd. 1&2 - B. Wille, Physik der Teilchenbeschleuniger und Synchrotronstrahlungsquellen

## Modul Spezialvorlesung I und II: „Astroteilchenphysik“

Kennnummer: 08.128.737		Arbeitsaufwand	Moduldauer	Regelsemester	Leistungspunkte
		180 h	1 Semester	1. Semester	6 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen	Kontaktzeit	Selbststudium	Leistungspunkte	
	<b>Vorlesung und Übung „Astroteilchenphysik“ (WP)</b>		138 h	6 LP	
	<b>Vorlesung (WP)</b>	3 SWS/31,5 h			
	<b>Übung (WP)</b>	1 SWS/10,5 h			
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übung: 20				
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen Die Vorlesungen bieten einen Überblick der Kosmologie und Astroteilchenphysik und deren aktueller Forschungsschwerpunkte gewähren und stellen die wesentlichen Kenntnisse bereit um eine experimentelle Masterarbeit auf einem verwandten Gebiet erfolgreich durchführen zu können.				
4.	Inhalte Die Kernthemen der Vorlesung sind: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kosmologie und Entwicklung des Universums;</li> <li>• Dunkle Materie;</li> <li>• Kosmische Strahlung, Neutrinos, Gammastrahlung und Gravitationswellen.</li> </ul> Unter dem Kapitel „Kosmologie und Entwicklung des Universums“ werden kosmologische Modelle und Parameter, kosmologische Distanzen und deren Messung, das Materie-/Antimaterie-Problem, die Bildung leichter Elemente, Hintergrundstrahlung, Strukturbildung, Entstehung, Klassifikation und Entwicklung von Galaxien, aktive galaktische Kerne und Galaxienhaufen sowie Entstehung, Energiebilanz, Entwicklung und Endstadien von Sternen und die damit verbundene Elemententstehung diskutiert. Unter dem Kapitel „Dunkle Materie“ werden die Evidenz, mögliche Kandidaten, und direkte und indirekte Suchen behandelt. Stichwörter zum dritten Kernthema sind: Quellen, Zusammensetzung, Propagation und Nachweis geladener kosmischer Strahlung, Quellen und Nachweis punktförmiger und diffuser Gamma-Strahlung, Bestimmung von Neutrino-Eigenschaften (Oszillationen, direkte Massenbestimmung, neutrinoloser Beta-Zerfall), Quellen und Nachweis kosmischer und terrestrischer Neutrinos, Theorie und Quellen von Gravitationswellen und indirekte und direkte Nachweisverfahren.				
5.	Verwendbarkeit des Moduls MSc. Physik				

Modul Spezialvorlesung I und II: „Astroteilchenphysik“	
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme Kenntnisse auf dem Niveau des Moduls Experimentalphysik 5b "Kern- und Teilchenphysik" des Bachelor-Studiengangs
7.	Zugangsvoraussetzung(en)
8.	Leistungsüberprüfungen 8.1. <i>Aktive Teilnahme</i> Erfolgreiches Bearbeiten der Übungsaufgaben 8.2. <i>Studienleistung(en)</i>  8.3. <i>Modulprüfung</i> Gemeinsame mündliche Prüfung (30-45 Min.) über beide Spezialvorlesungen
9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen 6/120
10.	Häufigkeit des Angebots Jedes Sommersemester
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtlich Lehrende Modulbeauftragte: Prof. Dr. L. Köpke, Prof. Dr. U. Oberlack Lehrende: Prof. S. Böser, Apl Prof. Dr. Egelhoff, Apl Prof. Dr. Kabuss, Prof. Dr. Köpke, Prof. Dr. Oberlack, Prof. M. Wurm, Nachwuchsdozierende auf dem Gebiet der experimentellen Kern- und Teilchenphysik
12.	Sonstige Informationen Sprache: Deutsch – oder auf Wunsch - Englisch Literatur: <ul style="list-style-type: none"> <li>- <a href="#">A. Liddle, Einführung in die moderne Kosmologie</a></li> <li>- P. Schneider, Extragalaktische Astronomie und Kosmologie</li> <li>- <a href="#">C. Grupen, Astroteilchenphysik</a></li> <li>- D. Perkins, Particle Astrophysics</li> </ul>

Modul Spezialvorlesung I und II: „Teilchenphysik“					
Kennnummer: 08.128.738		Arbeitsaufwand	Moduldauer	Regelsemester	Leistungspunkte
		180 h	1 Semester	1. Semester	6 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen	Kontaktzeit	Selbststudium	Leistungspunkte	
	<b>Vorlesung und Übung</b> <b>„Teilchenphysik“ (WP)</b>		138 h	6 LP	
	<b>Vorlesung (WP)</b>	3 SWS/31,5 h			
	<b>Übung (WP)</b>	1 SWS/10,5 h			
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übung: 20				
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen Die Vorlesung soll das Verständnis der fundamentalen Bausteine der Materie und ihrer Wechselwirkungen vertiefen. Grundlegenden Prinzipien werden u. A. anhand aktueller Forschungsschwerpunkte vorgestellt. Die Vorlesung soll die wesentlichen Kenntnisse bereitstellen, um eine experimentelle Masterarbeit auf einem verwandten Gebiet erfolgreich durchführen zu können.				

## Modul Spezialvorlesung I und II: „Teilchenphysik“

4.	Inhalte Die folgenden Inhalte sollen u.a. vermittelt werden: <ul style="list-style-type: none"><li>• Abriss experimenteller Methoden,</li><li>• Bedeutung von Symmetrien und das Quarkmodell,</li><li>• Leptonenstreuung bei hohen Energien sowie</li><li>• Teilchen und Wechselwirkungen im Standardmodell sowie Modelle zu dessen Vereinheitlichung und Ergänzung.</li></ul> Zu allen Themen werden grundlegende und aktuelle Experimente vorgestellt. Je nach Dozentin oder Dozent erfolgen Vertiefungen in den Bereichen „Erweiterungen des Standardmodells“ oder „Gebundene Systeme“.
5.	Verwendbarkeit des Moduls MSc. Physik
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme Kenntnisse auf dem Niveau des Moduls Experimentalphysik 5 "Kern- und Teilchenphysik" des Bachelor-Studiengangs
7.	Zugangsvoraussetzung(en)
8.	Leistungsüberprüfungen <i>8.1. Aktive Teilnahme</i> Erfolgreiches Bearbeiten der Übungsaufgaben <i>8.2. Studienleistung(en)</i> <i>8.3. Modulprüfung</i> Gemeinsame mündliche Prüfung (30-45 Min.) über beide Spezialvorlesungen
9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen 6/120
10.	Häufigkeit des Angebots Jedes Semester
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtlich Lehrende Modulbeauftragter: Prof. Dr. L. Köpke Lehrende: Dozentinnen und Dozenten der experimentellen Teilchen-, Hadronen- und Kernphysik
12.	Sonstige Informationen Sprache: Deutsch – oder auf Wunsch - Englisch Literatur: <ul style="list-style-type: none"><li>- <a href="#">C. Berger, Elementarteilchenphysik, Springer-Verlag, 2006.</a></li><li>- <a href="#">D. Griffiths, Introduction to Elementary Particles, Wiley-VCH Verlag, 2008.</a></li><li>- <a href="#">E. Lohrmann, Hochenergiephysik, Teubner-Verlag, 2005.</a></li><li>- <a href="#">D. H. Perkins, High Energy Physics</a></li><li>- <a href="#">B. Povh et al., Teilchen und Kerne</a></li></ul> weitere Literaturangaben werden zur Beginn der Vorlesung bekanntgegeben.



## Modul Spezialvorlesung I und II: „Theoretische Elementarteilchenphysik“

Kennnummer: 08.128.809		Arbeitsaufwand	Moduldauer	Regelsemester	Leistungspunkte
		180 h	1 Semester	1. Semester	6 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen	Kontaktzeit	Selbststudium	Leistungspunkte	
	<b>Vorlesung und Übung</b> <b>„Theoretische Elementarteilchenphysik“ (WP)</b>		138 h	6 LP	
	<b>Vorlesung (WP)</b>	3 SWS/31,5 h			
	<b>Übung (WP)</b>	1 SWS/10,5 h			
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übung: 20				
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen Die Vorlesung „Theoretische Elementarteilchenphysik“ ist die Fortsetzung der Vorlesung „Relativistische Quantenfeldtheorie“. Ziel der Vorlesung ist es, die Studierenden mit den Konzepten und Methoden der Quantenfeldtheorien vertraut zu machen, die für eine Masterarbeit in der Theoretischen Elementarteilchenphysik benötigt werden.				
4.	Inhalte Pfadintegralformalismus, Quantenkorrekturen, Renormierung in der QED, Renormierungsgruppe; Nicht-Abelsche Eichtheorien, Quantenchromodynamik (QCD); Spontane Symmetriebrechung, Higgs-Mechanismus; Standardmodell der Elementarteilchenphysik.				
5.	Verwendbarkeit des Moduls MSc. Physik				
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme Relativistische Quantenfeldtheorie				
7.	Zugangsvoraussetzung(en)				
8.	Leistungsüberprüfungen 8.1. <i>Aktive Teilnahme</i> Erfolgreiches Bearbeiten der Übungsaufgaben 8.2. <i>Studienleistung(en)</i>  8.3. <i>Modulprüfung</i> Gemeinsame mündliche Prüfung (30-45 Min.) über beide Spezialvorlesungen				
9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen 6/120				
10.	Häufigkeit des Angebots In der Regel jedes Semester				
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtlich Lehrende Modulbeauftragte: Prof. Dr. S. Weinzierl Lehrende: Professor(inn)en der theoretischen Hochenergiephysik				
12.	Sonstige Informationen Sprache: - Englisch Literatur: Peskin & Schroeder, Ryder, Schwartz, Zee				

## Modul Spezialvorlesung I und II: „Einführung in die Gittereichtheorie“

Kennnummer: 08.128.746		Arbeitsaufwand	Moduldauer	Regelsemester	Leistungspunkte
		180 h	1 Semester	2. Semester	6 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen	Kontaktzeit	Selbststudium	Leistungspunkte	
	<b>Vorlesung und Übung</b> <b>„Einführung in die Gittereichtheorie“ (WP)</b>		138 h	6 LP	
	<b>Vorlesung (WP)</b>	3 SWS/31,5 h			
	<b>Übung (WP)</b>	1 SWS/10,5 h			
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übung: 20				
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen Ziel dieser Vorlesung ist es, die Studenten mit den Methoden der Gittereichtheorie bekannt zu machen. Dabei sollen insbesondere die Methoden erlernt werden, die für die Durchführung einer Masterarbeit auf diesem Gebiet erforderlich sind.				
4.	Inhalte Diskretisierung partieller Differenzialgleichungen mittels finiter Differenzen; Pfadintegral in der Quantenmechanik; Euklidische Korrelationsfunktionen in der QFT; Transfermatrix; Skalare Feldtheorie auf dem Gitter und Spinmodelle; Ising-Modell bei hohen und tiefen Temperaturen; $Z_2$ -Gittereichtheorie, Elitzur's Theorem und Wegner-Schleife; QED und QCD im Kontinuum; Wilson-Schleife; Gittereichtheorie mit Wilson-Wirkung; Haar-Maß; Fermionen auf dem Gitter; Statisches Potenzial und strong-coupling expansion; Renormierungsgruppe und Kontinuumsimes; Gitterstörungstheorie; Monte-Carlo-Simulationen und Berechnung hadronischer Eigenschaften.				
5.	Verwendbarkeit des Moduls MSc. Physik				
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme Theoretische Physik 6 des Masterstudiums (Quantenfeldtheorie)				
7.	Zugangsvoraussetzung(en)				
8.	Leistungsüberprüfungen 8.1. <i>Aktive Teilnahme</i> Erfolgreiches Bearbeiten der Übungsaufgaben 8.2. <i>Studienleistung(en)</i>  8.3. <i>Modulprüfung</i> Gemeinsame mündliche Prüfung (30-45 Min.) über beide Spezialvorlesungen				
9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen 6/120				
10.	Häufigkeit des Angebots Unregelmäßig				
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtlich Lehrende Modulbeauftragte: Prof. Dr. H. Wittig Lehrende: Prof. Dr. H. Wittig, Prof. Dr. H. Meyer, PD Dr. G. von Hippel				

## Modul Spezialvorlesung I und II: „Einführung in die Gittereichtheorie“

12. Sonstige Informationen

Sprache: Englisch

Literatur:

- C. Gattringer and C.B. Lang, *Quantum Chromodynamics on the Lattice* (Lect. Notes Phys. **788**), Springer, Berlin Heidelberg 2010.
- J. Smit, *Introduction to Quantum Fields on a Lattice: a robust mate* (Cambridge Lect. Notes Phys. **15**), Cambridge University Press 2002.
- I. Montvay and G. Münster, *Quantum Fields on a Lattice*, Cambridge University Press 1994.
- J.B. Kogut, An Introduction to Lattice Gauge Theory and Spin Systems, Rev. Mod. Phys. **51** (1979) 659.

## Modul Spezialvorlesung I und II: „Einführung in die Stringtheorie“

Kennnummer: 08.128.760	Arbeitsaufwand	Moduldauer	Regelsemester	Leistungspunkte
	180 h	1 Semester	2. Semester	6 LP

	180 h	1 Semester	2. Semester	6 LP
--	-------	------------	-------------	------

1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen	Kontaktzeit	Selbststudium	Leistungspunkte
	<b>Vorlesung und Übung „Einführung in die Stringtheorie“ (WP)</b>		138 h	6 LP
	<b>Vorlesung (WP)</b>	3 SWS/31,5 h		
	<b>Übung (WP)</b>	1 SWS/10,5 h		

2. Gruppengrößen  
Vorlesung: unbegrenzt  
Übung: 20

3. Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen  
Ziel dieser Vorlesung ist es, die Studenten an die Grundlagen klassischer und quantisierter bosonischer und fermionischer Stringtheorien heranzuführen. Dabei sollen Methoden erlernt werden, die für die Durchführung der Masterarbeit erforderlich sind.

4. Inhalte  
Klassischer bosonischer String, Quantisierung (Lichtkegel, kovariant, Pfadintegral, BRST-Formalismus), D-Branen, Superstrings, Einführung in Konforme Feldtheorie, Stringamplituden

5. Verwendbarkeit des Moduls  
MSc. Physik

6. Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme  
Empfohlen, aber nicht Voraussetzung: Theoretische Physik 6 des Masterstudiums (Quantenfeldtheorie), Kosmologie und Allgemeine Relativitätstheorie

7. Zugangsvoraussetzung(en)

8. Leistungsüberprüfungen

8.1. *Aktive Teilnahme*  
Erfolgreiches Bearbeiten der Übungsaufgaben

8.2. *Studienleistung(en)*

8.3. *Modulprüfung*  
Gemeinsame mündliche Prüfung (30-45 Min.) über beide Spezialvorlesungen

9. Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen

## Modul Spezialvorlesung I und II: „Einführung in die Stringtheorie“

	6/120
10.	Häufigkeit des Angebots Unregelmäßig
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtlich Lehrende Modulbeauftragte: Prof. Dr. G. Honecker Lehrende: Alle Professor(inn)en der Theoretischen Hochenergiephysik
12.	Sonstige Informationen Sprache: Englisch  Literatur: Verschiedene Lehrbücher, forschungsnahe Veröffentlichungen, u.a.: - Zwiebach: A First Course in String Theory, Cambridge University Press 2004; - Blumenhagen, Lüst, Theisen: Basic Concepts of String Theory, Springer 2012; - Polchinski: String Theory, Vol. 1 & 2, Cambridge University Press 1998; - Green, Schwarz, Witten: String Theory, Vol. 1 & 2, Cambridge University Press 1987; - Becker, Becker, Schwarz: String Theory and M-Theory - A Modern Introduction, Cambridge University Press 2007

## Modul Spezialvorlesung I und II: „Effektive Feldtheorien“

Kennnummer: 08.128.766		Arbeitsaufwand	Moduldauer	Regelsemester	Leistungspunkte
		180 h	1 Semester	2. Semester	6 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen	Kontaktzeit	Selbststudium	Leistungspunkte	
	<b>Vorlesung und Übung „Effektive Feldtheorien“ (WP)</b>		138 h	6 LP	
	<b>Vorlesung (WP)</b>	3 SWS/31,5 h			
	<b>Übung (WP)</b>	1 SWS/10,5 h			
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übung: 20				
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen Die Vorlesung führt die grundlegenden Ideen, die der Methode der effektiven Feldtheorien zugrundeliegen, ein. Behandelt werden relevante und irrelevante Operatoren, die Renormierungsgruppe, Entkopplung schwerer Teilchen. Ziel der Vorlesung ist auch, zu einem tieferen Verständnis der wichtigsten Anwendungen in modernen Forschungsfeldern zu führen.				
4.	Inhalte Die Methode der effektiven Feldtheorien beschreibt einen systematischen Zugang zu Multi-Skalenproblemen. Eine effektive Feldtheorie verwendet die relevanten Freiheitsgrade um Phänomene bei einer vorgegebenen Energieskala zu beschreiben, während alle Freiheitsgrade, die nur bei einer wesentlich höheren Energieskala relevant sind, eliminiert worden sind. Diese Konzepte führen zu breiten phänomenologischen Anwendungen in der modernen Teilchenphysik. Insbesondere im Bereich der starken Wechselwirkung, die bei verschiedenen Energieskalen unterschiedliches Verhalten zeigt, führen die wichtigen Beispiele der elektroschwachen Lagrangedichte, der Heavy-Quark Effective Theory und der Soft-Collinear Effective Theory zu den nützlichsten Beschreibungen der jeweiligen physikalischen Systeme.				
5.	Verwendbarkeit des Moduls MSc. Physik				
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme				

