

**Modulhandbuch  
für den  
Master-Studiengang Physik**

12. Oktober 2017



# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Studienziele</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Modul- und Veranstaltungsliste</b>	<b>7</b>
2.1	Modulübersicht . . . . .	7
2.2	Liste der Spezialvorlesungen . . . . .	8
2.3	Liste der vertiefenden Vorlesungen . . . . .	9
2.4	Kernangebot an Nichtphysikalischen Fächern bzw. fachübergreifenden Lehrveranstaltungen . . . . .	10
<b>3</b>	<b>Wichtige Bemerkungen zur Modulliste</b>	<b>13</b>
3.1	Generelle Bemerkungen . . . . .	13
3.2	Hinweise zur Forschungsphase . . . . .	14
3.2.1	Bewertungskriterien . . . . .	14
3.3	Beispiel eines Studienverlaufplans . . . . .	16
<b>4</b>	<b>Detaillierte Modulbeschreibungen mit Lehrveranstaltungen</b>	<b>17</b>
4.1	Experimentalphysik . . . . .	17
4.2	Theoretische Physik . . . . .	23
4.3	Praktika und Seminare . . . . .	30
4.4	Spezial- und Vertiefungsvorlesungen . . . . .	32
4.4.1	Module . . . . .	32
4.4.2	Physik kondensierter Materie . . . . .	33
4.4.3	Quanten-, Atom- und Neutronenphysik . . . . .	49
4.4.4	Kern- und Teilchenphysik . . . . .	57
4.5	Forschungsphase . . . . .	87
4.6	Nichtphysikalische Fächer . . . . .	90
4.6.1	Chemie . . . . .	90
4.6.2	Informatik . . . . .	98
4.6.3	Geschichte der Naturwissenschaften . . . . .	101
4.6.4	Mathematik . . . . .	104
4.6.5	Meteorologie . . . . .	133
4.6.6	Philosophie . . . . .	140
4.6.7	Wirtschaftswissenschaften . . . . .	144
4.7	Fachübergreifende Lehrveranstaltungen . . . . .	164



# 1 Studienziele

## 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.
6. 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.
7. 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.
8. 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.

## *1 Studienziele*

9. 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.

## 2 Modul- und Veranstaltungsliste

### 2.1 Modulübersicht

Modul	SWS	LP
<i>Pflichtmodule</i>		
Experimentalphysik	3 V + 1 Ü	6
Theoretische Physik	4 V + 2 Ü	9
Seminare	4 S	8
F-Praktikum	8 P	10
<i>Summe</i>		<b>33</b>
<i>Forschungsphase</i>		
Spezialisierung	F	15
Methodenkenntnis	F	15
Masterarbeit	F	30
<i>Summe</i>		<b>60</b>
<i>Wahlpflichtmodule</i>		
Spezialvorlesung I und II	6 V + 2 Ü	12
Vertiefende Vorlesung	3 V + 1 Ü	6
Forschungsmodul	4 V	6
<i>zu wählen</i>		<b>12-18</b>
<i>Nichtphysikalisches Fach</i>		
Nichtphysikalisches Fach (Angebote siehe Kapitel 2.4)		9-15
<i>zu wählen</i>		<b>15-9</b>
<b>Gesamt</b>		<b>120</b>

## 2.2 Liste der Spezialvorlesungen

Nur die im Folgenden aufgeführten Veranstaltungen können im Modul „Spezialvorlesungen I und II“ eingebracht werden:

- 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
  - Moderne Rechenmethoden der Physik kondensierter/weicher Materie
  - Computersimulationen in der statistischen Physik
- 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



## 2.3 Liste der vertiefenden Vorlesungen

Jede Spezialvorlesung (siehe 2.2) kann als vertiefenden Vorlesung gewählt werden. Zusätzlich gibt es noch die folgenden Vorlesungen, die nur als vertiefende Vorlesung gewählt werden können:

- Physik kondensierter Materie
  - Theorie weicher Materie II
- Kern- und Elementarteilchenphysik
  - Vertiefende Kapitel der Teilchenphysik
  - Vertiefende Kapitel der subatomaren Physik
  - Vertiefende Kapitel der Astroteilchen- und Astrophysik
  - Höhere Beschleunigerphysik

## 2.4 Kernangebot an Nichtphysikalischen Fächern bzw. fachübergreifenden Lehrveranstaltungen

Nichtphysikalisches Fach	SWS	LP
<i>Chemie</i>		
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
<i>Geschichte der Naturwissenschaften</i>		
Geschichte der Naturwissenschaften I	4 V + 4 S + 2 Ü	15
Geschichte der Naturwissenschaften II	2 HS + 2 S	9
<i>Informatik</i>		
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
Informatik IV	4 V + 4 Ü + 2 S	16
<i>Mathematik</i>		
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
Grundlagen der Numerik	4 V + 2 Ü	9
Grundlagen der Numerik (mit Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen)	8 V + 2 Ü	15
Numerik von Differentialgleichungen	4 V + 2 Ü	9
Numerik von Differentialgleichungen (mit partiellen Differentialgleichungen)	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
Differentialgeometrie und Mannigfaltigkeiten	4 V + 2 Ü	9
Funktionentheorie	4 V + 2 Ü	9
Zahlentheorie	4 V + 2 Ü	9
Funktionalanalysis	8 V + 2 Ü	15
Grundlagen der numerischen Mathematik (mit Praktikum)	4 V + 2 Ü + 2 P	15
Komplexe Differentialgeometrie	8 V + 2 Ü	15
Vertiefungsmodul Analysis	8 V + 2 Ü	15

## 2.4 Kernangebot an Nichtphysikalischen Fächern bzw. fachübergreifenden Lehrveranstaltungen

<b>Nichtphysikalisches Fach</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Vertiefungsmodul Eichtheorie	8 V + 2 Ü	15
<i>Meteorologie</i>		
Atmosphärenmodellierung	6 V + 4 Ü	14
Atmosphärische Strahlung	4 V + 2 Ü	9
Chemie der Atmosphäre und Spurenstoffdynamik	5 V + 2 Ü	10
Großräumige Atmosphärendynamik	4 V + 2 Ü + 1 P	11
Grundlagen der Atmosphärenhydrodynamik	4 V + 3 Ü	10
<i>Philosophie</i>		
Philosophie der Neuzeit	6 S	15
<i>Wirtschaftswissenschaften</i>		
International Economics & Public Policy	6 V+Ü	12
Finance & Accounting	6 V+Ü	12
Marketing, Management & Operations	6 V+Ü	12
<i>Fachübergreifende Lehrveranstaltungen</i>		
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 im der Modulliste genannt sind, zusammengestellt werden.



# 3 Wichtige Bemerkungen zur Modulliste

## 3.1 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 oder dem 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.

## 3.2 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 [diesem Antrag](#). 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.

### 3.2.1 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
  - a) Mindeststandards: korrekte Rechtschreibung, Grammatik und Interpunktion, korrekte Zitiertechnik, qualitativ angemessene Quellen.

- b) 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

- a) Mindeststandards: klare und ausgewogene Gliederung, Unterscheidung von Wichtigem und Unwichtigem, Einführung in alle für das Thema der Arbeit relevanten Sachverhalte und Begriffe.
- b) 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

- a) 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).
- b) 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

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

### 3.3 Beispiel eines Studienverlaufplans

Die folgende Tabelle zeigt einen typischen Studienverlaufplan bei Studienbeginn sowohl im Wintersemester als auch im Sommersemester:

Fachsemester	Studienverlaufplan					Summe SWS und LP
4	<b>Masterarbeit</b> Arbeit 29 LP Kolloquium 1 LP					30 LP
3	<b>Methodenkenntnis</b> 15 LP					30 LP
	<b>Spezialisierung</b> 15 LP					
2	<b>Vertiefungsvorlesung</b> 3V + 1 Ü 6 LP	<b>Fortgeschrittenen-Praktikum</b> Teil 1 4 P 5 LP Teil 2 4 P 5 LP	<b>Spezialvorlesung</b> Spezialvorlesung 2 3 V + 1 Ü 6 LP	<b>Seminar</b> Seminar 2 2S 4 LP	<b>Nebenfach</b> z.B. Chemie Praktikum 5 P 5 LP	31 LP 23 SWS
1	<b>Experimentalphysik</b> 3V + 1 Ü 6 LP	<b>Theoretische Physik</b> 4V + 2 Ü 9 LP	Spezialvorlesung 1 3 V + 1 Ü 6 LP	<b>Seminar 1</b> 2S 4 LP	<b>Kernchemie</b> 2 V + 1 Ü 4 LP	29 LP 19 SWS
						<b>120 LP</b>



# 4 Detaillierte Modulbeschreibungen mit Lehrveranstaltungen

## 4.1 Experimentalphysik

Atom- und Quantenphysik				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINE)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
08.128.050	180 h	1	1	6 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen Vorlesung mit Übung „Atom- und Quantenphysik“ (WP) Vorlesung (WP) Übung (WP)	Kontaktzeit  3 SWS/31.5 h 1 SWS/10.5 h	Selbststudium 138 h	Leistungspunkte 6 LP
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übungen: 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 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			
7.	Zugangsvoraussetzung(en)			

Atom- und Quantenphysik				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
08.128.050	180 h	1	1	6 LP
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 6/180 (BSc) bzw. 6/120 (MSc)			
10.	Häufigkeit des Angebots Jährlich im Wintersemester			
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtliche Lehrende Modulbeauftragte: Prof. Dr. F. Schmidt-Kaler, Prof. Dr. K. Wendt Lehrende: Dozentinnen und Dozenten der Experimentalphysik			
12.	Sonstige Informationen Sprache: Deutsch oder – auf Wunsch – Englisch Wird die Vorlesung in englischer Sprache gehalten, so muss für BSc Studierende die Möglichkeit bestehen, die Prüfungsleistungen in deutscher Sprache durchzuführen. Konkret müssen Klausuren auch in deutscher Sprache zur Verfügung gestellt werden und Übungsaufgaben können auch in deutscher Sprache eingereicht werden.  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>			

Kern- und Teilchenphysik				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
08.128.055	180 h	1	1	6 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen Vorlesung mit Übung „Kern- und Elementarteilchenphysik“ (WP) Vorlesung (WP) Übung (WP)	Kontaktzeit  3 SWS/31.5 h 1 SWS/10.5 h	Selbststudium 138 h	Leistungspunkte 6 LP
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übungen: 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> <li>• das gegenwärtige Bild des Aufbaus der Materie begreifen und entsprechende Schlüsselexperimente nachvollziehen.</li> </ul>			
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>• <math>ep</math>, <math>pp</math> 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)			
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 6/180 (BSc) bzw. 6/120 (MSc)			
10.	Häufigkeit des Angebots Jedes Semester			
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtliche Lehrende Modulbeauftragte: Prof. Dr. L. Köpke, Prof. Dr. J. Arends Lehrende: Dozentinnen und Dozenten der experimentellen Teilchen-, Hadronen- und Kernphysik			

<b>Kern- und Teilchenphysik</b>				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
08.128.055	180 h	1	1	6 LP
12.	<p>Sonstige Informationen</p> <p>Sprache: Deutsch oder – auf Wunsch – Englisch</p> <p>Wird die Vorlesung in englischer Sprache gehalten, so muss für BSc Studierende die Möglichkeit bestehen, die Prüfungsleistungen in deutscher Sprache durchzuführen. Konkret müssen Klausuren auch in deutscher Sprache zur Verfügung gestellt werden und Übungsaufgaben können auch in deutscher Sprache eingereicht werden.</p> <p>Literatur:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Povh, Rith, Scholz "Teilchen und Kerne" (DOI: 10.1007/978-3-642-37822-5)</li> <li>• Diverse andere Lehrbücher zur Kern- und Teilchenphysik</li> </ul>			

Physik kondensierter Materie				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
08.128.060	180 h	1	1	6 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen Vorlesung mit Übung „Physik kondensierter Materie“ (WP) Vorlesung (WP) Übung (WP)	Kontaktzeit  3 SWS/31.5 h 1 SWS/10.5 h	Selbststudium 138 h	Leistungspunkte 6 LP
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übungen: 20			
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen Nach Abschluss des Moduls „Physik der kondensierten Materie“ sollen die Studierenden <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 Vielkörpernatur der Erscheinungen zu beschreiben.</li> </ul> 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.			
4.	Inhalte <ul style="list-style-type: none"> <li>• Strukturänderungsprozesse: Modellsysteme, Nukleation, Wachstum, Glasübergang</li> <li>• Elektronen im Festkörper: Ein-Elektronen-Modelle, freies Elektronengas, Bändermodell, Halbleiter, spezifische Wärme von Metallen, anharmonische Effekte, Wärmeleitung</li> <li>• Korrelierte Elektronensysteme: Magnetismus, Supraleitung, schwere Fermionen</li> <li>• Anwendungen: Oberflächen, Spektroskopie</li> </ul>			
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 6/180 (BSc) bzw. 6/120 (MSc)			
10.	Häufigkeit des Angebots Jedes Semester			
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtliche Lehrende Modulbeauftragte: Prof. Dr. Th. Palberg, Prof. Dr. G. Schönhense Lehrende: Dozenten und Dozentinnen aus dem Bereich der experimentellen kondensierten Materie			

<b>Physik kondensierter Materie</b>				
Modul-Kennnummer (JOGU-StiNe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
08.128.060	180 h	1	1	6 LP
12.	<p>Sonstige Informationen</p> <p>Sprache: Deutsch oder – auf Wunsch – Englisch</p> <p>Wird die Vorlesung in englischer Sprache gehalten, so muss für BSc Studierende die Möglichkeit bestehen, die Prüfungsleistungen in deutscher Sprache durchzuführen. Konkret müssen Klausuren auch in deutscher Sprache zur Verfügung gestellt werden und Übungsaufgaben können auch in deutscher Sprache eingereicht werden.</p> <p>Literatur:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lehrbücher der Festkörperphysik: Ibach-Lüth, Kittel</li> </ul>			

## 4.2 Theoretische Physik

Theoretische Physik 5				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
08.128.151	270 h	1	1	9 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen Vorlesung mit Übung „Höhere Quantenmechanik“ (WP) Vorlesung (WP) Übung (WP)	Kontaktzeit  4 SWS/42 h 2 SWS/21 h	Selbststudium 207	Leistungspunkte 9 LP
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übungen: 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 setzten die Dozentin oder der Dozent einen Themenschwerpunkt.			
4.	Inhalte Die folgenden Themen werden u.a. behandelt: <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Vielteilchensysteme</i>: 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).</li> <li>• <i>Relativistische Quantenmechanik</i>: Klein-Gordon und Dirac-Gleichung, zugehörige Lagrange-Dichten, Ankopplung an das Strahlungsfeld, Anwendungen z.B. Wasserstoffatom.</li> <li>• <i>Vertiefungsbereich</i>: Themen die je nach Dozenten/Dozentin variieren können. Mögliche Gebiete: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Einführung in den Formalismus der Pfadintegrale,</li> <li>– Vertiefung Gruppentheorie (Poincaré-Gruppe, Darstellungstheorie,</li> <li>– Wigner-Eckart Theorem, Spinordarstellungen),</li> <li>– Quantenoptik,</li> <li>– Beispiele aus der Vielteilchentheorie.</li> </ul> </li> </ul>			
5.	Verwendbarkeit des Moduls BSc. Physik, 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> 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 9/180 (BSc) bzw. 9/120 (MSc)			

Theoretische Physik 5				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
08.128.151	270 h	1	1	9 LP
10.	Häufigkeit des Angebots Jedes Semester			
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtliche Lehrende Modulbeauftragte: Prof. Dr. S. Weinzierl Lehrende: Dozenten und Dozentinnen der Theoretischen Physik			
12.	Sonstige Informationen Sprache: Deutsch oder – auf Wunsch – Englisch Wird die Vorlesung in englischer Sprache gehalten, so muss für BSc Studierende die Möglichkeit bestehen, die Prüfungsleistungen in deutscher Sprache durchzuführen. Konkret müssen Klausuren auch in deutscher Sprache zur Verfügung gestellt werden und Übungsaufgaben können auch in deutscher Sprache eingereicht werden.  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.			