## Modul Spezialvorlesung I und II: „Effektive Feldtheorien“

	Theoretische Physik 6 des Masterstudiums (Quantenfeldtheorie)
7.	Zugangsvoraussetzung(en)
8.	Leistungsüberprüfungen <i>8.1. Aktive Teilnahme</i> Erfolgreiches Bearbeiten der Übungsaufgaben <i>8.2. Studienleistung(en)</i>  <i>8.3. Modulprüfung</i> Gemeinsame mündliche Prüfung (30-45 Min.) über beide Spezialvorlesungen
9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen 6/120
10.	Häufigkeit des Angebots Unregelmäßig
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtlich Lehrende Modulbeauftragte: Prof. Dr. M. Neubert  Lehrende: Alle Professor(inn)en der Theoretischen Hochenergie- und Hadronenphysik
12.	Sonstige Informationen Sprache: Englisch Literatur: - Vorlesungsskript „Effective Field Theory“ von A. Pich - Vorlesungsskript „Effective Field Theories“ von A. Manohar - Vorlesungsskript „Effective Field Theories and Heavy Quark Physics“ von M. Neubert

## Modul Spezialvorlesung I und II: „Theoretische Astroteilchenphysik“

Kennnummer: 08.128.762	Arbeitsaufwand	Moduldauer	Regelsemester	Leistungspunkte
	180 h	1 Semester	2. Semester	6 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen	Kontaktzeit	Selbststudium	Leistungspunkte
	<b>Vorlesung und Übung</b> <b>„Theoretische Astroteilchenphysik“ (WP)</b>		138 h	6 LP
	<b>Vorlesung (WP)</b>	3 SWS/31,5 h		
	<b>Übung (WP)</b>	1 SWS/10,5 h		
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übung: 20			
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen Ziel dieser Vorlesung ist es, einen breiten aber dennoch gründlichen Überblick über den aktuellen Stand der theoretischen Astroteilchenphysik zu geben. Der Kurs bereitet Studierende darauf vor, aktuelle wissenschaftliche Publikationen aus den Bereichen Kosmologie, dunkle Materie, Neutrinos, etc. zu verstehen und erfolgreich eigene Forschungsarbeiten zu diesen Themen zu beginnen.			
4.	Inhalte			

Modul Spezialvorlesung I und II: „Theoretische Astroteilchenphysik“	
	Die Urknalltheorie (Friedmann-Gleichung, Ausdehnung des Universums); Big Bang-Nukleosynthese; kosmischer Mikrowellenhintergrund; Strukturbildung im Universum; dunkle Materie (Produktion im frühen Universum, Detektion in terrestrischen und astrophysikalischen Experimenten); die kosmische Materie-Antimaterie-Asymmetrie; hochenergetische kosmische Strahlung; Neutrinos (Ursprung der Neutrinomassen, Neutrinooszillationen, Einfluss auf die Kosmologie, Supernova-Neutrinos); Axionen
5.	Verwendbarkeit des Moduls MSc. Physik
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme Theoretische Physik 6 des Masterstudiums (Quantenfeldtheorie)
7.	Zugangsvoraussetzung(en)
8.	Leistungsüberprüfungen 8.1. <i>Aktive Teilnahme</i> Erfolgreiches Bearbeiten der Übungsaufgaben 8.2. <i>Studienleistung(en)</i>  8.3. <i>Modulprüfung</i> Gemeinsame mündliche Prüfung (30-45 Min.) über beide Spezialvorlesungen
9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen 6/120
10.	Häufigkeit des Angebots Unregelmäßig
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtlich Lehrende Modulbeauftragte: Prof. Dr. J. Kopp  Lehrende: Alle Professor(inn)en der Theoretischen Hochenergiephysik
12.	Sonstige Informationen Sprache: Englisch  Literatur: - Verschiedene Lehrbücher, forschungsnahe Veröffentlichungen

Modul Spezialvorlesung I und II: „Amplituden und Präzisionsphysik am LHC“					
Kennnummer: 08.128.764		Arbeitsaufwand	Moduldauer	Regelsemester	Leistungspunkte
		180 h	1 Semester	2. Semester	6 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen	Kontaktzeit	Selbststudium	Leistungspunkte	
	<b>Vorlesung und Übung</b> <b>„Amplituden und Präzisionsphysik am LHC“ (WP)</b>		138 h	6 LP	
	<b>Vorlesung (WP)</b>	3 SWS/31,5 h			
	<b>Übung (WP)</b>	1 SWS/10,5 h			
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übung: 20				

## Modul Spezialvorlesung I und II: „Amplituden und Präzisionsphysik am LHC“

3.	<p>Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen</p> <p>Ziel dieser Vorlesung ist es, die Studenten mit kürzlich entwickelten Methoden zur Berechnung von Streuamplituden im Rahmen einer Quantenfeldtheorie vertraut zu machen. Hierbei wird besonderer Wert auf die Effizienz der verwendeten Methoden gelegt. Diese neuartigen Methoden erlauben anderweitig schwer zu bestimmende Streuquerschnitte für die Experimente am LHC vorherzusagen.</p>
4.	<p>Inhalte</p> <p>Spin- und Helizitätsmethoden, Farbzerlegung, Off-shell Rekursionsrelationen, On-shell Rekursionsrelationen, Streugleichungen; Schleifenintegrale, Differentialgleichungen für Schleifenintegrale, Funktionenklassen (z. B. multiple Polylogarithmen).</p>
5.	<p>Verwendbarkeit des Moduls</p> <p>MSc. Physik</p>
6.	<p>Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme</p> <p>Theoretische Physik 6 des Masterstudiums (Quantenfeldtheorie)</p>
7.	<p>Zugangsvoraussetzung(en)</p>
8.	<p>Leistungsüberprüfungen</p> <p>8.1. <i>Aktive Teilnahme</i></p> <p>Erfolgreiches Bearbeiten der Übungsaufgaben</p> <p>8.2. <i>Studienleistung(en)</i></p> <p>8.3. <i>Modulprüfung</i></p> <p>Gemeinsame mündliche Prüfung (30-45 Min.) über beide Spezialvorlesungen</p>
9.	<p>Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen</p> <p>6/120</p>
10.	<p>Häufigkeit des Angebots</p> <p>Unregelmäßig</p>
11.	<p>Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtlich Lehrende</p> <p>Modulbeauftragte: Prof. Dr. J. Henn, Prof. Dr. S. Weinzierl</p> <p>Lehrende: Alle Professor(inn)en der Theoretischen Hochenergiephysik</p>
12.	<p>Sonstige Informationen</p> <p>Sprache: Englisch</p> <p>Literatur:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- J. Henn, J. Plefka, „Scattering Amplitudes in Gauge Theories“, Springer, 2014;</li> <li>- H. Elvang, Y. Huang, „Scattering Amplitudes in Gauge Theory and Gravity“, Cambridge University Press, 2015;</li> <li>- L. Dixon, „Calculating Scattering Amplitudes Efficiently“, <a href="https://arxiv.org/abs/hep-ph/9601359">arxiv.org/abs/hep-ph/9601359</a></li> </ul>

## Modul Spezialvorlesung I und II: „Funktionale Methoden und exakte Renormierungsgruppe“

Kennnummer: 08.128.747	Arbeitsaufwand	Moduldauer	Regelsemester	Leistungspunkte
	180 h	1 Semester	2. Semester	6 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen	Kontaktzeit	Selbststudium	Leistungspunkte
	<b>Vorlesung und Übung „Funktionale Methoden und exakte Renormierungsgruppe“ (WP)</b>		138 h	6 LP
	<b>Vorlesung (WP)</b>	3 SWS/31,5 h		
	<b>Übung (WP)</b>	1 SWS/10,5 h		
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übung: 20			
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen Ziel dieser Vorlesung ist es, die Studenten mit Pfadintegralen, Funktionalintegralquantisierung von Feldtheorien und der funktionalen Renormierungsgruppengleichung vertraut zu machen.			
4.	Inhalte  (A) Pfadintegrale in der Quantenmechanik:  Beziehung zum kanonischen Zugang, Diskretisierung und Operatorordnung, topologische Aspekte ( mehrfach zusammenhängende Konfigurationsräume, etc.), Evaluation von Funktionalintegralen (exakt lösbare Beispiele, semiklassische Näherung, Störungstheorie), Instantone in der Quantenmechanik (Doppelmuldenpotential, periodische Potentiale, n- und Theta-Vakuum).  (B) Funktionalintegralquantisierung von Feldtheorien:  Funktionales Schrödingerbild, Wellenfunktion, Feld-Teilchen-Beziehung, Symmetrie und Kovarianzeigenschaften, von Übergangsamplituden zu (Vakuums-) Korrelationsfunktionen und erzeugenden Funktionalen, Schwinger-Symanzik Zugang, Funktionalintegraldarstellung über das Schrödingerbild und dem Schwinger-Symanzik Zugang, effektive Wirkung (kanonische und diagrammatische Zugänge, Legendre-Fenchel-Transformation), Rechentechniken (semiklassische und störungstheoretische Entwicklung), störungstheoretische Yang-Mill Theorie, nicht-störungstheoretische Yang-Mills Theorie („große“ Eichtransformationen, Homotopieklassen und -gruppen, Instantone und Tunneleffekte, nicht-perturbative Vakuumstruktur).  (C) Die funktionale Renormierungsgruppengleichung (FRGE):  Funktionale (d.h. "exakte") vs. perturbative Renormierung, kritische Phänomene, Wilson's Renormierungsgruppe in der statistischen Physik und der Quantenfeldtheorie (Theorieraum, Blockspintransformationen, Fluß von Kopplungskonstanten), Konzept der nicht-perturbativen Renormierung, Kontinuumslimites und Phasenübergänge, Konstruktion und „Lösung“ von Quantenfeldtheorien mittels FRGE Methoden.			
5.	Verwendbarkeit des Moduls MSc. Physik			
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme Theoretische Physik 6 des Masterstudiums (Quantenfeldtheorie)			
7.	Zugangsvoraussetzung(en)			
8.	Leistungsüberprüfungen  8.1. <i>Aktive Teilnahme</i> Erfolgreiches Bearbeiten der Übungsaufgaben  8.2. <i>Studienleistung(en)</i>  8.3. <i>Modulprüfung</i> Gemeinsame mündliche Prüfung (30-45 Min.) über beide Spezialvorlesungen			



**Modul Spezialvorlesung I und II: „Funktionale Methoden und exakte Renormierungsgruppe“**

9. Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen

6/120

10. Häufigkeit des Angebots

Unregelmäßig

11. Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtlich Lehrende

Modulbeauftragte: Prof. Dr. M. Reuter

Lehrende: Alle Professor(inn)en der Theoretischen Hochenergiephysik

12. Sonstige Informationen

Sprache: Englisch

## Modul Vertiefende Vorlesung: „Vertiefende Kapitel der Teilchenphysik“

Kennnummer: 08.128.806		Arbeitsaufwand	Moduldauer	Regelsemester	Leistungspunkte
		180 h	1 Semester	2. Semester	6 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen		Kontaktzeit	Selbststudium	Leistungspunkte
	<b>Vorlesung und Übung</b> <b>„Vertiefende Kapitel der Teilchenphysik“ (WP)</b>			138 h	6 LP
	<b>Vorlesung (WP)</b>		3 SWS/31,5 h		
	<b>Übung (WP)</b>		1 SWS/10,5 h		
2.	Gruppengrößen				
	Vorlesung: unbegrenzt Übung: 20				
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen	In dieser Vorlesung sollen spezielle Aspekte der fundamentalen Bausteine der Materie und ihrer Wechselwirkungen vertieft werden. Anhand aktueller Forschungsschwerpunkte werden neueste experimentelle Methoden und Ergebnisse vorgestellt und die Einordnung in die theoretischen Strukturen diskutiert. Die Vorlesung soll weiterführende Kenntnisse bereitstellen, um eine experimentelle Masterarbeit auf einem verwandten Gebiet erfolgreich durchführen zu können.			
4.	Inhalte	Leptonenstreuung bei hohen Energien; Starke Wechselwirkung; Elektroschwache Wechselwirkung, Modelle zur Vereinheitlichung und Ergänzung des Standardmodells. Die Vorlesung wird sich zumeist auf einen der obigen Themenkreise fokussieren.			
5.	Verwendbarkeit des Moduls	MSc. Physik			
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme	Kenntnisse auf dem Niveau des Moduls Experimentalphysik 5b "Kern- und Teilchenphysik" des Bachelor-Studiengangs. Hilfreich, aber nicht vorausgesetzt ist sind die Kenntnisse der Spezialvorlesung "Elementarteilchenphysik".			
7.	Zugangsvoraussetzung(en)				
8.	Leistungsüberprüfungen				
	8.1. Aktive Teilnahme	Erfolgreiches Bearbeiten der Übungsaufgaben			
	8.2. Studienleistung(en)				
	8.3. Modulprüfung	Klausur (90-180 Min.) oder mündliche Prüfung (30 Min)			
9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen	6/120			
10.	Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig			
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtlich Lehrende	Modulbeauftragter: Prof. Dr. L. Köpke Lehrende: Dozenten und Dozentinnen aus dem Bereich der experimentellen Elementarteilchenphysik			

## Modul Vertiefende Vorlesung: „Vertiefende Kapitel der Teilchenphysik“

12.	Sonstige Informationen
	Sprache: Englisch Literatur: - <a href="#">C. Berger, Elementarteilchenphysik</a> - <a href="#">D. Griffiths, Introduction to Elementary Particles</a> Weitere Literaturangaben (insbesondere auch aktuelle Publikationen zu den Schwerpunktsthemen) werden zu Beginn der Vorlesung bekanntgegeben.

## Modul Vertiefende Vorlesung: „Vertiefende Kapitel der subatomaren Physik“

Kennnummer: 08.128.807		Arbeitsaufwand	Moduldauer	Regelsemester	Leistungspunkte
		180 h	1 Semester	2. Semester	6 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen	Kontaktzeit	Selbststudium	Leistungspunkte	
	<b>Vorlesung und Übung</b> <b>„Vertiefende Kapitel der subatomaren Physik“ (WP)</b>		138 h	6 LP	
	<b>Vorlesung (WP)</b>	3 SWS/31,5 h			
	<b>Übung (WP)</b>	1 SWS/10,5 h			
2.	Gruppengrößen				
	Vorlesung: unbegrenzt Übung: 20				
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen				
	Die Vorlesungen sollen ein vertieftes Verständnis für forschungsnahen Gebiete der Hadronenphysik ermöglichen. Grundlegenden Prinzipien werden u. a. anhand aktueller Forschungsschwerpunkte vorgestellt. Die Vorlesung soll die wesentlichen Kenntnisse bereitstellen, um eine experimentelle Masterarbeit auf einem verwandten Gebiet erfolgreich durchführen zu können.				
4.	Inhalte				
	Aktuelle experimentelle Verfahren, elektromagnetische und hadronische Sonden, Polarisierungsexperimente; Resonanzen, Zerfälle, Formfaktoren und Strukturfunktionen der Hadronen; effektive Theorien; Spektroskopie, Symmetrie und Struktur von Hadronen, Einfluss der Hadronenphysik auf Präzisionstests des Standardmodells. Zu allen Themen werden grundlegende Experimente vorgestellt.				
5.	Verwendbarkeit des Moduls				
	MSc. Physik				
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme				
	Kenntnisse auf dem Niveau des Moduls Experimentalphysik 5 "Kern- und Teilchenphysik" des Bachelor-Studiengangs				
7.	Zugangsvoraussetzung(en)				
8.	Leistungsüberprüfungen				
	8.1. Aktive Teilnahme				
	Erfolgreiches Bearbeiten der Übungsaufgaben				
	8.2. Studienleistung(en)				
	8.3. Modulprüfung				
	Klausur (90-180 Min.) oder mündliche Prüfung (30 Min)				

## Modul Vertiefende Vorlesung: „Vertiefende Kapitel der subatomaren Physik“

9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen 6/120
10.	Häufigkeit des Angebots
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtlich Lehrende Modulbeauftragte: Prof. Dr. A. Denig  Lehrende: Dozenten und Dozentinnen aus dem Bereich der experimentellen Kern- und Hadronenphysik
12.	Sonstige Informationen Sprache: - Englisch  Literatur: Diverse Lehrbücher, z.B.: - B. Povh et al., Teilchen und Kerne - D. H. Perkins, High Energy Physics - W. Thomas und W. Weise, The Structure of the Nucleon

## Modul Vertiefende Vorlesung: „Vertiefende Kapitel der Astroteilchen- und Astro-Physik“

Kennnummer: 08.128.808		Arbeitsaufwand	Moduldauer	Regelsemester	Leistungspunkte
		180 h	1 Semester	2. Semester	6 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen	Kontaktzeit	Selbststudium	Leistungspunkte	
	<b>Vorlesung und Übung</b> <b>„Vertiefende Kapitel der Astroteilchen- und Astro-Physik“ (WP)</b>		138 h	6 LP	
	<b>Vorlesung (WP)</b>	3 SWS/31,5 h			
	<b>Übung (WP)</b>	1 SWS/10,5 h			
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übung: 20				
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen Die Vorlesungen sollen ein vertieftes Verständnis für forschungsnahe Gebiete der Astroteilchenphysik oder der Nuklearen Astrophysik bereitstellen. Grundlegende Prinzipien werden u. A. anhand aktueller Forschungsschwerpunkte vorgestellt. Die Vorlesung soll die wesentlichen Kenntnisse bereitstellen, um eine experimentelle Masterarbeit auf einem verwandten Gebiet erfolgreich durchführen zu können.				
4.	Inhalte Je nach Dozentin oder Dozent erfolgt eine Schwerpunktsetzung auf nukleare oder teilchenphysikalische Aspekte der folgenden Themen: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kosmologie (frühes Universum, Nukleosynthese, dunkle Komponenten),</li> <li>• Sterne (Entstehung, Energieerzeugung und Entwicklungsstadien) oder</li> <li>• Kosmische Strahlung (Herkunft und Beschleunigung).</li> </ul>				
5.	Verwendbarkeit des Moduls MSc. Physik				
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme Kenntnisse auf dem Niveau des Moduls Experimentalphysik 5b "Kern- und Teilchenphysik".				