Relativistische Quantenfeldtheorie				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
08.128.165	270 h	1	1	9 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen Vorlesung mit Übung „Relativistische Quantenfeldtheorie“ (WP) Vorlesung (WP) Übung (WP)	Kontaktzeit  4 SWS/42 h 2 SWS/21 h	Selbststudium 207 h	Leistungspunkte 9 LP
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übungen: 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. Physics			
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 9/120			
10.	Häufigkeit des Angebots Jedes Semester			
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtliche 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			

Höhere Statistische Physik				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
08.128.170	270 h	1	1	9 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen Vorlesung mit Übung „Höhere Statistische Physik“ (WP) Vorlesung (WP) Übung (WP)	Kontaktzeit  4 SWS/42 h 2 SWS/21 h	Selbststudium 207 h	Leistungspunkte 9 LP
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übungen: 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 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlagen einer statistischen Beschreibung komplexer Systeme im Gleichgewicht und Nichtgleichgewicht: Lineare Antwort und Transport, stochastische Prozesse, Struktur und Streuung;</li> <li>• Modellbildung: Symmetrien und Erhaltungssätze, Konzepte der Vergrößerung (Reduktion von Freiheitsgraden), Dynamik: Newtonsche Mechanik, Brownsche Dynamik, Grundbegriffe der Hydrodynamik bei niedrigen Reynoldszahlen, Simulationsmethoden;</li> <li>• Phasenübergänge, Mean-Field Ansätze, Landau-Theorie, Fluktuationen und kritische Exponenten, Skaleninvarianz und Renormierung, evtl. Grundbegriffe der statistischen Feldtheorie.</li> <li>• 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.</li> </ul> <p>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).</p>			
5.	Verwendbarkeit des Moduls MSc. Physics			
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme			
7.	Zugangsvoraussetzung(en)			

Höhere Statistische Physik				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
08.128.170	270 h	1	1	9 LP
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 9/120			
10.	Häufigkeit des Angebots Mindestens einmal im Jahr			
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtliche Lehrende Modulbeauftragte: Prof. Dr. F. Schmid Lehrende: Dozenten und Dozentinnen der Theoretischen Physik			
12.	Sonstige Informationen Sprache: Englisch Literatur: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Chaikin/Lubensky: Principles of Condensed Matter Physics.</li> <li>• Plischke/Bergersen: Equilibrium Statistical Physics.</li> <li>• Landau-Lifshitz: Theoretische Physik Band V und IX.</li> <li>• Goldenfeld: Lectures on phase transitions and the renormalization group.</li> <li>• Paul/Baschnagel: Stochastic processes. From physics to finance.</li> <li>• Risken: The Fokker-Planck equation.</li> <li>• Guyon, Hulin, Petit, Mitesu: Physical Hydrodynamics.</li> <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>• Rubinstein/Colby: Polymer Physics.</li> </ul>			

Theoretische Quantenoptik und Vielteilchenphysik				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
08.128.175	270 h	1	1	9 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen Vorlesung mit Übung „Theoretische Quantenoptik und Vielteilchenphysik“ (WP) Vorlesung (WP) Übung (WP)	Kontaktzeit  4 SWS/42 h 2 SWS/21 h	Selbststudium 207 h	Leistungspunkte 9 LP
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übungen: 20			
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen Die Studierenden sollen nach Abschluss des Moduls u.a.: <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> Die Studierenden werden durch das Modul näher an aktuelle Forschungsfelder herangeführt.			
4.	Inhalte 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. Auswahl der Themen: <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.	Verwendbarkeit des Moduls MSc. Physics			
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme Kenntnisse auf dem Niveau der Lehrveranstaltungen Theoretische Physik 1-5 des Bachelor-Studiengangs			
7.	Zugangsvoraussetzung(en)			

Theoretische Quantenoptik und Vielteilchenphysik				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
08.128.175	270 h	1	1	9 LP
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 9/120			
10.	Häufigkeit des Angebots Jährlich im Wintersemester			
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtliche Lehrende Modulbeauftragte: Prof. Dr. P. van Dongen, Prof. Dr. P. van Loock Lehrende: Dozenten und Dozentinnen aus dem Bereich der Theorie der „harten“ Kondensierten Materie und der Theoretischen Quantenoptik			
12.	Sonstige Informationen Sprache: Deutsch Literatur: <ul style="list-style-type: none"> <li>• F. Schwabl, Quantenmechanik für Fortgeschrittene, Springer-Verlag, Berlin, 1997.</li> <li>• J. J. Sakurai, Advanced Quantum Mechanics, Addison Wesley, Reading, 1967.</li> <li>• S. M. Barnett, P.M. Radmore, Methods in Theoretical Quantum Optics, Oxford Univ. Press, Oxford, 2002.</li> <li>• M. Fox, Quantum Optics, Oxford Univ. Press, Oxford, 2006.</li> <li>• M. A. Nielsen, I. L. Chuang, Quantum Computation and Quantum Information, Cambridge Univ. Press, Cambridge, 2000.</li> <li>• M. Lewenstein, A. Sanpera, V. Ahufinger, Ultracold atoms in optical lattices, Oxford Univ. Press, Oxford, 2012.</li> <li>• J. W. Negele, H. Orland, Quantum Many-particle Systems, Perseus Books, New York, 1994.</li> <li>• R. Loudon, The Quantum Theory of Light, Oxford Univ. Press, Oxford, 2000.</li> </ul>			

### 4.3 Praktika und Seminare

Fortgeschrittenen Praktikum					
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)		Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
M.08.128.620		300 h	1	2	10 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen a) Fortgeschrittenen Praktikum Teil 1 (P) b) Fortgeschrittenen Praktikum Teil 2 (P)		Kontaktzeit 4 SWS/42 h 4 SWS/42 h	Selbststudium 108 h 108 h	Leistungspunkte 5 LP 5 LP
2.	Gruppengrößen typischerweise 2 Studierende pro Laborexperiment				
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 Computerunterstützte Auswertungsverfahren verwendet. Im Vergleich zum Fortgeschrittenen-Praktikum des Bachelor-Studiengangs liegt größeres Gewicht auf der Selbstständigkeit.				
4.	Inhalte In Teil 1 und Teil 2 müssen insgesamt an 10 Tagen Versuche durchgeführt werden:  Teil 1: 2-3 zweitägige Versuche aus den Bereichen: Atomphysik, Quantenoptik, Kernphysik, Elementarteilchenphysik, Festkörperphysik, Detektoren und Teilchennachweis, sowie Atmosphärenphysik  Teil 2: 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. Physics				
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme				
7.	Zugangsvoraussetzung(en)				
8.	Leistungsüberprüfungen <i>8.1 Aktive Teilnahme</i>  <i>8.2 Studienleistung(en)</i>  <i>8.3 Modulprüfung</i> 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 hauptamtliche Lehrende Modulbeauftragte: Prof. Dr. W. Gradl Lehrende: Alle Professor(inn)en und Dozent(inn)en der Physik				
12.	Sonstige Informationen Sprache: Englisch Literatur: Versuchsanleitungen mit spezieller Literaturangabe				