Modul Vertiefende Vorlesung: „Vertiefende Kapitel der Astroteilchen- und Astro-Physik“	
7.	Zugangsvoraussetzung(en)
8.	Leistungsüberprüfungen 8.1. <i>Aktive Teilnahme</i> Erfolgreiches Bearbeiten der Übungsaufgaben 8.2. <i>Studienleistung(en)</i> 8.3. <i>Modulprüfung</i> Klausur (90-180 Min.) oder mündliche Prüfung (30 Min)
9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen 6/120
10.	Häufigkeit des Angebots unregelmäßig
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtlich Lehrende Modulbeauftragter: Prof. Dr. L. Köpke Lehrende: Prof. Dr. S. Böser, Apl Prof. Dr. Egelhoff, Apl Prof. Dr. Kabuss, Prof. Dr. Köpke, Prof. Dr. Oberlack, Prof. Dr. M. Wurm; Nachwuchsdozenten auf dem Gebiet der experimentellen Kern- und Teilchenphysik
12.	Sonstige Informationen Sprache: Deutsch - oder auf Wunsch - Englisch Literatur: Diverse Lehrbücher, z.B.: - <a href="#">C. Grupen, Astroteilchenphysik</a> - <a href="#">E. Rofls und W. Rodney, Cauldrons in the Cosmos</a>

Modul Vertiefende Vorlesung: „Spinfreiheitsgrade in Beschleunigern“					
Kennnummer: 08.128.816		Arbeitsaufwand	Moduldauer	Regelsemester	Leistungspunkte
		180 h	1 Semester	2. Semester	6 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen	Kontaktzeit	Selbststudium	Leistungspunkte	
	<b>Vorlesung und Übung</b> <b>„Spinfreiheitsgrade in Beschleunigern“ (WP)</b>		138 h	6 LP	
	<b>Vorlesung (WP)</b>	3 SWS/31,5 h			
	<b>Übung (WP)</b>	1 SWS/10,5 h			
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übung: 20				
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen Lernziel ist zunächst, das Grundverständnis für das Verhalten spinpolarisierter Ensembles zu entwickeln um dann zum kollektiven Verhalten in makroskopischen Feldern überzugehen (Thomas-BMT-Gleichung). Daraus ergibt sich die Beschreibung der Depolarisationsphänomene in Beschleunigern/Speicherringen. Im 2. Teil wird auf Systeme mit mikroskopischer Wechselwirkung (spinpol. Quellen und Polarimeter, Paritätsverletzung und Doppelpol-Experimente eingegangen. Die VV ermöglicht das direkte Einsteigen in Master-Arbeiten mit Spinfreiheitsgraden (Beschleuniger, Streuexperimente, etc...).				

## Modul Vertiefende Vorlesung: „Spinfreiheitsgrade in Beschleunigern“

4.	Inhalte Spin polarisierte Ensembles, Dichtematrix, Dirac-Gleichung, Thomas-BMT-Gleichung, Single-pass Spin Rotatoren, Sibirische Schlangen, Intrinsische- und Imperfektionsresonanzen, Sokolov-Ternov-Effekt, Spin-stabile Lösungen, Depolarisation durch Synchrotronstrahlung, Gleichgewichtspolarisationen, Spinpolarisierte Quellen, Analysierstärken als Streu-Observablen, Polarimetrie, Berechnung der Analysierstärke in der Mott-Streuung, Paritätsverletzende Observablen, Paritätsexperimente an Beschleunigern, Doppelpolarisationsexperimente mit pol. Targets und an Kollidern.
5.	Verwendbarkeit des Moduls MSc. Physik
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme Vorlesung: Beschleunigerphysik
7.	Zugangsvoraussetzung(en)
8.	Leistungsüberprüfungen 8.1. <i>Aktive Teilnahme</i> Erfolgreiches Bearbeiten der Übungsaufgaben 8.2. <i>Studienleistung(en)</i> 8.3. <i>Modulprüfung</i> Klausur (90-180 Min.) oder mündliche Prüfung (30 Min)
9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen 6/120
10.	Häufigkeit des Angebots Jedes Sommersemester
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtlich Lehrende Modulbeauftragte: Prof. Dr. K. Aulenbacher Lehrende: Prof. Dr. K. Aulenbacher, Nachwuchsdozenten auf dem Gebiet der Beschleunigerphysik
12.	Sonstige Informationen Sprache: - Englisch  Literatur: D. Barber: Introduction to Spin polarisation in accelerators and storage rings <a href="http://www.cockcroft.ac.uk/education/Barber_spin_June06.pdf">www.cockcroft.ac.uk/education/Barber_spin_June06.pdf</a> B.W. Montague Physics Reports 113 (1984) 1-96 - A. Lehrach: Strahl und Spin-Dynamik von Hadronenstrahlen in Mittelenergiespeicherringen. Schriften des Forschungszentrums Jülich, Reihe Schlüsseltechnologien, Jülich 2008 ISBN 978-3-89336-548-7

## 5.5 FORSCHUNGSPHASE

<b>Modul Spezialisierung</b>					
Kennnummer: M.08.128.660		Arbeitsaufwand	Moduldauer	Regelsemester	Leistungspunkte
		300 h	1 Semester	3. Semester	14 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen		Kontaktzeit	Selbststudium	Leistungspunkte
	<b>Spezialisierung (P)</b>		60 h	360 h	14 LP
2.	Gruppengrößen				
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen Der/die Studierende erlernt innerhalb einer wissenschaftlichen Arbeitsgruppe <ul style="list-style-type: none"> <li>• die zur Durchführung der Master-Arbeit erforderlichen Spezialkenntnisse,</li> <li>• die zur Durchführung der Master-Arbeit erforderlichen Methoden und eigenständiges wissenschaftliches Arbeiten.</li> </ul>				
4.	Inhalte Es wird ein vorläufiges Thema der Master-Arbeit aus dem Forschungsvorhaben einer experimentellen oder theoretischen Arbeitsgruppe formuliert, in das sich der/die Studierende einarbeitet.				
5.	Verwendbarkeit des Moduls MSc. Physik				
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme				
7.	Zugangsvoraussetzung(en) alle Lehrveranstaltungen des Masterstudiengangs im 1. und 2. Semester, eventuell mit Ausnahme der Spezialvorlesung II, der Vertiefenden Vorlesung und von Seminar II				
8.	Leistungsüberprüfungen 8.1. <i>Aktive Teilnahme</i> Einarbeitung in des Forschungsvorhabens mit mindestens einem wöchentlichen Betreuungsgespräch 8.2. <i>Studienleistung(en)</i>  8.3. <i>Modulprüfung</i> abschließender Seminarvortrag vor der Arbeitsgruppe				
9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen 0/120 (das Modul ist unbenotet)				
10.	Häufigkeit des Angebots Jedes Semester				
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtlich Lehrende Modulbeauftragte: Prof. Dr. M. Ostrick Lehrende: Alle Professor(inn)en und Dozent(inn)en der Experimentalphysik und der Theoretischen Physik				
12.	Sonstige Informationen Sprache: - Englisch				

<b>Modul Methodenkenntnis</b>					
Kennnummer: M.08.128.670		Arbeitsaufwand	Moduldauer	Regelsemester	Leistungspunkte
		450 h	1 Semester	3. Semester	15 LP
13.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen	Kontaktzeit	Selbststudium	Leistungspunkte	
	<b>Methodenkenntnis (P)</b>	60 h	390 h	15 LP	
14.	Gruppengrößen				
15.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen				
	Der/die Studierende erlernt innerhalb einer wissenschaftlichen Arbeitsgruppe <ul style="list-style-type: none"> <li>• die zur Durchführung der Master-Arbeit erforderlichen Spezialkenntnisse,</li> <li>• die zur Durchführung der Master-Arbeit erforderlichen Methoden und eigenständiges wissenschaftliches Arbeiten.</li> </ul>				
16.	Inhalte				
	Für das Thema der Master-Arbeit aus dem Forschungsvorhaben einer experimentellen oder theoretischen Arbeitsgruppe arbeitet sich der/die Studierende in die zur Durchführung der Master-Arbeit erforderlichen Methoden ein.				
17.	Verwendbarkeit des Moduls				
	MSc. Physik				
18.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme				
19.	Zugangsvoraussetzung(en)				
	Modul „Spezialisierung“				
20.	Leistungsüberprüfungen				
	8.1. Aktive Teilnahme				
	Erlernen der Methoden mit mindestens einem wöchentlichen Betreuungsgespräch				
	8.2. Studienleistung(en)				
	8.3. Modulprüfung				
	abschließender Seminarvortrag vor der Arbeitsgruppe oder Erstellung eines Portfolios				
21.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen				
	15/120				
22.	Häufigkeit des Angebots				
	Jedes Semester				
23.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtlich Lehrende				
	Modulbeauftragte: Prof. Dr. M. Ostrick				
	Lehrende: Alle Professor(inn)en und Dozent(inn)en der Experimentalphysik und der Theoretischen Physik				
24.	Sonstige Informationen				
	Sprache:				
	- Englisch				



<b>Modul Masterarbeit</b>					
Kennnummer: A.08.128.960		Arbeitsaufwand	Moduldauer	Regelsemester	Leistungspunkte
		450 h	1 Semester	4. Semester	31 LP
25.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen		Kontaktzeit	Selbststudium	Leistungspunkte
	<b>a) Masterarbeit (P)</b>		112 h	788 h	30 LP
	<b>b) Abschlusskolloquium (P)</b>		2 h	28 h	1 LP
26.	Gruppengrößen				
27.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen				
28.	<p>Inhalte</p> <p>Für das Thema der Master-Arbeit aus dem Forschungsvorhaben einer experimentellen oder theoretischen Arbeitsgruppe erarbeitet der/die Studierende neue Ergebnisse an der Grenze des Wissens.</p>				
29.	<p>Verwendbarkeit des Moduls</p> <p>MSc. Physik</p>				
30.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme				
31.	<p>Zugangsvoraussetzung(en)</p> <p>Module "Spezialisierung" und "Methodenkenntnis" der Forschungsphase</p>				
32.	<p>Leistungsüberprüfungen</p> <p><i>8.1. Aktive Teilnahme</i></p> <p>Erarbeiten der neuen Ergebnisse an der Grenze des Wissens mit mindestens einem wöchentlichen Betreuungsgespräch</p> <p><i>8.2. Studienleistung(en)</i></p> <p>schriftliche Master-Arbeit</p> <p><i>8.3. Modulprüfung</i></p> <p>Abschlusskolloquium vor der Arbeitsgruppe</p>				
33.	<p>Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen</p> <p>30/120 (siehe § 16 der PO)</p>				
34.	<p>Häufigkeit des Angebots</p> <p>Jedes Semester</p>				
35.	<p>Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtlich Lehrende</p> <p>Modulbeauftragte: Prof. Dr. M. Ostrick Lehrende: Alle Professor(inn)en und Dozent(inn)en der Experimentalphysik und der Theoretischen Physik</p>				
36.	<p>Sonstige Informationen</p> <p>Sprache: - Englisch</p>				

## 5.6 NICHTPHYSIKALISCHE FÄCHER

### 5.6.1 Chemie

Modul NF-KCh: Kernchemie						
Lehrveranstaltung	Art	Regel-semester	Verpflichtungsgrad	SWS	LP	Studienleistungen
Einführung in die Kernchemie	V	1	WPfl	2 SWS	2 LP	
Übungen zu Einführung in die Kernchemie	Ü	1	WPfl	1 SWS	2 LP	
Kernchemisches Praktikum I	P	1 oder 2	WPfl	5 SWS	5 LP	
Spezialvorlesung I (optional)	V	2	WPfl	2 SWS	3 LP	
Spezialvorlesung II (optional)	V	2	WPfl	2 SWS	3 LP	
Modulprüfung	Mündliche Abschlussprüfung (30-45 Min.)					
	<p>Die Studierenden sollen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>die Grundlagen der Kern- und Radiochemie vermittelt bekommen. In den Übungen sollen darüber hinaus in Form von Kurzvorträgen Themen der angewandten Kernchemie vorgestellt werden.</li> </ul> <p>Im optionalen Praktikum sollen die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>den Umgang mit offenen Radioaktivitäten beherrschen lernen.</li> </ul> <p>In den optionalen Spezialvorlesungen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>erhaltend die Studierenden Einblicke in forschungsnahen Themen.</li> </ul>					
Gesamt (ohne Optionen)				9 SWS	9 LP	
Gesamt (mit Spezialvorlesung I)				11 SWS	12 LP	
Gesamt (mit Spezialvorlesungen I und II)				13 SWS	15 LP	

Lehrveranstaltung	Modul NF-KCh: Einführung in die Kernchemie
Semester	1. Fachsemester
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. F. Rösch
Dozent(inn)en	Prof. Dr. F. Rösch
Sprache	Deutsch
Zuordnung zum Curriculum	Wpfl. Diplomstudiengang Physik und im Master-Studiengang Physik
Lehrform	Vorlesung (2 SWS), begleitende Übung (1 SWS)
Arbeitsaufwand	Präsenzstudium 31.5 h, Eigenstudium 88.5 h
Kreditpunkte	4 LP
Voraussetzungen	keine fachspezifischen
Inhalt	Geschichte der Radioaktivität, Zerfallsgesetze, Einheiten der Radioaktivität, natürliche Radionuklide, Masse und Bindungsenergie von Kernen, Nukleon-Nukleon-Wechselwirkung, Kernradien, Kernspin, Kernmomente, Liquid-Drop Modell, Schalenstruktur, $\alpha$ -Zerfall, Cluster-Radioaktivität, Spontanspaltung, Strutinsky-Verfahren, Superschwere Elemente, $\beta$ -Zerfall, elektromagnetische Übergänge, Kernreaktionen, Energetik, Wirkungsquerschnitt, optisches Modell, Compoundkern, statistisches Modell, Niveaudichten, Präcompoundzerfall, direkte Reaktionen, induzierte Spaltung, Hochenergiereaktionen, Fermigasmodell, Schalenmodell, kollektive Anregungen, Nilsson-Modell, Paarkraft, Interacting Boson Approximation.
Studien- und Prüfungsleistungen	<i>Studienleistung:</i> Begleitende Übungen zur Vorlesung, Klausur <i>Modulprüfung:</i> siehe Modulbeschreibung
Medienformen	Tafel, Folien, Beamer-Präsentation, veranstaltungsspezifische Webseiten
Literatur	G. Friedlander et al., Nuclear and Radiochemistry, Wiley 1981 K.H. Lieser, Nuclear and Radiochemistry, Wiley-VCH 2001 T. Mayer-Kuckuk, Kernphysik, Teubner 1979

Lehrveranstaltung	Modul NF-KCh: Kernchemisches Praktikum I
Semester	1. oder 2. Fachsemester (Ferienkurs)
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. F. Rösch
Dozent(inn)en	Prof. Dr. Tobias Reich, Prof. Dr. Frank Rösch
Sprache	Deutsch

Zuordnung zum Curriculum	Diplomstudiengang Physik, Master-Studiengang Physik (Wahlpflichtveranstaltung)
Lehrform	Praktikum (5 SWS)
Arbeitsaufwand	Präsenzstudium 52.5 h, Eigenstudium 97.5 h
Kreditpunkte	5 LP
Voraussetzungen	Einführung in die Kernchemie
Inhalt	Herstellung und Messung radioaktiver Präparate, Statistik radioaktiver Zerfälle, Mutter-Tochter-Gleichgewicht, Wechselwirkung von Strahlung mit Materie, $\gamma$ -Spektroskopie, Dosimetrie und Strahlenschutz, Kernreaktionen mit Neutronen, Nachweis der Kernspaltung, Anwendung von Radioisotopen, chemisches Verhalten eines Transuran-Elements.
Studien- und Prüfungsleistungen	<i>Studienleistung:</i> Abschlusskolloquium (30 Min.) <i>Modulprüfung:</i> siehe Modulbeschreibung
Medienformen	Tafel, Folien, veranstaltungsspezifische Webseiten
Literatur	P. Hoffmann, K.H. Lieser, Methoden der Kern- und Radiochemie, VCH 1991, W. Stolz, Radioaktivität, Teubner 2003, H.-G. Vogt, H. Schultz, Grundzüge des praktischen Strahlenschutzes, Hanser 1992

Lehrveranstaltung	Modul NF-KCh: Spezialvorlesung "Chemie und Kernchemie der Schwersten Elemente"
Semester	2. Fachsemester
Modulverantwortliche(r)	N.N.
Dozent(inn)en	N.N.
Sprache	Deutsch
Zuordnung zum Curriculum	Diplomstudiengang Physik, Master-Studiengang Physik Wahl zu Spezialvorlesung I oder II
Lehrform	Vorlesung (2 SWS)
Arbeitsaufwand	Präsenzstudium 21 h, Eigenstudium 69 h
Kreditpunkte	3 LP
Voraussetzungen	Einführung in die Kernchemie
Inhalt	Synthese der schwersten Elemente in Reaktoren, an Schwerionenbeschleunigern, Mechanismus der Fusion und der Teilchenabdampfung, Nachweisverfahren für einzelne Atome, Chemie der Actiniden, Actiniden in der Umwelt, Chemie der Transactiniden, relativistische Effekte.
Studien- und Prüfungsleistungen	<i>Studienleistung:</i> Besuch der Vorlesung <i>Modulprüfung:</i> siehe Modulbeschreibung
Medienformen	Tafel, Folien, Beamer-Präsentation, veranstaltungsspezifische Webseiten
Literatur	G.T. Seaborg, W. Loveland, The Elements Beyond Uranium, Wiley 1990, G.T. Seaborg, Transuranium Elements, Dowden, Hutchinson & Ross 1978, W. Greiner, R.K. Gupta, Heavy Elements and Related New Phenomena, World Scientific 1999, M. Schädel, The Chemistry of Superheavy Elements, Kluwer 2003, D.C. Hoffman, A. Ghiorso, G.T. Seaborg, The Transuranium People, Imperial College Press 2000