Seminare				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe) M.08.128.630	Arbeitsaufwand (workload) 240 h	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan) 2	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan) 1	Leistungspunkte (LP) 8 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen a) Seminar 1 (P) b) Seminar 2 (P)	Kontaktzeit 2 SWS/21 h 2 SWS/21 h	Selbststudium 99 h 99 h	Leistungspunkte 4 LP 4 LP
2.	Gruppengrößen			
3.	<p>Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen</p> <p>Ziel der Seminare ist das Erlernen und Üben von Vortragskompetenz an Hand der Vorstellung von aktuellen Themen moderner Physik. Im Zentrum stehen</p> <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> <p>Im zweiten Teil des Seminars erfolgt eine vertiefende Auseinandersetzung mit aktuellen Fragestellungen der physikalischen Forschung.</p>			
4.	<p>Inhalte</p> <p>a) Studentische Vorträge über Themen aus einem breiten Spektrum moderner experimenteller und theoretischer Physik.</p> <p>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.</p>			
5.	Verwendbarkeit des Moduls MSc. Physics			
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme			
7.	Zugangsvoraussetzung(en)			
8.	<p>Leistungsüberprüfungen</p> <p>8.1 <i>Aktive Teilnahme</i> Besuch aller Seminarveranstaltungen</p> <p>8.2 <i>Studienleistung(en)</i></p> <p>8.3 <i>Modulprüfung</i> Die Benotung beruht jeweils auf den Vorträgen in Seminar 1 und Seminar 2 (Modulteilprüfungen)</p>			
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 hauptamtliche Lehrende Modulbeauftragte: Prof. Dr. W. Gradl Lehrende: Alle Professor(inn)en und Dozent(inn)en der Physik			
12.	Sonstige Informationen Sprache: Englisch			

## 4.4 Spezial- und Vertiefungsvorlesungen

### 4.4.1 Module

Modul „Spezialvorlesung I und II“				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
M.08.128.640	360 h	1	1	12 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen Vorlesung mit Übung „Spezialvorlesung I“ (WP) Vorlesung (WP) Übung (WP) Vorlesung mit Übung „Spezialvorlesung II“ (WP) Vorlesung (WP) Übung (WP)	Kontaktzeit  3 SWS/31.5 h 1 SWS/10.5 h  3 SWS/31.5 h 1 SWS/10.5 h	Selbststudium 138 h  138 h	Leistungspunkte 6 LP  6 LP
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 12/120			

Modul „Vertiefende Vorlesung“				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
M.08.128.650	180 h	1	1	6 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen Vorlesung mit Übung „Vertiefende Vorlesung I“ (WP) Vorlesung (WP) Übung (WP)	Kontaktzeit  3 SWS/31.5 h 1 SWS/10.5 h	Selbststudium 138 h	Leistungspunkte 6 LP
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.), mündliche Prüfung (30 Min), Hausarbeit oder eigener Vortrag			
9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen 6/120			



## 4.4.2 Physik kondensierter Materie

Modul Spezialvorlesung I und II: „Ausgewählte Kapitel der Festkörperphysik“				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
08.128.720	180 h	1	1	6 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen Vorlesung mit Übung „Ausgewählte Kapitel der Festkörperphysik“ (WP) Vorlesung (WP) Übung (WP)	Kontaktzeit  3 SWS/31.5 h 1 SWS/10.5 h	Selbststudium 138 h	Leistungspunkte 6 LP
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übungen: 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.			
5.	Verwendbarkeit des Moduls MSc. Physics			
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme Kenntnisse auf dem Niveau des Moduls Experimentalphysik „Physik kondensierter Materie“			
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 hauptamtliche Lehrende Modulbeauftragte: Prof. Dr. T. Palberg, Prof. Dr. M. Kläui Lehrende: Dozenten und Dozentinnen aus dem Bereich der experimentellen kondensierten Materie			

<b>Modul Spezialvorlesung I und II: „Ausgewählte Kapitel der Festkörperphysik“</b>				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
08.128.720	180 h	1	1	6 LP
12.	Sonstige Informationen Sprache: Englisch Literatur: Lehrbücher der Physik kondensierter Materie, Sommerschulprogramme, forschungsnahe Veröffentlichungen			

Modul Spezialvorlesung I und II: „Moderne Methoden der Physik kondensierter Materie“				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
08.128.721	180 h	1	1	6 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen Vorlesung mit Übung „Moderne Methoden der Physik kondensierter Materie“ (WP) Vorlesung (WP) Übung (WP)	Kontaktzeit  3 SWS/31.5 h 1 SWS/10.5 h	Selbststudium 138 h	Leistungspunkte 6 LP
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übungen: 20			
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen 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. Physics			
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme Kenntnisse auf dem Niveau des Moduls Experimentalphysik „Physik kondensierter Materie“			
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 hauptamtliche 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: Englisch Literatur: Speziellere Lehrbücher der Materialwissenschaft und der kondensierten Materie, Lehrbücher zu speziellen Verfahren, Sommerschulprogramme, Forschungsnahe Veröffentlichungen			

Modul Spezialvorlesung I und II: „Materialwissenschaften“				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe) 08.128.722	Arbeitsaufwand (workload) 180 h	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan) 1	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan) 1	Leistungspunkte (LP) 6 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen Vorlesung mit Übung „Materialwissenschaften“ (WP) Vorlesung (WP) Übung (WP)	Kontaktzeit  3 SWS/31.5 h 1 SWS/10.5 h	Selbststudium 138 h	Leistungspunkte 6 LP
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übungen: 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. Physics			
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme Kenntnisse auf dem Niveau des Moduls Experimentalphysik „Physik kondensierter Materie“			
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 hauptamtliche Lehrende Modulbeauftragte: Prof. Dr. T. Palberg, Prof. Dr. M. Kläui Lehrende: Dozenten und Dozentinnen aus dem Bereich der experimentellen kondensierten Materie			

<b>Modul Spezialvorlesung I und II: „Materialwissenschaften“</b>				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe) <b>08.128.722</b>	Arbeitsaufwand (workload) <b>180 h</b>	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan) <b>1</b>	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan) <b>1</b>	Leistungspunkte (LP) <b>6 LP</b>
12.	Sonstige Informationen Sprache: 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“				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe) 08.128.723	Arbeitsaufwand (workload) 180 h	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan) 1	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan) 1	Leistungspunkte (LP) 6 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen Vorlesung mit Übung „Einführung in die Theorie kondensierter Materie“ (WP) Vorlesung (WP) Übung (WP)	Kontaktzeit  3 SWS/31.5 h 1 SWS/10.5 h	Selbststudium 138 h	Leistungspunkte 6 LP
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übungen: 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. Physics			
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 <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 Sommersemester			
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtliche Lehrende Modulbeauftragter: Prof. Dr. P. van Dongen Lehrende: Dozenten und Dozentinnen aus dem Bereich der Theorie der „harten“ Kondensierten Materie			

<b>Modul Spezialvorlesung I und II: „Einführung in die Theorie kondensierter Materie“</b>				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe) <b>08.128.723</b>	Arbeitsaufwand (workload) <b>180 h</b>	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan) <b>1</b>	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan) <b>1</b>	Leistungspunkte (LP) <b>6 LP</b>
12.	Sonstige Informationen Sprache: Englisch Literatur: Lehrbücher der Theorie kondensierter Materie			

Modul Spezialvorlesung I und II: „Ausgewählte Kapitel der Theorie kondensierter Materie“				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
08.128.724	180 h	1	1	6 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen Vorlesung mit Übung „Ausgewählte Kapitel der Theorie kondensierter Materie“ (WP) Vorlesung (WP) Übung (WP)	Kontaktzeit  3 SWS/31.5 h 1 SWS/10.5 h	Selbststudium 138 h	Leistungspunkte 6 LP
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übungen: 20			
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen 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.			
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. Physics			
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 <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 Sommersemester			
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtliche Lehrende Modulbeauftragter: Prof. Dr. P. van Dongen Lehrende: Dozenten und Dozentinnen aus dem Bereich der Theorie der „harten“ Kondensierten Materie			



<b>Modul Spezialvorlesung I und II: „Ausgewählte Kapitel der Theorie kondensierter Materie“</b>				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
08.128.724	180 h	1	1	6 LP
12.	<p>Sonstige Informationen</p> <p>Sprache: Englisch</p> <p>Literatur:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• J. P. Hansen, I. R. McDonald, Theory of Simple Liquids, Academic Press, London 2006;</li> <li>• J. Yeomans, Statistical Mechanics of Phase Transitions, Clarendon Press, Oxford, 1992;</li> <li>• A. Onuki, Phase Transition Dynamics, Cambridge University Press, Cambridge, 2002;</li> <li>• K. Binder, W. Kob, Glassy Materials and Disordered Solids. An Introduction to Their Statistical Mechanics, World Scientific, Singapore, 2005;</li> <li>• W. Paul, J. Baschnagel, Stochastic Processes, From Physics to Finance, Springer, Berlin, 2000;</li> <li>• A. Auerbach, Interacting Electrons and Quantum Magnetism, Springer (1994);</li> <li>• P. Fulde, Electron Correlations in Molecules and Solids, Springer (1995);</li> <li>• L. Kantorovich, Quantum Theory of the Solid State: An Introduction, Kluwer (2004);</li> <li>• D.C. Mattis, The Theory of Magnetism Made Simple: An Introduction to Physical Concepts and to Some Useful Mathematical Methods, World Scientific, 2006;</li> <li>• forschungsnahe Veröffentlichungen</li> </ul>			

Modul Spezialvorlesung I und II: „Theorie weicher Materie“				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
08.128.725	180 h	1	1	6 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen Vorlesung mit Übung „Theorie weicher Materie“ (WP) Vorlesung (WP) Übung (WP)	Kontaktzeit  3 SWS/31.5 h 1 SWS/10.5 h	Selbststudium 138 h	Leistungspunkte 6 LP
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übungen: 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 Allgemeine Konzepte: Modellierung, Symmetrien und Erhaltungssätze. Streugesetze, Selbstähnlichkeit und Skaleninvarianz, Mean-Field Ansätze und Landau Theorien, Brownsche Dynamik, Kritische Dynamik; Struktur: 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; Dynamik: Polymere (Rouse-Modell), Hydrodynamik bei niedrigen Reynolds-Zahlen, eventuell aktive und Nichtgleichgewichtsmaterialien.			
5.	Verwendbarkeit des Moduls MSc. Physics			
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> 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 Nach Nachfrage			
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtliche Lehrende Modulbeauftragte: Prof. Dr. K. Kremer, Prof. Dr. F. Schmid Lehrende: Dozenten und Dozentinnen aus dem Bereich der Theorie der Kondensierten Materie			

Modul Spezialvorlesung I und II: „Theorie weicher Materie“				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
08.128.725	180 h	1	1	6 LP
12.	Sonstige Informationen Sprache: 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“				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
08.128.745	180 h	1	1	6 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen Vorlesung mit Übung „Moderne Rechenmethoden der Physik kondensierter / weicher Materie“ (WP) Vorlesung (WP) Übung (WP)	Kontaktzeit  3 SWS/31.5 h 1 SWS/10.5 h	Selbststudium 138 h	Leistungspunkte 6 LP
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übungen: 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			
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 hauptamtliche Lehrende Modulbeauftragte: Prof. Dr. F. Schmid Lehrende: Dozenten und Dozentinnen der Theoretischen Physik der kondensierter Materie			
12.	Sonstige Informationen Sprache: Englisch Literatur: Wird bekanntgegeben			

Modul Spezialvorlesung I und II: „Computersimulationen in der statistischen Physik“				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
08.128.801	180 h	1	1	6 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen Vorlesung mit Übung „Computersimulationen in der statistischen Physik“ (WP) Vorlesung (WP) Übung (WP)	Kontaktzeit  3 SWS/31.5 h 1 SWS/10.5 h	Selbststudium 138 h	Leistungspunkte 6 LP
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übungen: 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. Physics			
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 Jedes Wintersemester			
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtliche Lehrende Modulbeauftragte: Prof. Dr. F. Schmid Lehrende: Dozenten und Dozentinnen der Theoretischen Physik der kondensierter Materie			

Modul Spezialvorlesung I und II: „Computersimulationen in der statistischen Physik“				
Modul-Kennnummer (JOGU-StiNe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
08.128.801	180 h	1	1	6 LP
12.	Sonstige Informationen Sprache: 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“				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
08.128.800	180 h	1	2	6 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen Vorlesung mit Übung „Theorie weicher Materie II“ (WP) Vorlesung (WP) Übung (WP)	Kontaktzeit  3 SWS/31.5 h 1 SWS/10.5 h	Selbststudium 138 h	Leistungspunkte 6 LP
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übungen: 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. Physics			
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 hauptamtliche Lehrende Modulbeauftragte: Prof. Dr. K. Kremer, Prof. Dr. F. Schmid Lehrende: Dozenten und Dozentinnen aus dem Bereich der Theorie der Kondensierten Materie			

Modul Vertiefende Vorlesung: „Theorie weicher Materie II“				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
08.128.800	180 h	1	2	6 LP
12.	<p>Sonstige Informationen</p> <p>Sprache: Englisch</p> <p>Literatur:</p> <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 Dynamics of Colloids</li> </ul>			



## 4.4.3 Quanten-, Atom- und Neutronenphysik

Modul Spezialvorlesung I und II: „Quantenoptik (Q-Ex-1)“				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
08.128.729	180 h	1	1	6 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen Vorlesung mit Übung „Quantenoptik“ (WP), häufig gemeinsame, integrierte Theorie-Ex- perimentphysik Veranstaltung Vorlesung (WP) Übung (WP)	Kontaktzeit  3 SWS/31.5 h 1 SWS/10.5 h	Selbststudium 138 h	Leistungspunkte 6 LP
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übungen: 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. Physics			
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme 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			

Modul Spezialvorlesung I und II: „Quantenoptik (Q-Ex-1)“				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe) 08.128.729	Arbeitsaufwand (workload) 180 h	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan) 1	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan) 1	Leistungspunkte (LP) 6 LP
10.	Häufigkeit des Angebots Jährlich im Wintersemester			
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtliche Lehrende Modulbeauftragte: Prof. Dr. J. Walz Lehrende: Dozenten der Experimentalphysik			
12.	Sonstige Informationen Sprache: Englisch Literatur: Lehrbücher zur Quantenoptik bzw. zur Atom-Licht-Wechselwirkung, z.B. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Introductory quantum optics, Gerry &amp; Knight</li> <li>• The Quantum theory of light, Loudon</li> <li>• Quantum optics, Scully &amp; Zubairy</li> <li>• Quantum optics, Walls &amp; Milburn</li> <li>• Atom photon interactions, Cohen-Tannoudji, Dupont-Roc &amp; Grynberg</li> </ul>			

Modul Spezialvorlesung I und II: „Photonik (Q-Ex-2)“				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
08.128.803	180 h	1	1	6 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen Vorlesung mit Übung „Photonik“ (WP) Vorlesung (WP) Übung (WP)	Kontaktzeit  3 SWS/31.5 h 1 SWS/10.5 h	Selbststudium 138 h	Leistungspunkte 6 LP
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übungen: 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 MSc. Physics			
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			

Modul Spezialvorlesung I und II: „Photonik (Q-Ex-2)“				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
08.128.803	180 h	1	1	6 LP
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtliche Lehrende Modulbeauftragte: Prof. Dr. K. Wendt, Prof. Dr. J. Walz Lehrende: Dozenten der Experimentalphysik			
12.	Sonstige Informationen Sprache: Englisch 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)“				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
08.128.804	180 h	1	1	6 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen Vorlesung mit Übungen „Quanteninformation“ (WP), häufig gemeinsame, integrierte Theorie-Experimentphysik Veranstaltung Vorlesung (WP) Übung (WP)	Kontaktzeit  3 SWS/31.5 h 1 SWS/10.5 h	Selbststudium 138 h	Leistungspunkte 6 LP
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übungen: 20			
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen 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.	Inhalte 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. Inhalt: <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> Mögliche weitere Schwerpunktsetzungen: <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.	Verwendbarkeit des Moduls MSc. Physics			
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme Experimentalphysik 5a „Atom- und Quantenphysik“, Theoretische Physik 3 „Quantenmechanik“			
7.	Zugangsvoraussetzung(en)			