Lehrveranstaltung	Modul NF-KCh: Spezialvorlesung "Kernreaktionen"
Semester	2. Fachsemester
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. Jens Volker Kratz
Dozent(inn)en	Prof. Dr. Jens Volker Kratz, N.N.
Sprache	Deutsch
Zuordnung zum Curriculum	Diplomstudiengang Physik, Master-Studiengang Physik Wahl zu Spezialvorlesung I oder II
Lehrform	Vorlesung (2 SWS)
Arbeitsaufwand	Präsenzstudium 21 h, Eigenstudium 69 h
Kreditpunkte	3 LP
Voraussetzungen	Einführung in die Kernchemie

Inhalt	Energetik von Kernreaktionen, Kinematik, klassische Coulomb-Trajektorien, Wirkungsquerschnitt, Elastische Streuung, Streuformalismus, optisches Modell, Kernreaktionen mit leichten Teilchen, Compoundkern und statistisches Modell, Compoundkernspaltung, Präcompoundzerfall, direkte Reaktionen, Schwerionenreaktionen an der Barriere, Fusion, dynamische Behinderung, die Reseparationskanäle: Tief-inelelastische Streuung und Quasispaltung, relativistische Schwerionenstöße, relativistische Coulomanregung, periphere Stöße, intranukleare Kaskade, radioaktive Strahlen, Aufbruchspektroskopie, Multifragmentation, Resonanzmaterie, Quark-Gluon-Plasma.
Studien- und Prüfungsleistungen	<i>Studienleistung:</i> Besuch der Vorlesung <i>Modulprüfung:</i> siehe Modulbeschreibung
Medienformen	Tafel, Folien, Beamer-Präsentation, veranstaltungsspezifische Webseiten
Literatur	R. Bock, Heavy Ion Collisions, North-Holland 1979, R. Bass, Nuclear Reactions With Heavy Ions, Springer 1980, W. Nörenberg, H.A. Weidenmüller, Introduction to the Theory of Heavy-Ion Collisions, Springer 1980, P. David, T. Mayer-Kuckuk, A. van der Woude, Dynamics of Nuclear Fission and Related Collective Phenomena, Springer 1982, R. Vandenbosch, J.R. Huizenga, Nuclear Fission, Academic Press 1973, D.A. Bromley, Treatise on Heavy-Ion Science, Plenum 1984

Lehrveranstaltung	Modul NF-KCh: Spezialvorlesung "Fundamentale Experimente mit Ultrakalten Neutronen"
Semester	2. Fachsemester
Modulverantwortliche(r)	N.N.
Dozent(inn)en	Prof. Dr. Werner Heil, N.N.
Sprache	Deutsch
Zuordnung zum Curriculum	Diplomstudiengang Physik, Master-Studiengang Physik Wahl zu Spezialvorlesung I oder II
Lehrform	Vorlesung (2 SWS)
Arbeitsaufwand	Präsenzstudium 21 h, Eigenstudium 69 h
Kreditpunkte	3 LP
Voraussetzungen	Einführung in die Kernchemie
Inhalt	Herstellung von UCN an Reaktoren, Spallationsneutronenquellen, Fermi-Potential, Transport und Speicherung, Experimente mit UCN, Lebensdauer des freien Neutrons, Elektrisches Dipolmoment des Neutrons, Suche nach gravitativ gebundenen Quantenzuständen ultrakalter Neutronen.
Studien- und Prüfungsleistungen	<i>Studienleistung:</i> Besuch der Vorlesung <i>Modulprüfung:</i> siehe Modulbeschreibung
Medienformen	Tafel, Folien, Beamer-Präsentation, veranstaltungsspezifische Webseiten
Literatur	Ya.B. Zel'dovich, Sov. Phys.- JETP 9, 1389 (1959) V.I. Lushikov et al., JETP Letters 9, 23 (1969) L.V. Groshev et al., Phys. Lett. B34, 293 (1971) F.L. Shapiro, Sov. Phys. Usp. 11, 345 (1968) R. Golub, J.M. Pendlebury, Contemp. Phys. 13, 519 (1972) W. Mampe et al., Nucl. Instr. Meth. A284, 111 (1989) J.D. Jackson, Phys. Rev. 106, 517 (1957)

## Modul „Theoretische Chemie“

Modul-Kennnummer (JOGU-StfNe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
M.09.032.xxx	360 h	2 Semester	1. Semester	12 LP
37. Lehrveranstaltungen/Lehrformen		Kontaktzeit	Selbststudium	Leistungspunkte

## Modul „Theoretische Chemie“

	<b>a) Vorlesung/ Übung Theoretische Chemie 1</b>	3 SWS/32 h	88 h	4 LP
	<b>b) Praktikum: Theoretische Chemie 1</b>	5 SWS/53 h	7 h	2 LP
	<b>c) Vorlesung/ Übung Theoretische Chemie 2</b>	3 SWS/32 h	88 h	4 LP
	<b>d) Praktikum: Computerchemie</b>	5 SWS/53 h	7 h	2 LP
38.	Besonderheiten bezüglich der Lehrveranstaltungen/Lehrformen			
	a), c): Vorlesung/Übung b), d): Praktikum: Kurs-Praktikum 2 Wochen ganztägig			
39.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen			
	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Eingehendes Verständnis der Grundlagen der Quantenchemie, Umsetzung quantenchemischer Theorie in ein Computerprogramm</li> <li>b) Die Studierenden lernen im Praktikum ein effektives Zeit- und Ressourcenmanagement, indem sie Arbeitsabläufe eigenverantwortlich planen und in einem definierten Zeitfenster realisieren. Zur Vorbereitung der vorgegebenen Versuche erfolgt die Bewertung und Analyse der aktuellen Literatur unter wissenschaftlichen Gesichtspunkten.</li> <li>c) Kenntnis und Verständnis moderner Methoden der Quantenchemie, Anwendung moderner Programmpakete zur Lösung chemischer Fragestellungen</li> <li>d) Die Studierenden lernen im Praktikum ein effektives Zeit- und Ressourcenmanagement, indem sie Arbeitsabläufe eigenverantwortlich planen und in einem definierten Zeitfenster realisieren. Zur Vorbereitung der vorgegebenen Versuche erfolgt die Bewertung und Analyse der aktuellen Literatur unter wissenschaftlichen Gesichtspunkten.</li> </ul>			
40.	Inhalte			
	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Grundlagen (Schrödingergleichung, Born-Oppenheimer Näherung, Hartree-Fock Theorie, Dichtefunktionaltheorie, „Self-Consistent-Field“-Verfahren, Berechnung von Moleküleigenschaften)</li> <li>b) Verfassen eines Computerprogramms zur Durchführung einer quantenchemischen Rechnung</li> <li>c) Moderne quantenchemische Methoden (Elektronenkorrelation, Vielteilchentheorie, Zweite Quantisierung, Coupled-Cluster theory)</li> <li>d) Verwendung von quantenchemischen und molekulardynamischen Programmpakete zur Lösung chemischer Fragestellungen</li> </ul>			
41.	Verwendbarkeit des Moduls			
	M. Sc. Physik			
42.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme			
	Grundkenntnisse der Quantenmechanik Es wird empfohlen die Lehrveranstaltungen in folgender Reihenfolge zu absolvieren: a) und b) vor c) und d).			
43.	Zugangsvoraussetzung(en)			
	Zugangsvoraussetzung für die Teilnahme am Praktikum Theoretische Chemie 1 ist die aktive Teilnahme an der Vorlesung/Übung Theoretische Chemie 1.			
44.	Leistungsüberprüfungen			
	8.1. Studienleistung(en)			
	Kolloquium zum Praktikum Computerchemie			
	8.2. Modulprüfung			
	Klausur (120 min) oder mündliche Prüfung (30 min)			
45.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen			
	12/120			
46.	Häufigkeit des Angebots			
	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) jährlich im Wintersemester</li> <li>b) jährlich im Wintersemester (als Block in der vorlesungsfreien Zeit)</li> <li>c) jährlich im Sommersemester</li> <li>d) jährlich im Sommersemester (im Semester oder als Block auch in der vorlesungsfreien Zeit)</li> </ul>			

## Modul „Theoretische Chemie“

47. Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtlich Lehrende

Prof. Dr. Jürgen Gauß

48. Sonstige Informationen

An dem Praktikum Theoretische Chemie 1 können 5 Studierende pro Jahr teilnehmen. Das Praktikum Computerchemie wird im Rahmen des Moduls „Theoretische Chemie“ und des Moduls „Einführung in die Theoretische Chemie“ angeboten. Insgesamt können 5 Studierende pro Jahr an dem Praktikum Computerchemie teilnehmen.

## Modul „Einführung in die Theoretische Chemie“

Modul-Kennnummer (JOGU-StI/Ne)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
M.09.032.xxx	270 h	1 Semester	1. Semester	9 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen	Kontaktzeit	Selbststudium	Leistungspunkte
	<b>a) Vorlesung/ Übung Einführung in die Theoretische Chemie</b>	5 SWS/53 h	127 h	6 LP
	<b>b) Praktikum: Computerchemie</b>	5 SWS/53 h	37 h	3 LP
2.	Besonderheiten bezüglich der Lehrveranstaltungen/Lehrformen			
	a): Vorlesung/Übung			
	b): Praktikum: Kurs-Praktikum 2 Wochen ganztägig			
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen			
	a) Die Studierenden erwerben Grundkenntnisse im Bereich der Theoretischen Chemie und „Computational Chemistry“			
	b) Die Studierenden lernen im Praktikum ein effektives Zeit- und Ressourcenmanagement, indem sie Arbeitsabläufe eigenverantwortlich planen und in einem definierten Zeitfenster realisieren. Zur Vorbereitung der vorgegebenen Versuche erfolgt die Bewertung und Analyse der aktuellen Literatur unter wissenschaftlichen Gesichtspunkten.			
4.	Inhalte			
	a) Quantenmechanische Beschreibung von Mehrelektronensystemen, Born-Oppenheimer-Näherung, quantenmechanische Näherungsverfahren, Slater-Determinanten, Hartree-Fock-Theorie, „Computational Chemistry“, Basissatznäherung, Self-Consistent-Field-Verfahren, Elektronenkorrelation, Dichtefunktionaltheorie, Ab initio und semiempirische Verfahren, Kraftfeld-Methoden, Molekulardynamik-Simulationen			
	b) Verwendung von quantenchemischen und molekulardynamischen Programmpakete zur Lösung chemischer Fragestellungen			
5.	Verwendbarkeit des Moduls			
	M. Sc. Physik			
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme			
	Grundkenntnisse der Quantenmechanik			
7.	Zugangsvoraussetzung(en)			
	Zugangsvoraussetzung für die Teilnahme am Praktikum ist die bestandene Klausur zur Vorlesung Einführung in die Theoretische Chemie.			

## Modul „Einführung in die Theoretische Chemie“

8.	Leistungsüberprüfungen
	8.1. Studienleistung(en)
	keine
	8.2. Modulprüfung
	Klausur (120 min) oder mündliche Prüfung (30 min)
9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen
	9/120
10.	Häufigkeit des Angebots
	a) jedes Semester (Im Rahmen der Reakkreditierung des Studienganges B. Sc. Chemie könnte es ein, dass der Turnus auf jährlich geändert wird.)
	b) jährlich im Sommersemester (im Semester oder als Block in der vorlesungsfreien Zeit)
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtlich Lehrende
	Prof. Dr. Jürgen Gauß
12.	Sonstige Informationen
	Das Praktikum Computerchemie wird im Rahmen des Moduls „Theoretische Chemie“ und des Moduls „Einführung in die Theoretische Chemie“ angeboten. Insgesamt können 5 Studierende pro Jahr an dem Praktikum Computerchemie teilnehmen.

## 5.6.2 Informatik

Hinweise:

Die Inhalte der beiden Einführungsveranstaltungen "Einführung in die Programmierung" und "Einführung in die Softwareentwicklung" werden nicht akzeptiert. Es können Lehrinhalte aus allen Schwerpunktfächern und aus dem theoretischen Grundlagenbereich (Theoretische Grundlagen der Informatik I + II, Datenstrukturen u. effiziente Algorithmen) gewählt werden.

Zu den regelmäßig angebotenen Schwerpunktveranstaltungen zählen Computergrafik (Computergrafik Teil I + II, Echtzeitbildverarbeitung, 3D Computer Vision) Informationssysteme (Datenbanken Teil I + II) Datenanalyse (Datenwarehouse + Data-Mining) Modellbildung + Simulation Clientseitige Webanwendungen + Serverseitige Webanwendungen Datenstrukturen u. effiziente Algorithmen Betriebssysteme + verteilte Systeme Kommunikationsnetze Software-Technik.

Zu den Lehrveranstaltungen (meistens in der Form: 2 SWS Vorlesung + 2 SWS-Übung = 6 LP) gibt es noch ergänzende Seminare (4 LP) und Praktika (3 LP).

Modul NF-Inf2: Informatik						
Lehrveranstaltung	Art	Regel-semester	Verpflichtungsgrad	SWS	LP	prüfungsrelevante Studienleistung
Vorlesung: A (gemäß Angebot des Instituts)	V	1	WPfI	2 SWS	3 LP	Klausur (120-180 Minuten oder mündl. Prüfung (30 Min.))
Übungen zur Vorlesung A	Ü	1	WPfI	2 SWS	3 LP	erfolgreiche Teilnahme
Vorlesung: B (gemäß. Angebot des Instituts, Option 1)	V	2	WPfI	2 SWS	3 LP	Klausur (120-180 Minuten oder mündl. Prüfung (30 Min.))
Übungen zur Vorlesung B	Ü	2	WPfI	2 SWS	3 LP	erfolgreiche Teilnahme
Praktikum zu Veranstaltung A oder B oder alternativ Seminar	P	1 oder 2	WPfI	2 SWS	3 LP	Erfolgreiche Teilnahme
	S		WPfI	2 SWS	4 LP	Ausarbeitung/Vortrag
Modulprüfung	kumulativ aus zwei prüfungsrelevanten Studienleistungen					
Qualifikationsziele Lernergebnisse Kompetenzen	Die Studierenden gewinnen einen vertieften Einblick in einen selbst gewählten Bereich der Informatik; die Kenntnisse in diesem Bereich können bis an den Stand der Forschung heranreichen.					
Gesamt (nur A mit Praktikum)				6 SWS	9 LP	
Gesamt (A+B ohne Praktikum oder Seminar)				8 SWS	12 LP	
Gesamt (A+B mit Praktikum/Seminar)				10 SWS	15/16 LP	

Lehrveranstaltung	Modul NF-Inf2
Semester	ab dem 1. Fachsemester
Modulverantwortliche(r)	Dr. H.-J. Schröder
Dozent(inn)en	Dozenten und Dozentinnen der Informatik
Sprache	Deutsch
Zuordnung zum Curriculum	Wahlpflichtveranstaltung im Master-Studiengang Physik
Lehrform	je Vorlesung (2 SWS), je begleitende Übung (2 SWS) in Gruppen von 20 Studierenden, Praktikum (2 SWS), Seminar (2 SWS)
Arbeitsaufwand	je Lehrveranstaltung Präsenzstudium 42 h, Eigenstudium 138 h
Leistungspunkte	6 LP
Voraussetzungen	erfolgreicher Abschluss des Bachelor-Studiengangs
Inhalt	Lehrveranstaltungen aus Themenbereichen gemäß Curriculum der Informatik.
Studien- und Prüfungsleistungen	<i>Studienleistung:</i> Erfolgreiche Teilnahme an den Übungen <i>Modulprüfung:</i> siehe Modulbeschreibung
Medienformen	Tafel, Folien, Beamer-Präsentation, veranstaltungsspezifische Webseiten
Literatur	wird je nach Angebot in der Vorlesung angegeben



### 5.6.3 Geschichte der Naturwissenschaften

<b>Modul NF-GdN2: Geschichte der Naturwissenschaften II</b>					
Kennnummer: M.08.275.070		Arbeitsaufwand	Moduldauer	Regelsemester	Leistungspunkte
		240 h	2 Semester	3. Semester (BSc) / 1. Semester (MSc)	9 LP
49.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen		Kontaktzeit	Selbststudium	Leistungspunkte
	<b>a) Hauptseminar: Geschichte der Naturwissenschaft I (P)</b>		2 SWS/21 h	129 h	5 LP
	<b>b) Lektürekurs (P)</b>		2 SWS/21 h	99 h	4 LP
50.	Gruppengrößen				
51.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen				
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Selbständiges Erschließen einer Facette aus dem Modul Geschichte der Naturwissenschaften I</li> <li>• Mündliche Präsentation der Ergebnisse vor der Gruppe in einem Vortrag</li> <li>• Diskussion der Ergebnisse mit der Gruppe</li> <li>• Anfertigung einer wissenschaftshistorischen Arbeit</li> <li>• Kritische Lektüre von wissenschaftshistorischen Texten sowie kritisches Quellenstudium</li> </ul>				
52.	Inhalte				
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertiefung der Inhalte aus dem Modul Geschichte der Naturwissenschaften I</li> </ul>				
	Verwendbarkeit des Moduls				
	BSc. Physik, MSc Physik				
53.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme				
	Modul NF-Geschichte der Naturwissenschaften I				
54.	Zugangsvoraussetzung(en)				
55.	Leistungsüberprüfungen				
	8.1. <i>Aktive Teilnahme</i>				
	Besuch aller Seminarveranstaltungen				
	8.2. <i>Studienleistung(en)</i>				
	a) Vortrag und schriftliche Hausarbeit				
	b) Vortrag mit Ausarbeitung				
	8.3. <i>Modulprüfung</i>				
	Mündliche Prüfung (20-30 Min)				
56.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen				
	9/180 (BSc) bzw 9/120 (MSc)				
57.	Häufigkeit des Angebots				
	Jedes Semester				
58.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtlich Lehrende				
	Modulbeauftragte: Prof. Dr. Sauer				
	Lehrende: Prof. Dr. Tilman Sauer, Dr. M. Schneider				
59.	Sonstige Informationen				
	Sprache:				
	- Deutsch (eventuell Englisch)				

## 5.6.4 Mathematik

Hinweis zur Prüfungsform:

- Module ohne Option, d.h. mit nur einer Vorlesung, werden nach Wahl des jeweiligen Dozenten entweder mit einer Klausur oder einer mündlichen Prüfung abgeschlossen. Der Dozent gibt die Wahl am Anfang der Vorlesungszeit bekannt. Wiederholungsprüfungen sind im gleichen Format (Klausur oder mündliche Prüfung) wie die erste Prüfung abzulegen
- Module mit Option, d.h. mit mehr als einer Vorlesung werden mit einer mündlichen Prüfung abgeschlossen.