Modul Spezialvorlesung I und II: „Quanteninformation (Q-Ex-3)“				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
08.128.804	180 h	1	1	6 LP
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 <b>6/120</b>			
10.	Häufigkeit des Angebots <b>Jährlich im Sommersemester</b>			
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtliche Lehrende Modulbeauftragte: Prof. Dr. F. Schmidt-Kaler Lehrende: Einige Dozenten der Experimentalphysik, WA Quantum			
12.	Sonstige Informationen Sprache: Englisch Literatur: Lehrbücher zur Quantenoptik und zur Quanteninformation, z.B. <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 und II: „Fundamentale Präzisionsmessungen (Q-Ex-4)“				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
08.128.805	180 h	1	1	6 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen Vorlesung mit Übung „Fundamentale Präzisionsmessungen“ (WP) Vorlesung (WP) Übung (WP)	Kontaktzeit  3 SWS/31.5 h 1 SWS/10.5 h	Selbststudium 138 h	Leistungspunkte 6 LP
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übungen: 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 Diskrete Symmetrien und fundamentale Wechselwirkungen <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> Methoden <ul style="list-style-type: none"> <li>• Atome, Neutronen, Protonen, Antimaterie, Penningfalle, Massenspektrometrische Verfahren</li> </ul> Neutronenphysik <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. Physics			
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 Jährlich im Wintersemester			

Modul Spezialvorlesung I und II: „Fundamentale Präzisionsmessungen (Q-Ex-4)“				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
08.128.805	180 h	1	1	6 LP
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtliche Lehrende Modulbeauftragte: Prof. Dr. J. Walz Lehrende: Dozenten der Experimentalphysik			
12.	Sonstige Informationen Sprache: Englisch Literatur: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lehrbücher der Atomphysik</li> <li>• Sommerschulprogramme</li> <li>• forschungsnahe Veröffentlichungen</li> </ul>			



## 4.4.4 Kern- und Teilchenphysik

Modul Spezialvorlesung I und II: „Statistik, Datenanalyse und Simulation“				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
08.128.730	180 h	1	1	6 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen Vorlesung mit Übung „Statistik, Datenanalyse und Simulation“ (WP) Vorlesung (WP) Übung (WP)	Kontaktzeit  3 SWS/31.5 h 1 SWS/10.5 h	Selbststudium 138 h	Leistungspunkte 6 LP
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übungen: 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. Physics			
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 Jedes Sommersemester			
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtliche 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“				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe) 08.128.730	Arbeitsaufwand (workload) 180 h	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan) 1	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan) 1	Leistungspunkte (LP) 6 LP
12.	Sonstige Informationen Sprache: Englisch Literatur: <ul style="list-style-type: none"> <li>• <a href="#">R.J. Barlow, Statistics</a></li> <li>• <a href="#">Glen Cowan, Statistical data analysis</a></li> <li>• <a href="#">Olaf Behnke, Data analysis in high energy physics</a></li> </ul>			

Modul Spezialvorlesung I und II: „Teilchendetektoren“				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
08.128.731	180 h	1	1	6 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen Vorlesung mit Übung „Teilchendetektoren“ (WP) Vorlesung (WP) Übung (WP)	Kontaktzeit  3 SWS/31.5 h 1 SWS/10.5 h	Selbststudium 138 h	Leistungspunkte 6 LP
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übungen: 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. Physics			
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 Jedes Wintersemester			
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtliche 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“				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe) 08.128.732	Arbeitsaufwand (workload) 180 h	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan) 1	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan) 1	Leistungspunkte (LP) 6 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen Vorlesung mit Übung „Kosmologie und Allgemeine Relativitätstheorie“ (WP) Vorlesung (WP) Übung (WP)	Kontaktzeit  3 SWS/31.5 h 1 SWS/10.5 h	Selbststudium 138 h	Leistungspunkte 6 LP
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übungen: 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. Physics			
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 hauptamtliche 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“				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
08.128.733	180 h	1	1	6 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen Vorlesung mit Übung „Symmetrien in der Physik“ (WP) Vorlesung (WP) Übung (WP)	Kontaktzeit  3 SWS/31.5 h 1 SWS/10.5 h	Selbststudium 138 h	Leistungspunkte 6 LP
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übungen: 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.			
4.	Inhalte Gruppentheorie, Darstellungstheorie, unitäre Symmetrien, Liegruppen, Anwendungen in der Teilchen- und Kernphysik.			
5.	Verwendbarkeit des Moduls MSc. Physics			
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 hauptamtliche 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“				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
08.128.734	180 h	1	1	6 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen Vorlesung mit Übung „Moderne Methoden der Theoretischen Hochenergie-, Teilchen- und Kernphysik“ (WP) Vorlesung (WP) Übung (WP)	Kontaktzeit  3 SWS/31.5 h 1 SWS/10.5 h	Selbststudium 138 h	Leistungspunkte 6 LP
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übungen: 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, Gittereichttheorie, 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. Physics			
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 hauptamtliche Lehrende Modulbeauftragte: Prof. Dr. M. Neubert, Prof. Dr. H. Wittig Lehrende: Alle Professor(inn)en der Theoretischen Hochenergie- und Kernphysik			
12.	Sonstige Informationen Sprache: Englisch Literatur: Verschiedene Lehrbücher, forschungsnaher Veröffentlichungen			

Modul Spezialvorlesung I und II: „Beschleunigerphysik“				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
08.128.735	180 h	1	1	6 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen Vorlesung mit Übung „Beschleunigerphysik“ (WP) Vorlesung (WP) Übung (WP)	Kontaktzeit  3 SWS/31.5 h 1 SWS/10.5 h	Selbststudium 138 h	Leistungspunkte 6 LP
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übungen: 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. Physics			
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 Jedes Wintersemester			
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtliche Lehrende Modulbeauftragte: Prof. Dr. K. Aulenbacher Lehrende: Prof. Dr. K. Aulenbacher, Nachwuchsdozenten auf dem Gebiet der Beschleunigerphysik			
12.	Sonstige Informationen Sprache: Englisch Literatur: <ul style="list-style-type: none"> <li>• H. Wiedemann, Particle Accelerator Physics Bd. 1&amp;2</li> <li>• B. Wille, Physik der Teilchenbeschleuniger und Synchrotronstrahlungsquellen</li> </ul>			

Modul Spezialvorlesung I und II: „Astroteilchenphysik“				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe) 08.128.737	Arbeitsaufwand (workload) 180 h	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan) 1	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan) 1	Leistungspunkte (LP) 6 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen Vorlesung mit Übung „Astroteilchenphysik“ (WP) Vorlesung (WP) Übung (WP)	Kontaktzeit  3 SWS/31.5 h 1 SWS/10.5 h	Selbststudium 138 h	Leistungspunkte 6 LP
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übungen: 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. Physics			
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme Kenntnisse auf dem Niveau des Moduls Experimentalphysik 5b „Kern- und Teilchenphysik“			
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			



Modul Spezialvorlesung I und II: „Astroteilchenphysik“				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
08.128.737	180 h	1	1	6 LP
10.	Häufigkeit des Angebots Jedes Sommersemester			
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtliche 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: 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“				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
08.128.738	180 h	1	1	6 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen Vorlesung mit Übung „Teilchenphysik“ (WP) Vorlesung (WP) Übung (WP)	Kontaktzeit  3 SWS/31.5 h 1 SWS/10.5 h	Selbststudium 138 h	Leistungspunkte 6 LP
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übungen: 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.			
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. Physics			
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme Kenntnisse auf dem Niveau des Moduls Experimentalphysik 5b „Kern- und Teilchenphysik“			
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 hauptamtliche Lehrende Modulbeauftragte: Prof. Dr. L. Köpke Lehrende: Dozentinnen und Dozenten der experimentellen Teilchen-, Hadronen- und Kernphysik			

Modul Spezialvorlesung I und II: „Teilchenphysik“				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
08.128.738	180 h	1	1	6 LP
12.	Sonstige Informationen Sprache: Englisch Literatur: <ul style="list-style-type: none"> <li>• C. Berger, Elementarteilchenphysik, Springer-Verlag, 2006.</li> <li>• D. Griffiths, Introduction to Elementary Particles, Wiley-VCH Verlag, 2008.</li> <li>• E. Lohrmann, Hochenergiephysik, Teubner-Verlag, 2005.</li> <li>• D. H. Perkins, High Energy Physics</li> <li>• B. Povh et al., Teilchen und Kerne</li> </ul> weitere Literaturangaben werden zur Beginn der Vorlesung bekanntgegeben.			