Modul NF-MathF: Funktionalanalysis						
Lehrveranstaltung	Art	Regel-semester	Verpflichtungsgrad	SWS	LP	Studienleistungen
Funktionalanalysis I	V	1	WPfI	4 SWS	9 LP	
Übungen zur Funktionalanalysis I	Ü	1	WPfI	2 SWS		
Funktionalanalysis II (optional)	V	2	WPfI	4 SWS	6 LP	
Modulprüfung	mündliche Prüfung oder Klausur (30-45 Min.)					
Qualifikationsziele Lernergebnisse Kompetenzen	<p>Nach erfolgreichem Abschluss des Modules haben die Studierenden ein</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verständnis für und Kompetenz im Umgang mit den abstrakten Begriffen, Methoden und Resultaten der Funktionalanalysis,</li> <li>• Erfahrung mit der Einbettung konkreter Probleme in den funktionalanalytischen Begriffsrahmen und der Anwendung von entsprechenden abstrakten Methoden auf diese Probleme</li> <li>• Teamfähigkeit und Kommunikationsfähigkeit, insbesondere auch über mathematische Inhalte, wie sie durch das Bearbeiten von Übungsaufgaben in kleinen Gruppen gefördert werden.</li> </ul> <p>Nach Abschluss der optionalen Veranstaltung Funktionentheorie II haben die Studierenden zusätzlich Erfahrung mit der Einbettung konkreter Probleme in den funktionalanalytischen Begriffsrahmen und der Anwendung von entsprechenden abstrakten Methoden auf diese Probleme.</p>					
Gesamt (ohne Option)				6 SWS	9 LP	
Gesamt (mit Option)				9 SWS	15 LP	

Lehrveranstaltung	Modul NF-MathF: Funktionalanalysis I (FAN-001)
Semester	ab dem 1. Fachsemester
Modulverantwortliche(r)	Institut für Mathematik
Dozent(inn)en	Prof. Dr. H.-P. Heinz, Prof. Dr. G. Schleinkofer
Sprache	Deutsch
Zuordnung zum Curriculum	Master-Studiengang Physik Wahlpflichtveranstaltung
Lehrform	Vorlesung (4 SWS), begleitende Übung (2 SWS)
Arbeitsaufwand	Präsenzstudium 63 h, Eigenstudium 207 h
Leistungspunkte	9 LP
Voraussetzungen	Mathematik für Physiker 1 und 2
Inhalt	<p>Die folgenden Themen werden u.a. behandelt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• metrische Räume, normierte Räume, Banachräume,</li> <li>• topologische Begriffe, Separabilität, Kompaktheit,</li> <li>• Lineare Operatoren und Dualität,</li> <li>• Fortsetzung stetiger linearer Abbildungen,</li> <li>• Satz von Hahn-Banach,</li> <li>• Satz von Baire, Satz von der offenen Abbildung,</li> <li>• Invertibilität und Spektrum,</li> <li>• Hilberträume und Orthogonalreihen und</li> <li>• kompakte selbstadjungierte Operatoren im Hilbertraum</li> </ul>
Studien- und Prüfungsleistungen	<p><i>Studienleistung:</i> Vorlesung und Übung: Anfertigung von Hausarbeiten mit mündlicher Präsentation; Hauptseminar: eigener Seminarvortrag und Seminararbeit</p> <p><i>Modulprüfung:</i> siehe Modulbeschreibung</p>
Medienformen	Tafel und Kreide



Lehrveranstaltung	Modul NF-MathF: Funktionalanalysis II (FAN-002)
Semester	ab dem 2. Fachsemester
Modulverantwortliche(r)	Institut für Mathematik
Dozent(inn)en	Prof. Dr. H.-P. Heinz, Prof. Dr. G. Schleinkofer
Sprache	Deutsch
Zuordnung zum Curriculum	Master-Studiengang Physik Wahlpflichtveranstaltung
Lehrform	Vorlesung (4 SWS)
Arbeitsaufwand	Präsenzstudium 42 h, Eigenstudium 138 h
Leistungspunkte	6 LP
Voraussetzungen	Funktionalanalysis I
Inhalt	Die folgenden Themen werden u.a. behandelt: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dualitätstheorie von Banachräumen,</li> <li>• kompakte Operatoren und Fredholmoperatoren,</li> <li>• Spektralsatz für beschränkte selbstadjungierte Operatoren,</li> <li>• Funktionalkalkül und holomorphe Banachraum-wertige Funktionen sowie</li> <li>• <math>C^*</math>-Algebra und GNS-Darstellung</li> </ul>
Studien- und Prüfungsleistungen	<i>Studienleistung:</i> Besuch der Vorlesung <i>Modulprüfung:</i> siehe Modulbeschreibung
Medienformen	Tafel und Kreide
Literatur	wird in der Vorlesung angegeben

Modul NF-MathP: Partielle Differentialgleichungen						
Lehrveranstaltung	Art	Regel-semester	Verpflichtungsgrad	SWS	LP	Studienleistungen
Partielle Differentialgleichungen I	V	1	WPfI	4 SWS	9 LP	
Übungen zu Partielle Differentialgleichungen I	Ü	1	WPfI	2 SWS		
Partielle Differentialgleichungen II (optional)	V	2	WPfI	4 SWS	6 LP	
Modulprüfung	mündliche Prüfung oder Klausur (30-45 Min.)					
Qualifikationsziele Lernergebnisse Kompetenzen	<p>Das Modul Partielle Differentialgleichungen vermittelt die Fähigkeit zum Umgang mit partiellen Differentialgleichungen. Das wird unter anderem durch Darstellungsformeln erreicht für die Lösungen der wichtigsten Aufgaben aus Naturwissenschaft und Technik. Die Veranstaltungen schafft Verständnis</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• für die Verfahren der Computational Sciences und</li> <li>• die abstrakten Methoden der Analysis.</li> </ul> <p>Die optionale Veranstaltung Partielle Differentialgleichungen II vertieft die Kenntnisse über Begriffe, Methoden und Techniken der Theorie der partiellen Differentialgleichungen bis hin zu aktuellen Forschungsthemen, wobei die Fähigkeit, komplizierte Resultate in geeigneter Weise didaktisch aufzuarbeiten und kritisch zu reflektieren, geschult wird.</p>					
Gesamt (ohne Option)				6 SWS	9 LP	
Gesamt (ohne Option)				10 SWS	15 LP	

Lehrveranstaltung	Modul NF-MathP: Partielle Differentialgleichungen I(PDE-001)
Semester	ab dem 1. Fachsemester
Modulverantwortliche(r)	Institut für Mathematik
Dozent(inn)en	Prof. Dr. V. Bach, Prof. Dr. B. Gramsch, Prof. Dr. H.-P. Heinz, Prof. Dr. G. Schleinkofer
Sprache	Deutsch
Zuordnung zum Curriculum	Master-Studiengang Physik Wahlpflichtveranstaltung
Lehrform	Vorlesung (4 SWS), begleitende Übung (2 SWS)
Arbeitsaufwand	Präsenzstudium 63 h, Eigenstudium 207 h
Leistungspunkte	9 LP
Voraussetzungen	Mathematik für Physiker 1 und 2
Inhalt	Die folgenden Themen werden u.a. behandelt: <ul style="list-style-type: none"> <li>• einige wichtige partielle Differenzialgleichungen,</li> <li>• Trennung der Veränderlichen,</li> <li>• Grundlösungen,</li> <li>• Fouriertransformation,</li> <li>• Lösung der inhomogenen Aufgabe,</li> <li>• Anfangswertaufgabe für Wärmeleitungs- und Wellengleichung,</li> <li>• Maximumprinzip,</li> <li>• Mittelwerteigenschaft harmonischer Funktionen sowie</li> <li>• Laplacegleichung und Lösung des Dirichletproblems.</li> </ul>
Studien- und Prüfungsleistungen	<i>Studienleistung:</i> Vorlesung und Übung: Anfertigung von Hausarbeiten mit mündlicher Präsentation <i>Modulprüfung:</i> siehe Modulbeschreibung
Medienformen	Tafel und Kreide
Literatur	wird in der Vorlesung angegeben

Lehrveranstaltung	Modul NF-MathP: Partielle Differentialgleichungen II(PDE-002)
Semester	ab dem 2. Fachsemester
Modulverantwortliche(r)	Institut für Mathematik
Dozent(inn)en	Prof. Dr. H.-P. Heinz, Prof. Dr. G. Schleinkofer
Sprache	Deutsch
Zuordnung zum Curriculum	Master-Studiengang Physik Wahlpflichtveranstaltung
Lehrform	Vorlesung (4 SWS)
Arbeitsaufwand	Präsenzstudium 42 h, Eigenstudium 138 h
Leistungspunkte	6 LP
Voraussetzungen	Partielle Differentialgleichungen I
Inhalt	Die folgenden Themen werden u.a. behandelt: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lokalkonvexe Räume und Distributionen,</li> <li>• Sobolev-Räume,</li> <li>• Variationsmethode bei elliptischen Gleichungen,</li> <li>• Regularität schwacher Lösungen,</li> <li>• Randwertaufgaben für Evolutionsgleichungen und</li> <li>• Pseudodifferentialoperatoren.</li> </ul>
Studien- und Prüfungsleistungen	<i>Studienleistung:</i> Besuch der Vorlesung <i>Modulprüfung:</i> siehe Modulbeschreibung
Medienformen	Tafel und Kreide
Literatur	wird in der Vorlesung angegeben

Modul NF-MathS2: Grundlagen der Stochastik und Stochastik I						
Lehrveranstaltung	Art	Regel-semester	Verpflichtungsgrad	SWS	LP	Studienleistungen
Einführung in die Stochastik	V	1	WPfl	4 SWS	9 LP	
Übunh zur Einf. in die Stochastik	Ü	1	WPfl	2 SWS		
Stochastik I (optional)	V	2	WPfl	4 SWS	6 LP	
Modulprüfung	mündliche Prüfung oder Klausur (30-45 Min.)					
Qualifikationsziele Lernergebnisse Kompetenzen	<p>Nach erfolgreichem Abschluss der Vorlesung „Einführung in die Stochastik“ sollen die Studierenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• theoretische und praktische Kompetenz im Umgang mit Grundlagen der Stochastik erwerben,</li> <li>• die grundlegenden maßtheoriefreien, wahrscheinlichkeitstheoretischen und statistischen Begriffe und Konzepte sicher verstehen um diese zur Lösung konkreter Probleme einzusetzen,</li> </ul> <p>Ziel der Vorlesung Stochastik I ist die Befähigung zum sicheren Umgang mit dem systematischen maßtheoretischen Aufbau der Wahrscheinlichkeitstheorie und den zugrundeliegenden Grenzwertsätzen.</p>					
Gesamt (ohne Option)				6 SWS	9 LP	
Gesamt (mit Option)				10 SWS	15 LP	

Lehrveranstaltung	Modul NF-MathS2: Einführung in die Stochastik (GST-001)
Semester	ab dem 1. Fachsemester
Modulverantwortliche(r)	Institut für Mathematik
Dozent(inn)en	Prof. Dr. R. Höpfner, Prof. Dr. A. Klenke, Prof. Dr. H.-J. Schuh
Sprache	Deutsch
Zuordnung zum Curriculum	Master-Studiengang Physik, Wahlpflichtveranstaltung
Lehrform	Vorlesung (4 SWS), begleitende Übung (2 SWS)
Arbeitsaufwand	Präsenzstudium 63 h, Eigenstudium 207 h
Leistungspunkte	9 LP
Voraussetzungen	Mathematik für Physiker im Bachelor-Studiengang
Inhalt	<p>In der Vorlesung „Einführung in die Stochastik“ werden die folgenden grundlegenden Begriffe der Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik behandelt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wahrscheinlichkeitsräume, Kombinatorik, Zufallsvariablen, Unabhängigkeit,</li> <li>• einfache Grenzwertsätze,</li> <li>• Markoff-Ketten,</li> <li>• statistische Tests, Schätzer, Konfidenzintervalle.</li> </ul>
Studien- und Prüfungsleistungen	<p><i>Studienleistung:</i> Anfertigung von Hausarbeiten mit mündlicher Präsentation</p> <p><i>Modulprüfung:</i> siehe Modulbeschreibung</p>
Medienformen	Tafel und Kreide
Literatur	wird in der Vorlesung angegeben

Lehrveranstaltung	Modul NF-MathS2: Stochastik I (STO-001)
Semester	ab dem 2. Fachsemester
Modulverantwortliche(r)	Institut für Mathematik
Dozent(inn)en	Prof. Dr. R. Höpfner, Prof. Dr. A. Klenke, Prof. Dr. H.-J. Schuh
Sprache	Deutsch
Zuordnung zum Curriculum	Master-Studiengang Physik, Wahlpflichtveranstaltung
Lehrform	Vorlesung (4 SWS)
Arbeitsaufwand	Präsenzstudium 42 h, Eigenstudium 138 h
Leistungspunkte	6 LP
Voraussetzungen	Lehrveranstaltung Einführung in die Stochastik
Inhalt	<p>In der optionalen Vorlesung „Stochastik I“ werden u.a. behandelt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Maß- und Integrationstheorie mit Ausrichtung auf die Wahrscheinlichkeitstheorie,</li> <li>• Konstruktion von (Familien von) Zufallsvariablen,</li> <li>• Gesetze der großen Zahl, charakteristische Funktionen, Zentraler Grenzwertsatz, bedingte Wahrscheinlichkeiten und Erwartungswerte.</li> </ul>

Studien- und Prüfungsleistungen	<i>Studienleistung:</i> Besuch der Vorlesung <i>Modulprüfung:</i> siehe Modulbeschreibung
Medienformen	Tafel und Kreide
Literatur	wird in der Vorlesung angegeben

Modul NF-MathS3: Stochastik I und II						
Lehrveranstaltung	Art	Regel-semester	Verpflichtungsgrad	SWS	LP	Studienleistungen
Stochastik I	V	1	WPfl	4 SWS	9 LP	
Übungen zur Stochastik I	Ü	1	WPfl	2 SWS		
Stochastik II (optional)	V	2	WPfl	4 SWS	6 LP	
Modulprüfung	mündliche Prüfung oder Klausur (30-45 Min.)					
Qualifikationsziele Lernergebnisse Kompetenzen	Das Ziel ist die Befähigung zum sicheren Umgang mit dem systematischen maßtheoretischen Aufbau der Wahrscheinlichkeitstheorie und den Grundlegenden Grenzwertsätzen. In der optionalen Vorlesung Stochastik II erhalten die Studierenden eine Problemlösungskompetenz und wesentlich vertiefte Kenntnisse in den zentralen Themenbereichen der modernen Stochastik.					
Gesamt (ohne Option)				6 SWS	9 LP	
Gesamt (mit Option)				10 SWS	15 LP	

Lehrveranstaltung	Modul NF-MathS3: Stochastik I (STO-001)
Semester	ab dem 1. Fachsemester
Modulverantwortliche(r)	Institut für Mathematik
Dozent(inn)en	Prof. Dr. R. Höpfner, Prof. Dr. A. Klenke, Prof. Dr. H.-J. Schuh
Sprache	Deutsch
Zuordnung zum Curriculum	Master-Studiengang Physik, Wahlpflichtveranstaltung
Lehrform	Vorlesung (4 SWS), begleitende Übung (2 SWS)
Arbeitsaufwand	Präsenzstudium 63 h, Eigenstudium 207 h
Leistungspunkte	9 LP
Voraussetzungen	Modul GST-001: Grundlagen der Stochastik
Inhalt	In der Vorlesung „Stochastik I“ werden u.a. behandelt: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Maß- und Integrationstheorie mit Ausrichtung auf die Wahrscheinlichkeitstheorie,</li> <li>• Konstruktion von (Familien von) Zufallsvariablen,</li> <li>• Gesetze der großen Zahl, charakteristische Funktionen, Zentraler Grenzwertsatz, bedingte Wahrscheinlichkeiten und Erwartungswerte.</li> </ul>
Studien- und Prüfungsleistungen	<i>Studienleistung:</i> Vorlesung und Übung mit Anfertigung von Hausarbeiten <i>Modulprüfung:</i> siehe Modulbeschreibung
Medienformen	Tafel und Kreide
Literatur	wird in der Vorlesung angegeben

Lehrveranstaltung	Modul NF-MathS3: Stochastik II (STO-002)
Semester	ab dem 2. Fachsemester
Modulverantwortliche(r)	Institut für Mathematik
Dozent(inn)en	Prof. Dr. R. Höpfner, Prof. Dr. A. Klenke, Prof. Dr. H.-J. Schuh
Sprache	Deutsch
Zuordnung zum Curriculum	Master-Studiengang Physik, Wahlpflichtveranstaltung
Lehrform	Vorlesung (4 SWS)
Arbeitsaufwand	Präsenzstudium 63 h, Eigenstudium 117 h
Leistungspunkte	6 LP
Voraussetzungen	Stochastik I



Inhalt	In der Vorlesung „Stochastik 2“ werden u.a. behandelt: <ul style="list-style-type: none"> <li>• stochastische Prozesse</li> <li>• Martingale</li> <li>• Markovprozesse</li> <li>• Eigenschaften der Brownschen Bewegung</li> <li>• Satz vom iterierten Logarithmus</li> <li>• austauschbare Verteilungen</li> <li>• Invarianzprinzipien</li> <li>• Einbettungssätze</li> <li>• große Abweichungen</li> </ul>
Studien- und Prüfungsleistungen	<i>Studienleistung:</i> Besuch der Vorlesung <i>Modulprüfung:</i> siehe Modulbeschreibung
Medienformen	Tafel und Kreide
Literatur	wird in der Vorlesung angegeben

Modul NF-MathN2: Grundlagen der Numerik und Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen						
Lehrveranstaltung	Art	Regel-semester	Verpflichtungsgrad	SWS	LP	Studienleistungen
Grundlagen der Numerik	V	1	WPfl	4 SWS	9 LP	
Übungen zu Grundlagen der Numerik	Ü	1	WPfl	2 SWS		
Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen (optional)	V	2	WPfl	4 SWS	6 LP	
Modulprüfung	mündliche Prüfung oder Klausur (30-45 Min.)					
Qualifikationsziele Lernergebnisse Kompetenzen	Studierende, die das Modul „Grundlagen der Numerik“ erfolgreich abschließen, sollen <ul style="list-style-type: none"> <li>• ein Grundverständnis zentraler Problemstellungen und Lösungstechniken der Numerischen Mathematik entwickelt haben,</li> <li>• in der Lage sein, die Kondition einer Problemstellung und die Stabilität eines Verfahrens zu beurteilen und</li> <li>• weitergehende Erfahrungen mit der Entwicklung und Analyse numerischer Algorithmen zur Behandlung diskreter Gleichungssysteme und der Funktionenapproximation gemacht haben.</li> </ul> Nach Abschluss der optionalen Vorlesung „Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen“ erhalten sie <ul style="list-style-type: none"> <li>• die Fähigkeit zu einem System gewöhnlicher Differentialgleichungen das adäquate numerische Lösungsverfahren auszuwählen und ggf. zu implementieren und grundlegende Kenntnisse über die möglichen Stabilitätsprobleme sowie adaptive Steuerungsmechanismen.</li> </ul>					
Gesamt (ohne Option)				6 SWS	9 LP	
Gesamt (mit Option)				10 SWS	15 LP	

Lehrveranstaltung	Modul NF-MathN2: Grundlagen der Numerik (NUM-001)
Semester	ab dem 1. Fachsemester
Modulverantwortliche(r)	Institut für Mathematik
Dozent(inn)en	Prof. Dr. M. Hanke-Bourgeois, Prof. Dr. C. Schneider
Sprache	Deutsch
Zuordnung zum Curriculum	Master-Studiengang Physik Wahlpflichtveranstaltung
Lehrform	Vorlesung (4 SWS), begleitende Übung (2 SWS)
Arbeitsaufwand	Präsenzstudium 63 h, Eigenstudium 207 h
Leistungspunkte	9 LP
Voraussetzungen	Bachelor-Abschluss mit Mathematik für Physiker 1 und 2
Inhalt	Es werden vorwiegend <ul style="list-style-type: none"> <li>• numerische Verfahren zur Lösung linearer und nichtlinearer algebraischer Gleichungssysteme,</li> <li>• Verfahren zur Integration und zur Interpolation bzw. Approximation vorgegebener Funktionen</li> </ul> und einige Modellierungsbeispiele behandelt bzw. vorgestellt.

Studien- und Prüfungsleistungen	<i>Studienleistung:</i> Anfertigung von Hausarbeiten mit mündlicher Präsentation <i>Modulprüfung:</i> siehe Modulbeschreibung
Medienformen	Tafel und Kreide
Literatur	wird in der Vorlesung angegeben

Lehrveranstaltung	Modul NF-MathN2: Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen (NUM-002)
Semester	ab dem 2. Fachsemester
Modulverantwortliche(r)	Institut für Mathematik
Dozent(inn)en	Prof. Dr. M. Hanke-Bourgeois, Prof. Dr. C. Schneider
Sprache	Deutsch
Zuordnung zum Curriculum	Master-Studiengang Physik Wahlpflichtveranstaltung
Lehrform	Vorlesung (4 SWS)
Arbeitsaufwand	Präsenzstudium 42 h, Eigenstudium 138 h
Leistungspunkte	6 LP
Voraussetzungen	NUM-001: Grundlagen der Numerik
Inhalt	Die Vorlesung behandelt <ul style="list-style-type: none"> <li>• numerische Algorithmen zur Lösung gewöhnlicher Differentialgleichungen in Form von Anfangs- und Randwertaufgaben.</li> </ul>
Studien- und Prüfungsleistungen	<i>Studienleistung:</i> Besuch der Vorlesung <i>Modulprüfung:</i> siehe Modulbeschreibung
Medienformen	Tafel und Kreide
Literatur	wird in der Vorlesung angegeben

Modul NF-MathN3: Numerik von Differentialgleichungen						
Lehrveranstaltung	Art	Regel-semester	Verpflichtungsgrad	SWS	LP	Studienleistungen
Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen	V	1	WPfI	4 SWS	9 LP	
Übungen zu Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen	Ü	1	WPfI	2 SWS		
Numerik partieller Differentialgleichungen (optional)	V	2	WPfI	4 SWS	6 LP	
Modulprüfung	mündliche Prüfung oder Klausur (30-45 Min.)					
Qualifikationsziele Lernergebnisse Kompetenzen	<p>Nach Abschluss der optionalen Vorlesung „Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen“ erhalten die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>die Fähigkeit zu einem System gewöhnlicher Differentialgleichungen das adäquate numerische Lösungsverfahren auszuwählen und ggf. zu implementieren und grundlegende Kenntnisse über die möglichen Stabilitätsprobleme sowie adaptive Steuerungsmechanismen.</li> </ul> <p>Durch die optionale Vorlesung „Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen“ erlangen die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ergänzende Kenntnisse in Numerischer Mathematik bis hin zu aktuellen Forschungsthemen und</li> <li>Gegebenenfalls die eigenständige kritische Reflexion und Präsentation jüngster wissenschaftlicher Ergebnisse.</li> </ul> <p>Letzteres beinhaltet insbesondere die Fähigkeit, komplizierte Resultate in geeigneter Weise didaktisch aufzuarbeiten.</p>					
Gesamt (ohne Option)				6 SWS	9 LP	
Gesamt (mit Option)				10 SWS	15 LP	

Lehrveranstaltung	Modul NF-MathN3: Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen (NUM-002)
Semester	ab dem 1. Fachsemester
Modulverantwortliche(r)	Institut für Mathematik
Dozent(inn)en	Prof. Dr. M. Hanke-Bourgeois, Prof. Dr. C. Schneider
Sprache	Deutsch
Zuordnung zum Curriculum	Master-Studiengang Physik Wahlpflichtveranstaltung
Lehrform	Vorlesung (4 SWS), begleitende Übung (2 SWS)
Arbeitsaufwand	Präsenzstudium 63 h, Eigenstudium 207 h
Leistungspunkte	9 LP
Voraussetzungen	NUM-001: Grundlagen der Numerik sowie
Inhalt	Die Vorlesung behandelt <ul style="list-style-type: none"> <li>numerische Algorithmen zur Lösung gewöhnlicher Differentialgleichungen in Form von Anfangs- und Randwertaufgaben.</li> </ul>
Studien- und Prüfungsleistungen	<i>Studienleistung:</i> Vorlesung und Übung mit Anfertigung von Hausarbeiten <i>Modulprüfung:</i> siehe Modulbeschreibung
Medienformen	Tafel und Kreide
Literatur	wird in der Vorlesung angegeben

Lehrveranstaltung	Modul NF-MathN3: Numerik partieller Differentialgleichungen (ERG-NUM)
Semester	ab dem 2. Fachsemester
Modulverantwortliche(r)	Institut für Mathematik
Dozent(inn)en	Prof. Dr. M. Hanke-Bourgeois, Prof. Dr. A. Jüngel, Prof. Dr. C. Schneider
Sprache	Deutsch
Zuordnung zum Curriculum	Master-Studiengang Physik Wahlpflichtveranstaltung
Lehrform	Vorlesung (4 SWS)
Arbeitsaufwand	Präsenzstudium 63 h, Eigenstudium 117 h
Leistungspunkte	6 LP
Voraussetzungen	NUM-001: Grundlagen der Numerik
Inhalt	Die Studierenden erlangen <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlegende Verfahren zur Lösung elliptischer und parabolischer Differentialgleichungen (finite Elemente, finite Differenzen, Zeitintegration)</li> <li>• sowie skalarer hyperbolischer Erhaltungsgleichungen in einer Variablen (Godunov-Verfahren).</li> </ul>
Studien- und Prüfungsleistungen	<i>Studienleistung:</i> Vorlesung und Übung mit Anfertigung von Hausarbeiten <i>Modulprüfung:</i> siehe Modulbeschreibung
Medienformen	Tafel und Kreide
Literatur	wird in der Vorlesung angegeben

Modul NF-MathA: Algebra						
Lehrveranstaltung	Art	Regel-semester	Verpflichtungsgrad	SWS	LP	Studienleistungen
Computeralgebra	V	1	WPfl	4 SWS	9 LP	
Übungen zu Computeralgebra	Ü	1	WPfl	2 SWS		
Körper, Ringe, Moduln (optional)	V	2	WPfl	4 SWS	6 LP	
Modulprüfung	mündliche Prüfung oder Klausur (30-45 Min.)					
Qualifikationsziele Lernergebnisse Kompetenzen	<p>Die Studierenden erlangen ein</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verständnis von konstruktiven und algorithmischen Methoden der Algebra und Zahlentheorie.</li> <li>• Sicheren Umgang mit abstrakten algebraischen Begriffen und die Befähigung Aufgaben aus der Zahlentheorie, linearen Algebra und kommutativen Algebra algorithmisch zu lösen und erfolgreich zu implementieren.</li> </ul> <p>Durch die optionale Vorlesung zu Körpern, Ringen und Moduln erlangen die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ein Verständnis von grundlegenden Methoden der Polynomalgebra und Lösungstheorie von algebraischen Gleichungen,</li> <li>• ein solides Wissen im Bereich der abstrakten Algebra und verwandten angrenzenden Bereichen, sowie</li> <li>• die Beherrschung von konstruktiven Verfahren und Computersoftware, um algorithmische Probleme in der abstrakten Algebra zu lösen.</li> </ul>					
Gesamt (ohne Option)				6 SWS	9 LP	
Gesamt (mit Option)				10 SWS	15 LP	

Lehrveranstaltung	Modul NF-MathA: Computeralgebra (CAL-001)
Semester	ab dem 1. Fachsemester
Modulverantwortliche(r)	Institut für Mathematik
Dozent(inn)en	Prof. Dr. T. de Jong, Prof. Dr. M. Lehn, Prof. Dr. S. Müller-Stach, Prof. Dr. D. van Straten
Sprache	Deutsch
Zuordnung zum Curriculum	Master-Studiengang Physik Wahlpflichtveranstaltung
Lehrform	Vorlesung (4 SWS), begleitende Übung (2 SWS)
Arbeitsaufwand	Präsenzstudium 63 h, Eigenstudium 207 h
Leistungspunkte	9 LP
Voraussetzungen	Mathematik für Physiker im Bachelor-Studiengang und ALG-001
Inhalt	<p>Die folgenden Themen werden u.a. behandelt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundbegriffe der kommutativen Algebra;</li> <li>• Algorithmen zur Faktorisierung ganzer Zahlen; Primzahltests</li> <li>• Polynomringe in mehreren Variablen;</li> <li>• Monomiale Ordnungen; Standardbasen; Buchberger Algorithmus;</li> <li>• Affine Varietäten, Dimension, Eliminationstheorie.</li> <li>• Faktorisierungsalgorithmen von Polynome über endlichen Körpern und über den ganzen Zahlen;</li> <li>• -Implementierung algebraischer Algorithmen in einem spezialisierten Computeralgebrasystem wie z.B. Singular, Macaulay2, Pari/GP.</li> </ul>
Studien- und Prüfungsleistungen	<p><i>Studienleistung:</i> Vorlesung und Übung mit Anfertigung von Hausarbeiten</p> <p><i>Modulprüfung:</i> siehe Modulbeschreibung</p>
Medienformen	Tafel und Kreide
Literatur	wird in der Vorlesung angegeben

Lehrveranstaltung	Modul NF-MathA: Körper, Ringe, Moduln (ALG-002)
Semester	ab dem 2. Fachsemester
Modulverantwortliche(r)	Institut für Mathematik
Dozent(inn)en	Prof. Dr. T. de Jong, Prof. Dr. M. Lehn, Prof. Dr. S. Müller-Stach, Prof. Dr. D. van Straten, Prof. Dr. K. Zuo
Sprache	Deutsch
Zuordnung zum Curriculum	Master-Studiengang Physik Wahlpflichtveranstaltung
Lehrform	Vorlesung (4 SWS)
Arbeitsaufwand	Präsenzstudium 63 h, Eigenstudium 117 h
Leistungspunkte	6 LP
Voraussetzungen	Mathematik für Physiker im Bachelor-Studiengang, ALG-001, CAL-001
Inhalt	Die folgenden Themen werden u.a. behandelt: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elementarteiler und Klassifikation von endlich erzeugte Modulen über Hauptidealringe</li> <li>• Körpererweiterungen, algebraischer Abschluß</li> <li>• Abstrakte Galoistheorie</li> <li>• Konstruktionen mit Zirkel und Lineal, Auflösbarkeit von Gleichungen</li> <li>• Algorithmische Verfahren in der Galoistheorie</li> <li>• ganze Ringerweiterungen, normale Ringe</li> <li>• Grundbegriffe der kommutativen Algebra, Dimensionstheorie</li> <li>• Algebraische und Transzendente Zahlen.</li> </ul>
Studien- und Prüfungsleistungen	<i>Studienleistung:</i> Vorlesung und Übung mit Anfertigung von Hausarbeiten <i>Modulprüfung:</i> siehe Modulbeschreibung
Medienformen	Tafel und Kreide
Literatur	wird in der Vorlesung angegeben

Modul NF-MathT: Topologie (TOP-001)						
Lehrveranstaltung	Art	Regel-semester	Verpflichtungsgrad	SWS	LP	Studienleistungen
Topologie	V	1	WPfI	4 SWS	9 LP	
Übungen zu Topologie	Ü	1	WPfI	2 SWS		
Algebraische Kurven und Riemansche Flächen (optional)	V	2	WPfI	4 SWS	6 LP	
Modulprüfung	mündliche Prüfung oder Klausur (30-45 Min.)					
Qualifikationsziele Lernergebnisse Kompetenzen	Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> <li>• erwerben grundlegender Kenntnisse in mengentheoretischer und algebraischer Topologie,</li> <li>• die Befähigung zum Umgang mit kategoriellen und funktoriellen Konzepten und</li> <li>• das Denken in universellen Konstruktionen und universellen Beispielen.</li> </ul> Im Rahmen der optionalen Vorlesung Algebraische Kurven und Riemann'sche Flächen erwerben die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> <li>• vertiefte und erweiterte geometrische Grundkenntnisse über Gerade und Kegelschnitt zu Kurven höheren Grades</li> <li>• Grundkenntnissen über die geschichtliche Entwicklung der Theorie der Kurven.</li> <li>• Kenntnis der einfachsten algebraischen und geometrischen Invarianten einer Kurve,</li> <li>• algebraischen und geometrische Arbeitstechniken zur Bestimmung dieser Invarianten, sowie</li> <li>• erste Einblicke in die tieferen Zusammenhänge zwischen algebraischen, geometrischen und funktionentheoretischen Sichtweisen.</li> </ul>					
Gesamt (ohne Option)				6 SWS	9 LP	
Gesamt (mit Option)				10 SWS	15 LP	

Lehrveranstaltung	Modul NF-MathT: Topologie (CAL-001)
Semester	ab dem 1. Fachsemester
Modulverantwortliche(r)	Institut für Mathematik
Dozent(inn)en	Prof. Dr. M. Lehn, Prof. Dr. T. de Jong, Prof. Dr. S. Müller-Stach, Prof. Dr. D. van Straten, Prof. Dr. K. Zuo
Sprache	Deutsch
Zuordnung zum Curriculum	Master-Studiengang Physik Wahlpflichtveranstaltung
Lehrform	Vorlesung (4 SWS), begleitende Übung (2 SWS)
Arbeitsaufwand	Präsenzstudium 63 h, Eigenstudium 207 h
Leistungspunkte	9 LP
Voraussetzungen	Mathematik für Physiker im Bachelor-Studiengang, ALG-001 und GAN-001
Inhalt	Vertiefung der Grundlagen der mengentheoretischen Topologie: Trennungs- und Kompaktheitsaxiome und ihre Relationen. Universelle Konstruktionen: Produkte und Koprodukte, Limiten und Kolimiten. Die Fundamentalgruppe und Überlagerungstheorie. Klassifikation zweidimensionaler kompakter Mannigfaltigkeiten.
Studien- und Prüfungsleistungen	<i>Studienleistung:</i> Vorlesung und Übung mit Anfertigung von Hausarbeiten <i>Modulprüfung:</i> siehe Modulbeschreibung
Medienformen	Tafel und Kreide
Literatur	wird in der Vorlesung angegeben

Lehrveranstaltung	Modul NF-MathT: Algebraische Kurven und Riemannsche Flächen (GEO-001)
Semester	ab dem 2. Fachsemester
Modulverantwortliche(r)	Institut für Mathematik
Dozent(inn)en	Prof. Dr. D. van Straten, Prof. Dr. T. de Jong, Prof. Dr. M. Lehn, Prof. Dr. S. Müller-Stach, Prof. Dr. K. Zuo
Sprache	Deutsch
Zuordnung zum Curriculum	Master-Studiengang Physik Wahlpflichtveranstaltung
Lehrform	Vorlesung (4 SWS)
Arbeitsaufwand	Präsenzstudium 63 h, Eigenstudium 117 h
Leistungspunkte	6 LP
Voraussetzungen	Mathematik für Physiker im Bachelor-Studiengang, ALG-001, GAN-001 und CAL-001
Inhalt	Die folgenden Themen werden u.a. behandelt: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Klassische Beispiele ebener algebraischer Kurven</li> <li>• Problem der rationalen Parametrisierbarkeit</li> <li>• Elliptische Kurven</li> <li>• Affiner Koordinatenring, Körper der rationale Funktionen,</li> <li>• Singuläre und reguläre Punkte, Multiplizität, Tangenten</li> <li>• Projektiver Abschluß</li> <li>• Schnitt zweier Kurven, Schnittpunktmultiplizität, Satz von Bézout</li> <li>• Riemannsche Fläche zu einer Kurve, Geschlecht, Satz von Zeuthen-Hurwitz</li> <li>• Weierstraßsche Parametrisierung von elliptischen Kurven</li> <li>• Duale Kurve und Plücker-Formeln.</li> </ul>
Studien- und Prüfungsleistungen	<i>Studienleistung:</i> Vorlesung und Übung mit Anfertigung von Hausarbeiten <i>Modulprüfung:</i> siehe Modulbeschreibung
Medienformen	Tafel und Kreide
Literatur	wird in der Vorlesung angegeben