Modul Spezialvorlesung I und II: „Theoretische Elementarteilchenphysik“				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe) 08.128.809	Arbeitsaufwand (workload) 180 h	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan) 1	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan) 1	Leistungspunkte (LP) 6 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen Vorlesung mit Übung „Theoretische Elementarteilchenphysik“ (WP) Vorlesung (WP) Übung (WP)	Kontaktzeit  3 SWS/31.5 h 1 SWS/10.5 h	Selbststudium 138 h	Leistungspunkte 6 LP
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übungen: 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. Physics			
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 In der Regel jedes Semester			
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtliche 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“				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
08.128.746	180 h	1	1	6 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen Vorlesung mit Übung „Einführung in die Gittereichtheorie“ (WP) Vorlesung (WP) Übung (WP)	Kontaktzeit  3 SWS/31.5 h 1 SWS/10.5 h	Selbststudium 138 h	Leistungspunkte 6 LP
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übungen: 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 Kontinuums limites; Gitterstörungstheorie; Monte-Carlo-Simulationen und Berechnung hadronischer Eigenschaften.			
5.	Verwendbarkeit des Moduls MSc. Physics			
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme 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 hauptamtliche 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 Gittereichttheorie“				
Modul-Kennnummer (JOGU-StiNe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
08.128.746	180 h	1	1	6 LP
12.	Sonstige Informationen Sprache: Englisch Literatur: <ul style="list-style-type: none"> <li>• C. Gattringer and C.B. Lang, Quantum Chromodynamics on the Lattice (Lect. Notes Phys. 788), Springer, Berlin Heidelberg 2010.</li> <li>• J. Smit, Introduction to Quantum Fields on a Lattice: a robust mate (Cambridge Lect. Notes Phys. 15), Cambridge University Press 2002.</li> <li>• I. Montvay and G. Münster, Quantum Fields on a Lattice, Cambridge University Press 1994.</li> <li>• J.B. Kogut, An Introduction to Lattice Gauge Theory and Spin Systems, Rev. Mod. Phys. 51 (1979) 659.</li> </ul>			

Modul Spezialvorlesung I und II: „Einführung in die Stringtheorie“				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
08.128.760	180 h	1	1	6 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen Vorlesung mit Übung „Einführung in die Stringtheorie“ (WP) Vorlesung (WP) Übung (WP)	Kontaktzeit  3 SWS/31.5 h 1 SWS/10.5 h	Selbststudium 138 h	Leistungspunkte 6 LP
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übungen: 20			
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen iel 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. Physics			
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 <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 hauptamtliche Lehrende Modulbeauftragte: Prof. Dr. G. Honecker Lehrende: Alle Professor(inn)en der Theoretischen Hochenergiephysik			

Modul Spezialvorlesung I und II: „Einführung in die Stringtheorie“				
Modul-Kennnummer (JOGU-StiNe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
08.128.760	180 h	1	1	6 LP
12.	Sonstige Informationen Sprache: Englisch Literatur: Verschiedene Lehrbücher, forschungsnahe Veröffentlichungen, u.a.: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zwiebach: A First Course in String Theory, Cambridge University Press 2004;</li> <li>• Blumenhagen, Lüst, Theisen: Basic Concepts of String Theory, Springer 2012;</li> <li>• Polchinski: String Theory, Vol. 1 &amp; 2, Cambridge University Press 1998;</li> <li>• Green, Schwarz, Witten: String Theory, Vol. 1 &amp; 2, Cambridge University Press 1987;</li> <li>• Becker, Becker, Schwarz: String Theory and M-Theory - A Modern Introduction, Cambridge University Press 2007</li> </ul>			



Modul Spezialvorlesung I und II: „Effektive Feldtheorien“				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
08.128.766	180 h	1	1	6 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen Vorlesung mit Übung „Effektive Feldtheorien“ (WP) Vorlesung (WP) Übung (WP)	Kontaktzeit  3 SWS/31.5 h 1 SWS/10.5 h	Selbststudium 138 h	Leistungspunkte 6 LP
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übungen: 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. Physics			
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme 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 hauptamtliche Lehrende Modulbeauftragte: Prof. Dr. M. Neubert Lehrende: Alle Professor(inn)en der Theoretischen Hochenergie- und Hadronenphysik			

Modul Spezialvorlesung I und II: „Effektive Feldtheorien“				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe) 08.128.766	Arbeitsaufwand (workload) 180 h	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan) 1	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan) 1	Leistungspunkte (LP) 6 LP
12.	Sonstige Informationen Sprache: Englisch Literatur: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesungsskript „Effective Field Theory“ von A. Pich</li> <li>• Vorlesungsskript „Effective Field Theories“ von A. Manohar</li> <li>• Vorlesungsskript „Effective Field Theories and Heavy Quark Physics“ von M. Neubert</li> </ul>			

Modul Spezialvorlesung I und II: „Theoretische Astroteilchenphysik“				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
08.128.762	180 h	1	1	6 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen Vorlesung mit Übung „Theoretische Astroteilchenphysik“ (WP) Vorlesung (WP) Übung (WP)	Kontaktzeit  3 SWS/31.5 h 1 SWS/10.5 h	Selbststudium 138 h	Leistungspunkte 6 LP
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übungen: 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 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. Physics			
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme 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 hauptamtliche Lehrende Modulbeauftragte: Prof. Dr. J. Kopp Lehrende: Alle Professor(inn)en der Theoretischen Hochenergiephysik			
12.	Sonstige Informationen Sprache: Englisch Literatur: Verschiedene Lehrbücher, forschungsnaher Veröffentlichungen			

Modul Spezialvorlesung I und II: „Amplituden und Präzisionsphysik am LHC“				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe) 08.128.764	Arbeitsaufwand (workload) 180 h	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan) 1	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan) 1	Leistungspunkte (LP) 6 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen Vorlesung mit Übung „Amplituden und Präzisionsphysik am LHC“ (WP) Vorlesung (WP) Übung (WP)	Kontaktzeit  3 SWS/31.5 h 1 SWS/10.5 h	Selbststudium 138 h	Leistungspunkte 6 LP
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übungen: 20			
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen 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.			
4.	Inhalte Spin- und Helizitätsmethoden, Farbzerlegung, Off-shell Rekursionsrelationen, On-shell Rekursionsrelationen, Streugleichungen; Schleifenintegrale, Differentialgleichungen für Schleifenintegrale, Funktionenklassen (z. B. multiple Polylogarithmen).			
5.	Verwendbarkeit des Moduls MSc. Physics			
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme 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 hauptamtliche Lehrende Modulbeauftragte: Prof. Dr. J. Henn, Prof. Dr. S. Weinzierl Lehrende: Alle Professor(inn)en der Theoretischen Hochenergiephysik			
12.	Sonstige Informationen Sprache: Englisch Literatur: <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“				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
08.128.747	180 h	1	1	6 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen Vorlesung mit Übung „Funktionale Methoden und exakte Renormierungsgruppe“ (WP) Vorlesung (WP) Übung (WP)	Kontaktzeit  3 SWS/31.5 h 1 SWS/10.5 h	Selbststudium 138 h	Leistungspunkte 6 LP
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übungen: 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: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 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).</li> </ul> (B) Funktionalintegralquantisierung von Feldtheorien: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 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).</li> </ul> (C) Die funktionale Renormierungsgruppengleichung (FRGE): <ul style="list-style-type: none"> <li>• 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.</li> </ul>			
5.	Verwendbarkeit des Moduls MSc. Physics			
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme Theoretische Physik 6 des Masterstudiums (Quantenfeldtheorie)			
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			

<b>Modul Spezialvorlesung I und II: „Funktionale Methoden und exakte Renormierungsgruppe“</b>				
Modul-Kennnummer (JOGU-StiNe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
08.128.747	180 h	1	1	6 LP
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 hauptamtliche 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“				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
08.128.806	180 h	1	2	6 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen Vorlesung mit Übung „Titel“ (WP) Vorlesung (WP) Übung (WP)	Kontaktzeit  3 SWS/31.5 h 1 SWS/10.5 h	Selbststudium 138 h	Leistungspunkte 6 LP
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übungen: 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. Physics			
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 <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 unregelmäßig			
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtliche Lehrende Modulbeauftragter: Prof. Dr. L. Köpke Lehrende: Dozenten und Dozentinnen aus dem Bereich der experimentellen Elementarteilchenphysik			