Modul NF-MathZ: Zahlentheorie						
Lehrveranstaltung	Art	Regel-semester	Verpflichtungsgrad	SWS	LP	Studienleistungen
Computeralgebra	V	1	WPfl	4 SWS	9 LP	
Übungen zu Computeralgebra	Ü	1	WPfl	2 SWS		
Zahlentheorie (optional)	V	2	WPfl	4 SWS	6 LP	
Modulprüfung	mündliche Prüfung oder Klausur (30-45 Min.)					
Qualifikationsziele Lernergebnisse Kompetenzen	<p>Die Studierenden erlangen ein</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verständnis von konstruktiven und algorithmischen Methoden der Algebra und Zahlentheorie.</li> <li>• Sicheren Umgang mit abstrakten algebraischen Begriffen und</li> <li>• die Befähigung Aufgaben aus der Zahlentheorie, linearen Algebra und kommutativen Algebra algorithmisch zu lösen und erfolgreich zu implementieren</li> </ul> <p>Durch die optionale Vorlesung „Zahlentheorie“ erlangen die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ein tieferes Verständnis von Methoden der Zahlentheorie, die über den Stoff der Elementaren Zahlentheorie hinausgehen und</li> <li>• ein sicheres Beherrschen von theoretischen Methoden aus dem Bereich der Algebraischen Zahlentheorie.</li> </ul> <p>In der Praxis werden solide Kenntnisse aus der modernen algorithmischen Zahlentheorie an Hand von Beispielen und mittels Softwaretools erworben.</p>					
Gesamt (ohne Option)				6 SWS	9 LP	
Gesamt (mit Option)				10 SWS	15 LP	

Lehrveranstaltung	Modul NF-MathZ: Computeralgebra (CAL-001)
Semester	ab dem 1. Fachsemester
Modulverantwortliche(r)	Institut für Mathematik
Dozent(inn)en	Prof. Dr. T. de Jong, Prof. Dr. M. Lehn, Prof. Dr. S. Müller-Stach, Prof. Dr. D. van Straten
Sprache	Deutsch
Zuordnung zum Curriculum	Master-Studiengang Physik Wahlpflichtveranstaltung
Lehrform	Vorlesung (4 SWS), begleitende Übung (2 SWS)
Arbeitsaufwand	Präsenzstudium 63 h, Eigenstudium 207 h
Leistungspunkte	9 LP
Voraussetzungen	Mathematik für Physiker im Bachelor-Studiengang und ALG-001
Inhalt	<p>Die folgenden Themen werden u.a. behandelt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundbegriffe der kommutativen Algebra;</li> <li>• Algorithmen zur Faktorisierung ganzer Zahlen; Primzahltests</li> <li>• Polynomringe in mehreren Variablen;</li> <li>• Monomiale Ordnungen; Standardbasen; Buchberger Algorithmus;</li> <li>• Affine Varietäten, Dimension, Eliminationstheorie.</li> <li>• Faktorisierungsalgorithmen von Polynome über endlichen Körpern und über den ganzen Zahlen;</li> <li>• Implementierung algebraischer Algorithmen in einem spezialisierten Computeralgebrasystem wie z.B. Singular, Macaulay2, Pari/GP.</li> </ul>
Studien- und Prüfungsleistungen	<p><i>Studienleistung:</i> Vorlesung und Übung mit Anfertigung von Hausarbeiten</p> <p><i>Modulprüfung:</i> siehe Modulbeschreibung</p>
Medienformen	Tafel und Kreide
Literatur	wird in der Vorlesung angegeben

Lehrveranstaltung	Modul NF-MathZ: Zahlentheorie (ZTH-001)
Semester	ab dem 2. Fachsemester
Modulverantwortliche(r)	Institut für Mathematik
Dozent(inn)en	Prof. Dr. S. Müller-Stach, Prof. Dr. T. de Jong, Prof. Dr. M. Lehn, Prof. Dr. D. van Straten, Prof. Dr. K. Zuo
Sprache	Deutsch
Zuordnung zum Curriculum	Master-Studiengang Physik Wahlpflichtveranstaltung
Lehrform	Vorlesung (4 SWS)
Arbeitsaufwand	Präsenzstudium 63 h, Eigenstudium 117 h
Leistungspunkte	6 LP
Voraussetzungen	Mathematik für Physiker im Bachelor-Studiengang, ALG-001, CAL-001
Inhalt	Die folgenden Themen werden u.a. behandelt: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kongruenzrechnung, Primitivwurzeln, Primzahltests</li> <li>• Diophantische Gleichungssysteme</li> <li>• Quadratische Reziprozität, Hasse Prinzip</li> <li>• <math>p</math>-adische Zahlen und Hilbertsymbole</li> <li>• Reelle Zahlen und Kettenbrüche, Pellische Gleichung</li> <li>• quadratische Zahlkörper und quadratische Formen</li> <li>• Grundbegriffe der algebraischen Zahlentheorie</li> <li>• Moderne Algorithmische Methoden in der Zahlentheorie</li> <li>• Anwendungen in der Kryptographie</li> </ul>
Studien- und Prüfungsleistungen	<i>Studienleistung:</i> Vorlesung und Übung mit Anfertigung von Hausarbeiten <i>Modulprüfung:</i> siehe Modulbeschreibung
Medienformen	Tafel und Kreide
Literatur	wird in der Vorlesung angegeben

## 5.6.5 Meteorologie

Modul NF-Met4: Dynamik der Atmosphäre (Met-DyN)						
Lehrveranstaltung	Art	Regel-semester	Verpflichtungsgrad	SWS	LP	Studienleistungen
Atmosphärische Hydrodynamik	V	2	WPfI	4 SWS	9 LP	
Übungen zu Atmosphärische Hydrodynamik	Ü	2	WPfI	3 SWS		
Modulprüfung	Klausur (90 min) oder mündliche Prüfung (30 min)					
Qualifikationsziele Lernergebnisse Kompetenzen	Die Studierenden erlangen <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kenntnisse der Grundlagen der Atmosphärendynamik,</li> <li>• Die Fähigkeit die Gleichungen in einfachen Spezialfällen zu lösen und mit den relevanten Begriffen umzugehen sowie</li> <li>• die Kompetenz, relevante wissenschaftliche Probleme der Atmosphärendynamik zu erkennen und in der Diskussion darzustellen.</li> </ul>					
Gesamt				7 SWS	9 LP	

Lehrveranstaltung	NF-Met4: Atmosphärische Hydrodynamik
Semester	ab dem 1. Fachsemester
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. P. Spichtinger
Dozent(inn)en	Prof. Dr. V. Wirth, Dr. Joachim Eichhorn
Sprache	Deutsch, Englisch
Zuordnung zum Curriculum	Bachelor- und Master-Studiengang Physik Wahlpflichtveranstaltung
Lehrform	Vorlesung (4 SWS), begleitende Übungen (3 SWS)
Arbeitsaufwand	Präsenzstudium 73.5 h, Eigenstudium 196.5 h
Leistungspunkte	9 LP
Voraussetzungen	Inhalte der folgenden Module des Bachelor-Studiengangs: Experimentalphysik 1 und 2, Theoretische Physik 1 und 2, Mathematik für Physiker 1, 2 und 3, Einführung in die Meteorologie
Inhalt	Erhaltungsgrößen, Bewegungsgleichungen der Atmosphärendynamik, verschiedene Näherungen und Koordinatensysteme, spezielle Anwendungen auf der rotierenden Erde, Linearisierung, Wellen, Instabilität, Turbulenz, Atmosphärische Grenzschicht.
Studien- und Prüfungsleistungen	<i>Studienleistung:</i> zur Vorlesung begleitende Übungen, <i>Modulprüfung:</i> siehe Modulbeschreibung
Medienformen	Tafel + Kreide, Overheadprojektor, Beamer
Literatur	Skript

Modul NF-Met Atm: Atmosphärenmodellierung						
Lehrveranstaltung	Art	Regel-semester	Verpflichtungsgrad	SWS	LP	Studienleistungen
Modellbildung	V	1	WPfl	3 SWS	7 LP	
Übungen zu Modellbildung	Ü	1	WPfl	2 SWS		
Anwendung von Modellen	V	2	WPfl	3 SWS	7 LP	
Übungen zu Anwend. von Modellen	Ü	2	WPfl	2 SWS		
Modulprüfung	Mündliche Abschlussprüfung (30 Min) oder abschließende Klausur (90 Min.)					
Qualifikationsziele Lernergebnisse Kompetenzen	<p>In der Vorlesung „Modellbildung“ erlangen die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>einen vertieften Einblick in die mathematische Modellierung von Problemen in der Atmosphärenphysik;</li> <li>einen Aufbau von Grundwissen zu unterschiedlichen Methoden von verschiedenem Abstraktionsgrad und</li> <li>Kenntnisse moderner Methoden, wie z.B. Multiskalenasymptotik.</li> </ul> <p>In der Vorlesung „Anwendung von Modellen“ erlangen die Studierenden einen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Überblick über die Verwendung von mathematischen Modellen in der Atmosphärenphysik sowie</li> <li>Kenntnis der Realisierung der Modelle sowie deren Anwendung zur wolkenphysikalischen Modellierung, zur Wettervorhersage und auch für Klimaprojektionen.</li> </ul>					
Gesamt				10 SWS	14 LP	

Lehrveranstaltung	Modul NF-Met WV: Modellbildung
Semester	ab dem 1. Fachsemester
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. P. Spichtinger
Dozent(inn)en	Prof. Dr. P. Spichtinger
Sprache	Deutsch
Zuordnung zum Curriculum	Master-Studiengang Physik Wahlpflichtveranstaltung
Lehrform	Vorlesung (3 SWS), begleitende Übung (2 SWS)
Arbeitsaufwand	Präsenzstudium 52.5 h, Eigenstudium 157.5 h
Leistungspunkte	7 LP
Voraussetzungen	Bachelor in Physik
Inhalt	<p>Grundlegende Konzepte der mathematischen Modellierung für Dynamik und Wolken;</p> <p>Grundlagen in dynamischen Systemen und Multiskalenasymptotik; Einführung in die Parametrisierung von subskaligen Prozessen/Hierarchie der Modelle.</p>
Studien- und Prüfungsleistungen	<p><i>Studienleistung:</i> Erfolgreiche Teilnahme an den Übungen</p> <p><i>Modulprüfung:</i> siehe Modulbeschreibung</p>
Medienformen	Tafel, Folien, Beamer-Präsentation, veranstaltungsspezifische Webseiten
Literatur	

Lehrveranstaltung	Modul NF-Met WV: Anwendung von Modellen
Semester	ab dem 2. Fachsemester
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. P. Spichtinger
Dozent(inn)en	Prof. Dr. P. Spichtinger
Sprache	Deutsch
Zuordnung zum Curriculum	Master-Studiengang Physik Wahlpflichtveranstaltung
Lehrform	Vorlesung (3 SWS), begleitende Übung (2 SWS)
Arbeitsaufwand	Präsenzstudium 53 h, Eigenstudium 157 h
Leistungspunkte	7 LP
Voraussetzungen	Bachelor in Physik

Inhalt	Einführung in die Numerik von atmosphärischen Modellen; Einführung in Konzepte der Datenassimilation; Einführung in das Thema Vorhersagbarkeit im Sinne von dynamischen Systemen.
Studien- und Prüfungsleistungen	<i>Studienleistung:</i> Erfolgreiche Teilnahme an den Übungen <i>Modulprüfung:</i> siehe Modulbeschreibung
Medienformen	Tafel, Folien, Beamer-Präsentation, veranstaltungsspezifische Webseiten
Literatur	

Modul NF-Met Str: Atmosphärische Strahlung						
Lehrveranstaltung	Art	Regel-semester	Verpflichtungsgrad	SWS	LP	Studienleistungen
Theorie der Strahlung	V	1	WPfl	2 SWS	6 LP	
Übungen zu Strahlung	Ü	1	WPfl	2 SWS		
Angewandte Strahlung	V	2	WPfl	2 SWS	3 LP	
Modulprüfung	Mündliche Abschlussprüfung (30 Min) oder abschließende Klausur (90 Min.)					
Qualifikationsziele Lernergebnisse Kompetenzen	<p>In der Vorlesung „Theorie der Strahlung“</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>soll ein vertieftes Verständnis der Streutheorie und der Strahlungsübertragung vermittelt werden.</li> </ul> <p>Einige der behandelten Konzepte haben einen hohen Abstraktionsgrad, wodurch das abstrakte Denken gefördert werden soll.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Studierenden sollen befähigt werden, wichtige physikalische Prozesse selbst zu beschreiben.</li> </ul> <p>In der Vorlesung „Angewandte Strahlung“</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>sollen die Studierenden Überblick über die aktive und passive Fernerkundung von meteorologischen Größen und Spurenstoffverteilungen und Aerosol- bzw. Wolkenparametern erhalten. Es werden sowohl</li> <li>grundlegende Fragen (z.B. Informationsgehalt von Fernerkundungsmessungen)</li> <li>als auch praktische Anwendungen diskutiert. Schwerpunkt der Vorlesung sind satellitengebundene Methoden; Boden- bzw. Flugzeug-gestützte Fernerkundungsverfahren werden ebenfalls erläutert.</li> </ul>					
Gesamt				6 SWS	9 LP	

Lehrveranstaltung	Modul NF-Met Str: Theorie der Strahlung
Semester	1. und 2. Fachsemester
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. P. Spichtinger
Dozent(inn)en	Prof. Dr. P. Spichtinger
Sprache	Deutsch, Englisch
Zuordnung zum Curriculum	Master-Studiengang Physik Wahlpflichtveranstaltung
Lehrform	Vorlesung (4 SWS), begleitende Übung (2 SWS)
Arbeitsaufwand	Präsenzstudium 42 h, Eigenstudium 132 h
Leistungspunkte	6 LP
Voraussetzungen	Bachelor in Physik
Inhalt	Grundlegende Definitionen, Wechselwirkung von Strahlung mit Materie, Streutheorie, Strahlungsübertragungsgleichung.
Studien- und Prüfungsleistungen	<i>Studienleistung:</i> Erfolgreiche Teilnahme an den Übungen <i>Modulprüfung:</i> siehe Modulbeschreibung
Medienformen	Tafel, Folien, Beamer-Präsentation, veranstaltungsspezifische Webseiten
Literatur	

Lehrveranstaltung	Modul NF-Met Str: Angewandte Strahlung
Semester	2. Fachsemester
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. P. Spichtinger
Dozent(inn)en	Dozenten und Dozentinnen der Meteorologie

Sprache	Deutsch, Englisch
Zuordnung zum Curriculum	Master-Studiengang Physik Wahlpflichtveranstaltung
Lehrform	Vorlesung (2 SWS)
Arbeitsaufwand	Präsenzstudium 21 h, Eigenstudium 69 h
Leistungspunkte	3 LP
Voraussetzungen	Bachelor in Physik
Inhalt	Überblick über Boden-, Flugzeug- und Satellitengestützte Messungen; passive und aktive Sensoren; Fernerkundung meteorologischer Parameter; Ableitung von Spurenstoffverteilungen, Aerosol- und Wolkeneigenschaften.
Studien- und Prüfungsleistungen	<i>Studienleistung:</i> <i>Modulprüfung:</i> siehe Modulbeschreibung
Medienformen	Tafel, Folien, Beamer-Präsentation, veranstaltungsspezifische Webseiten
Literatur	

Modul NF-Met GAtD: Großräumige Atmosphärendynamik						
Lehrveranstaltung	Art	Regel-semester	Verpflichtungsgrad	SWS	LP	Studienleistungen
Großräumige Atmosphärendynamik	V	1	WPfl	4 SWS	11 LP	
Übungen zur Großräumigen Atmosphärendynamik	Ü	1	WPfl	3 SWS		
Computerprakt. zur Großräumigen Atmosphärendynamik	P	1	WPfl	2		
Modulprüfung	Mündliche Abschlussprüfung (30 Min) oder abschließende Klausur (90 Min.)					
Qualifikationsziele Lernergebnisse Kompetenzen	In der Vorlesung „Großräumige Atmosphärendynamik“ erlangen die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kenntnis der großskaligen Atmosphärendynamik als Grundlage für die synoptische Meteorologie,</li> <li>• Fähigkeit die relevanten Gleichungen in einfachen Spezialfällen zu lösen sowie Kompetenz relevante wissenschaftliche Probleme zu erkennen und diese in der Diskussion darzustellen.</li> </ul>					
Gesamt				9 SWS	11 LP	

Lehrveranstaltung	Modul NF-Met GAtD: Großräumige Atmosphärendynamik
Semester	ab 1. Fachsemester
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. Volkmar Wirth
Dozent(inn)en	Prof. Dr. Volkmar Wirth
Sprache	Deutsch, Englisch
Zuordnung zum Curriculum	Diplomstudiengang und Masterstudiengang Meteorologie, Pflichtveranstaltung im 1. Semester
Lehrform	Vorlesung (4 SWS), begleitende Übungen (3 SWS) , begleitendes Computerpraktikum (2 SWS)
Arbeitsaufwand	Präsenzstudium 94.5 h, Eigenstudium 235.5 h
Leistungspunkte	11 LP
Voraussetzungen	Bachelor in Meteorologie oder gleichwertige Qualifikation
Inhalt	Barotrope Dynamik, quasi-geostrophisches Flachwassermodell, Primitive Gleichungen in Druckkoordinaten, Potentielle Vorticity, 3D quasi-geostrophische Theorie, Rossbywellen, Grundstrom-Welle-Wechselwirkung, Barokline Instabilität, Zyklonogenese, Frontogenese.
Studien- und Prüfungsleistungen	<i>Studienleistung:</i> begleitende Übungen und Computerpraktikum zur Vorlesung <i>Modulprüfung:</i> siehe Modulbeschreibung
Medienformen	Tafel + Kreide, Overheadprojektor, Beamer, Computer
Literatur	Lehrbücher der Atmosphärendynamik
Sonstiges	Skript

## 5.6.6 Philosophie

<b>Modul-Nr. 61</b>	<b>Basismodul (historisch)</b> Philosophie der Neuzeit				
<b>Lehrveranstaltung</b>	<b>Art</b>	<b>Regelsemester</b>	<b>Verpflichtungsgrad</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
c) Philosophie der Neuzeit	OS	1.	P	2 SWS	4 LP
<b>Modulprüfung</b>	Hausarbeit (8-10 Seiten) oder Referat (+Ausarbeitung 5 Seiten) oder Klausur (90 Min.) oder mündl. Prüfung (20 Min.) im OS				1 LP
<b>Gesamt</b>				<b>2 SWS</b>	<b>5 LP</b>
<b>Sonstiges</b>	Der/die DozentIn legt vor Prüfungsanmeldung die Prüfungsform(en) fest.  Bei der Wahl der Form der Modulprüfung soll darauf geachtet werden, dass im Verlauf des Studiums verschiedene Prüfungsformen abgedeckt werden.				

[...]

<b>Modul-Nr. 63</b>	<b>Aufbaumodul (historisch)</b> Philosophie der Neuzeit				
<b>Lehrveranstaltung</b>	<b>Art</b>	<b>Regelsemester</b>	<b>Verpflichtungsgrad</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
c) Philosophie der Neuzeit	OS	2.	P	2 SWS	4 LP
<b>Modulprüfung</b>	Hausarbeit (8-10 Seiten) oder Referat (+Ausarbeitung 5 Seiten) oder Klausur (90 Min.) oder mündl. Prüfung (20 Min.) im OS				1 LP
<b>Gesamt</b>				<b>2 SWS</b>	<b>5 LP</b>
<b>Sonstiges</b>	Der/die DozentIn legt vor Prüfungsanmeldung die Prüfungsform(en) fest.  Bei der Wahl der Form der Modulprüfung soll darauf geachtet werden, dass im Verlauf des Studiums verschiedene Prüfungsformen abgedeckt werden.				

[...]

<b>Modul-Nr. 65</b>	<b>Vertiefungsmodul (historisch)</b> Philosophie der Neuzeit				
<b>Lehrveranstaltung</b>	<b>Art</b>	<b>Regelsemester</b>	<b>Verpflichtungsgrad</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
c) Philosophie der Neuzeit	OS	3.	P	2 SWS	4 LP
<b>Modulprüfung</b>	Hausarbeit (8-10 Seiten) oder Referat (+Ausarbeitung 5 Seiten) oder Klausur (90 Min.) oder mündl. Prüfung (20 Min.) im OS				1 LP
<b>Gesamt</b>				<b>2 SWS</b>	<b>5 LP</b>
<b>Sonstiges</b>	<p>Der/die DozentIn legt vor Prüfungsanmeldung die Prüfungsform(en) fest.</p> <p>Bei der Wahl der Form der Modulprüfung soll darauf geachtet werden, dass im Verlauf des Studiums verschiedene Prüfungsformen abgedeckt werden.</p>				



Anhang 2: Auszug aus dem Modulhandbuch des MA Philosophie

<b>Modul Basismodul M 61 (historisch):</b>				
Kennnummer:	work load	Kreditpunkte	Studiensemester	Dauer
61	150 h	5 LP	1. Sem	1 Semester
60.	Lehrveranstaltungen	Kontaktzeit	Selbststudium	Kreditpunkte
	<b>c) Oberseminar: Philosophie der Neuzeit</b>	2 SWS/21 h	99 h	4 LP
	<b>Modulprüfung</b>		90 h	1 LP
61.	Lehrformen Oberseminar			
62.	Gruppengröße Oberseminar: bis zu 30			
63.	Qualifikationsziele/Kompetenzen Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> <li>• verfügen über breites philosophie-historisches Basiswissen und sind mit den wichtigsten Begriffen und Positionen der von ihnen untersuchten philosophie-geschichtlichen Epochen vertraut.</li> <li>• haben Erkenntnisse über die geistesgeschichtlichen Grundlagen philosophie-geschichtlicher Entwicklungen gewonnen und Einblick in die historische Bedingtheit philosophischer Disziplinen und Positionen erhalten.</li> <li>• sind in der Lage, bei der Analyse von Schlüsseltexten der europäischen Philosophiegeschichte hermeneutische, textkritische und logisch-analytische Methoden anzuwenden, zwischen historischen und systematischen Fragestellungen zu differenzieren, sowie komplexe geistesgeschichtliche Zusammenhänge zu erfassen, distanziert darzustellen und kritisch zu hinterfragen.</li> <li>• verfügen über die Fähigkeit zu Analyse, Interpretation und Kritik von philosophischen Schlüsseltexten der Antike, des Mittelalters und der Neuzeit</li> <li>• sowie über die Fähigkeit zur Kontextualisierung und Aktualisierung epochenspezifischer philosophischer Probleme.</li> <li>• Stärkung der Methodenkompetenz.</li> </ul>			
64.	Inhalte Intensive Beschäftigung mit grundlegenden Fragen und Positionen der Geschichte der Philosophie. Besuch von Veranstaltungen aus der Philosophie der Neuzeit.			
65.	Verwendbarkeit des Moduls MA Philosophie Kernfach			
66.	Teilnahmevoraussetzungen Keine			
67.	Prüfungsformen 8.1 Studienleistungen Keine 8.2 Modulteilprüfungen/Modulprüfung Hausarbeit (8-10 Seiten) oder Referat (+ Ausarbeitung 5 Seiten) oder Klausur (90 Min.) oder mündl. Prüfung (20 Min.) in c)			
68.	Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten regelmäßige Teilnahme und erfolgreicher Abschluss der Prüfungsleistung			
69.	Stellenwert der Note in der Endnote Entsprechend den Leistungspunkten des Moduls: 5/15			
70.	Häufigkeit des Angebots jedes Semester			
71.	Modulbeauftragter und hauptamtlich Lehrende			

	Modulbeauftragter: Univ.-Prof. Dr. Heiner F. Klemme Hauptamtliche Lehrende: Univ.-Prof. Dr. Klaus-Dieter Eichler, Univ.-Prof. Dr. Mechthild Dreyer, Univ.-Prof. Dr. Heiner F. Klemme, Prof. Dr. Josef Rauscher, Prof. Dr. Matthias Koßler, MitarbeiterInnen
72.	Sonstige Informationen keine

[...]

<b>Modul Aufbaumodul M 63 (historisch):</b>				
Kennnummer:	work load	Kreditpunkte	Studiensemester	Dauer
63	150 h	5 LP	2. Sem	1 Semester
1.	Lehrveranstaltungen	Kontaktzeit	Selbststudium	Kreditpunkte
	<b>c) Oberseminar: Philosophie der Neuzeit</b>	2 SWS/21 h	99 h	4 LP
	<b>Modulprüfung</b>		90 h	1 LP
2.	Lehrformen Oberseminar			
3.	Gruppengröße Oberseminar: bis zu 30			
4.	Qualifikationsziele/Kompetenzen Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> <li>haben die im historischen Basismodul erworbenen Erkenntnisse und Kompetenzen gefestigt und ausgebaut.</li> <li>verfügen über fundiertes Wissen über die wichtigsten Themen, Positionen, Methoden und Argumentationsweisen innerhalb der von ihnen bearbeiteten Epochen der Philosophie, sowie über deren Wirkungsgeschichte.</li> <li>verstehen es, die ihnen vermittelten Methoden der Philosophiegeschichte (z.B. Ideengeschichte, Begriffsgeschichte, Rezeptionsgeschichte etc.) sicher für das Verständnis fremder Texte und für problemorientierte Fragestellungen fruchtbar zu machen und interdisziplinäre Fragestellungen zu entwickeln.</li> <li>haben ihre Fähigkeit zur Analyse, Interpretation und Kritik von philosophischen Schlüsseltexten der Antike, des Mittelalters und der Neuzeit, sowie zur Kontextualisierung und Aktualisierung epochenspezifischer philosophischer Probleme verbessert.</li> <li>sind befähigt, offene Forschungsfragen und -ansätze zu identifizieren und ihr begründetes Urteil in mündlicher wie schriftlicher Form auszudrücken.</li> <li>Stärkung diskursiver Fähigkeiten.</li> </ul>			
5.	Inhalte Vertiefende Beschäftigung mit Fragen und Positionen der Geschichte der Philosophie. Besuch von Veranstaltungen aus der Philosophie der Neuzeit.			
6.	Verwendbarkeit des Moduls MA Philosophie			
7.	Teilnahmevoraussetzungen Keine			
8.	Prüfungsformen 8.1 Studienleistungen Keine 8.2 Modulteilprüfungen/Modulprüfung Hausarbeit (8-10 Seiten) oder Referat (+ Ausarbeitung 5 Seiten) oder Klausur (90 Min.) oder mündl. Prüfung (20 Min.) in c)			
9.	Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten			

	regelmäßige Teilnahme und erfolgreicher Abschluss der Prüfungsleistung
10.	Stellenwert der Note in der Endnote Entsprechend den Leistungspunkten des Moduls: 5/15
11.	Häufigkeit des Angebots jedes Semester
12.	Modulbeauftragter und hauptamtlich Lehrende Modulbeauftragter: Univ.-Prof. Dr. Heiner F. Klemme Hauptamtliche Lehrende: Univ.-Prof. Dr. Klaus-Dieter Eichler, Univ.-Prof. Dr. Mechthild Dreyer, Univ.-Prof. Dr. Heiner F. Klemme, Prof. Dr. Josef Rauscher, Prof. Dr. Matthias Koßler, MitarbeiterInnen
13.	Sonstige Informationen keine

[...]

<b>Modul Vertiefungsmodul M 65 (historisch):</b>				
Kennnummer:	work load	Kreditpunkte	Studiensemester	Dauer
65	150 h	5 LP	3. Sem	1 Semester
1.	Lehrveranstaltungen  <b>c) Oberseminar: Philosophie der Neuzeit</b>  <b>Modulprüfung</b>	Kontaktzeit  2 SWS/21 h	Selbststudium  99 h 90 h	Kreditpunkte  4 LP 1 LP
2.	Lehrformen Oberseminar			
3.	Gruppengröße Oberseminar: bis zu 30			
4.	Qualifikationsziele/Kompetenzen <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kenntnis von verschiedenen Forschungsprojekten und Auseinandersetzung mit diesen aus einem Forschungsschwerpunkt</li> <li>• Einblick in die Divergenz von Forschungsansätzen und deren Bewertung</li> <li>• Überblick über die Forschungslandschaft</li> <li>• Anregung selbstständiger Informationsbeschaffung und eigener Forschungsfragen</li> <li>• Forschungsorientierte Vertiefung des historischen und methodischen Wissens und seiner Relevanz für die systematische Philosophie</li> <li>• Präzisierung und Ausarbeitung eines eigenen Projekts</li> <li>• Fähigkeit zur eigenen Positionierung innerhalb von Forschungszusammenhängen -und traditionen</li> <li>• Fähigkeit zur Partizipation an Forschungsdebatten in Wort und Schrift</li> <li>• Stärkung interdisziplinärer Kompetenzen im selbstgewählten Forschungsschwerpunkt</li> </ul>			
5.	Inhalte  Forschungsorientierte Beschäftigung mit Fragen und Positionen der Geschichte der Philosophie. Partizipation an Forschungsprojekten des Arbeitsbereiches. Besuch von Veranstaltungen aus der Philosophie der Neuzeit.			
6.	Verwendbarkeit des Moduls MA Philosophie			
7.	Teilnahmevoraussetzungen Keine			

8.	<p>Prüfungsformen</p> <p>8.1 Studienleistungen Keine</p> <p>8.2 Modulteilprüfungen/Modulprüfung Hausarbeit (8-10 Seiten) oder Referat (+ Ausarbeitung 5 Seiten) oder Klausur (90 Min.) oder mündl. Prüfung (20 Min.) in c)</p>
9.	<p>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten regelmäßige Teilnahme und erfolgreicher Abschluss der Prüfungsleistung</p>
10.	<p>Stellenwert der Note in der Endnote Entsprechend den Leistungspunkten des Moduls: 5/15</p>
11.	<p>Häufigkeit des Angebots jedes Semester</p>
12.	<p>Modulbeauftragter und hauptamtlich Lehrende</p> <p>Modulbeauftragter: Univ.-Prof. Dr. Heiner F. Klemme</p> <p>Hauptamtliche Lehrende: Univ.-Prof. Dr. Klaus-Dieter Eichler, Univ.-Prof. Dr. Mechthild Dreyer, Univ.-Prof. Dr. Heiner F. Klemme, Prof. Dr. Josef Rauscher, Prof. Dr. Matthias Koßler, MitarbeiterInnen</p>
13.	<p>Sonstige Informationen keine</p>

## 5.6.7 Fachübergreifende Lehrveranstaltungen

Modul Fül: Fachübergreifende Lehrveranstaltung gemäß Angebot der kooperierenden Einrichtungen						
Lehrveranstaltung	Art	Regel- semester	Verpflich- tungsgrad	SWS	LP	prüfungsrelevante Studienleistung
Fachübergreifende Lehrveranstaltung	V	2	Wahl empfohlen	gemäß Angebot	gemäß Vorgaben	
Übungen zu Fachübergreifende Lehrveranstaltung	Ü	2				
Modulprüfung	gemäß Vorgaben der kooperierenden Einrichtungen					
Gesamt				ca. 3 SWS	bis 3 LP einbringbar	

Lehrveranstaltung	Modul Fül: Geschichte der Naturwissenschaften II "Deutsche Geschichte und Wissenschaftsgeschichte 1914-1949"
Semester	ab dem 1. Fachsemester
Modulverantwortliche(r)	Prof. David E. Rowe, Ph.D
Dozent(inn)en	Prof. David E. Rowe, Ph.D, Dr. habil. Volker Remmert
Sprache	Deutsch
Zuordnung zum Curriculum	Bachelor- oder Master-Studiengang Physik, empfohlene fachübergreifende Lehrveranstaltung
Lehrform	Vorlesung (2 SWS)
Arbeitsaufwand	Präsenzstudium 21 h, Eigenstudium 69 h
Kreditpunkte	3 LP
Voraussetzungen	keine
Qualifikationsziele Lernergebnisse Kompetenzen	Die Vorlesung bietet eine Einführung in historische Zusammenhänge zwischen wissenschaftlichen, gesellschaftlichen und politischen Entwicklungen.
Inhalt	Thema der Vorlesung ist die deutsche Geschichte zwischen 1914 und 1949 aus der Perspektive der Wissenschaftsgeschichte. Besondere Beachtung erfahren die Auswirkungen politischer Entwicklungen auf die Wissenschaften und die Einflussnahmen der Wissenschaften oder einzelner Wissenschaftler im politischen Bereich. Ein Schwerpunkt liegt auf dem Themenkomplex kriegswichtiger Forschung im Ersten und Zweiten Weltkrieg, der Isolierung Deutschlands und deutscher Wissenschaftler auf der internationalen Bühne von 1918 bis in die 1920er Jahre, den tiefgreifenden Änderungen nach 1933 (Entlassung und Verfolgung jüdischer Wissenschaftler), der Selbstmobilisierung der Wissenschaften im NS-Staat und den Schicksalen von Wissenschaften und Wissenschaftlern nach 1945.
Studien- und Prüfungsleistungen	<i>Studienleistung:</i> zur Vorlesung begleitende Lektüre <i>Modulprüfung:</i> abschließende Klausur
Medienformen	Tafel, Beamer-Präsentation
Literatur	wird zu Beginn der Vorlesung bekannt gegeben

Lehrveranstaltung	Modul FÜL: Geschichte der Naturwissenschaften I "Einführung in die Wissenschaftsgeschichte"
Semester	ab dem 1. Fachsemester
Modulverantwortliche(r)	Prof. David E. Rowe, Ph.D
Dozent(inn)en	Prof. David E. Rowe, Ph.D, Dr. habil. Volker Remmert
Sprache	Deutsch
Zuordnung zum Curriculum	Bachelor- oder Masterstudiengang Physik, empfohlene Lehrveranstaltung
Lehrform	Vorlesung (2 SWS)
Arbeitsaufwand	Präsenzstudium 21 h, Eigenstudium 69 h
Leistungspunkte	3 LP
Voraussetzungen	keine
Qualifikationsziele Lernergebnisse Kompetenzen	Anhand von ausgewählten Themen aus der europäischen Wissenschaftsgeschichte seit dem 16. Jahrhundert bietet die Vorlesung eine Einführung in wissenschaftshistorische Methoden und Problemstellungen. Besondere Aufmerksamkeit wird den methodischen Impulsen aus benachbarten historischen Disziplinen (allgemeine Geschichte, Kunstgeschichte etc.) gelten.
Inhalt	Zu den behandelten Themen zählen: die Auseinandersetzungen um das kopernikanische System und die Galilei-Affäre, Wissenschaft in der Aufklärung, Wissenschaft und Kolonialismus, Universitätsentwicklung im 19. Jahrhundert, Wissenschaft in Diktaturen des 20. Jahrhunderts.
Studien- und Prüfungsleistungen	<i>Studienleistung:</i> Besuch der Vorlesung und Studium begleitender Lektüre <i>Modulprüfung:</i> abschließende Klausur
Medienformen	Tafel, Beamer-Präsentation
Literatur	wird zu Beginn der Vorlesung bekannt gegeben