Modul Vertiefende Vorlesung: „Vertiefende Kapitel der Teilchenphysik“				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
08.128.806	180 h	1	2	6 LP
12.	<p>Sonstige Informationen</p> <p>Sprache: Englisch</p> <p>Literatur:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <a href="#">C. Berger, Elementarteilchenphysik</a></li> <li>• <a href="#">D. Griffiths, Introduction to Elementary Particles</a></li> </ul> <p>Weitere Literaturangaben (insbesondere auch aktuelle Publikationen zu den Schwerpunktsthemen) werden zu Beginn der Vorlesung bekanntgegeben.</p>			



Modul Vertiefende Vorlesung: „Vertiefende Kapitel der subatomaren Physik“				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
08.128.807	180 h	1	2	6 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen Vorlesung mit Übung „Vertiefende Kapitel der subatomaren Physik“ (WP) Vorlesung (WP) Übung (WP)	Kontaktzeit  3 SWS/31.5 h 1 SWS/10.5 h	Selbststudium 138 h	Leistungspunkte 6 LP
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übungen: 20			
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen Die Vorlesungen sollen ein vertieftes Verständnis für forschungsnaher 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, Polarisationsexperimente; 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. Physics			
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> 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 hauptamtliche Lehrende Modulbeauftragte: Prof. Dr. A. Denig Lehrende: Dozenten und Dozentinnen aus dem Bereich der experimentellen Kern- und Hadronenphysik			

Modul Vertiefende Vorlesung: „Vertiefende Kapitel der subatomaren Physik“				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
08.128.807	180 h	1	2	6 LP
12.	Sonstige Informationen Sprache: Englisch Literatur: Diverse Lehrbücher, z.B.: <ul style="list-style-type: none"> <li>• B. Povh et al., Teilchen und Kerne</li> <li>• D. H. Perkins, High Energy Physics</li> <li>• W. Thomas und W. Weise, The Structure of the Nucleon</li> </ul>			

Modul Vertiefende Vorlesung: „Vertiefende Kapitel der Astroteilchen- und Astro-Physik“				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
08.128.808	180 h	1	2	6 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen Vorlesung mit Übung „Vertiefende Kapitel der Astroteilchen- und Astro-Physik“ (WP) Vorlesung (WP) Übung (WP)	Kontaktzeit  3 SWS/31.5 h 1 SWS/10.5 h	Selbststudium 138 h	Leistungspunkte 6 LP
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übungen: 20			
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen Die Vorlesungen sollen ein vertieftes Verständnis für forschungsnaher 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. Physics			
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme Kenntnisse auf dem Niveau des Moduls Experimentalphysik 5b „Kern- und Teilchenphysik“.			
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 unregelmäßig			
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtliche 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			

Modul Vertiefende Vorlesung: „Vertiefende Kapitel der Astroteilchen- und Astro-Physik“				
Modul-Kennnummer (JOGU-StiNe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
08.128.808	180 h	1	2	6 LP
12.	Sonstige Informationen Sprache: Englisch Literatur: <ul style="list-style-type: none"> <li>• C. Grupen, Astroteilchenphysik</li> <li>• E. Rofls und W. Rodney, Cauldrons in the Cosmos</li> </ul>			

Modul Vertiefende Vorlesung: „Spinfreiheitsgrade in Beschleunigern“				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
08.128.816	180 h	1	2	6 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen Vorlesung mit Übung „Spinfreiheitsgrade in Beschleunigern“ (WP) Vorlesung (WP) Übung (WP)	Kontaktzeit  3 SWS/31.5 h 1 SWS/10.5 h	Selbststudium 138 h	Leistungspunkte 6 LP
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übungen: 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. . .).			
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. Physics			
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 (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 hauptamtliche Lehrende Modulbeauftragte: Prof. Dr. K. Aulenbacher Lehrende: Prof. Dr. K. Aulenbacher, Nachwuchsdozenten auf dem Gebiet der Beschleunigerphysik			

Modul Vertiefende Vorlesung: „Spinfreiheitsgrade in Beschleunigern“				
Modul-Kennnummer (JOGU-StiNe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
08.128.816	180 h	1	2	6 LP
12.	Sonstige Informationen Sprache: Englisch Literatur: <ul style="list-style-type: none"> <li>• <a href="#">D. Barber: Introduction to Spin polarisation in accelerators and storage rings</a></li> <li>• B.W. Montague Physics Reports 113 (1984) 1-96</li> <li>• A. Lehrach: Strahl und Spin-Dynamik von Hadronenstrahlen in Mittelenergiespeicherringen. Schriften des Forschungszentrums Jülich, Reihe Schlüsseltechnologien, Jülich 2008 ISBN 978-3-89336-548-7</li> </ul>			

## 4.5 Forschungsphase

Spezialisierung				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
M.08.128.660	450 h	1	3	15 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen Spezialisierung (P)	Kontaktzeit 60 h	Selbststudium 390 h	Leistungspunkte 15 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</li> <li>• 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. Physics			
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 <i>8.1 Aktive Teilnahme</i> Einarbeitung in des Forschungsvorhabens mit mindestens einem wöchentlichen Betreuungsgespräch <i>8.2 Studienleistung(en)</i>  <i>8.3 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 hauptamtliche 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			

Methodenkenntnis					
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe) M.08.128.670		Arbeitsaufwand (workload) 450 h	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan) 1	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan) 3	Leistungspunkte (LP) 15 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen Methodenkenntnis (P)		Kontaktzeit 60 h	Selbststudium 390 h	Leistungspunkte 15 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</li> <li>• eigenständiges wissenschaftliches Arbeiten.</li> </ul>				
4.	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.				
5.	Verwendbarkeit des Moduls MSc. Physics				
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme				
7.	Zugangsvoraussetzung(en) Modul „Spezialisierung“				
8.	Leistungsüberprüfungen <i>8.1 Aktive Teilnahme</i> Erlernen der Methoden mit mindestens einem wöchentlichen Betreuungsgespräch <i>8.2 Studienleistung(en)</i>  <i>8.3 Modulprüfung</i> abschließender Seminarvortrag vor der Arbeitsgruppe oder Erstellung eines Portfolios				
9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen 15/120				
10.	Häufigkeit des Angebots Jedes Semester				
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtliche 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				



Masterarbeit					
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe) A.08.128.969		Arbeitsaufwand (workload) 900 h	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan) 1	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan) 4	Leistungspunkte (LP) 30 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen Masterarbeit (P) Abschlusskolloquium (P)	Kontaktzeit 110 h 2 h	Selbststudium 760 h 28 h	Leistungspunkte 29 LP 1 LP	
2.	Gruppengrößen				
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen				
4.	Inhalte 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.				
5.	Verwendbarkeit des Moduls MSc. Physics				
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme				
7.	Zugangsvoraussetzung(en) Module „Spezialisierung“ und „Methodenkenntnis“ der Forschungsphase				
8.	Leistungsüberprüfungen <i>8.1 Aktive Teilnahme</i> Erarbeiten der neuen Ergebnisse an der Grenze des Wissens mit mindestens einem wöchentlichen Betreuungsgespräch <i>8.2 Studienleistung(en)</i> schriftliche Master-Arbeit <i>8.3 Modulprüfung</i> Abschlusskolloquium vor der Arbeitsgruppe				
9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen 30/120 (siehe § 16 der PO)				
10.	Häufigkeit des Angebots Jedes Semester				
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtliche 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				

## 4.6 Nichtphysikalische Fächer

### 4.6.1 Chemie

Kernchemie				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
M.09.032.1005	270 h	1	1	9 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen Vorlesung „Einführung in die Kernchemie“ (WP) Übung „Einführung in die Kernchemie“ (WP) Kernchemisches Praktikum I (WP)	Kontaktzeit 2 SWS  1 SWS  5 SWS	Selbststudium 39 h  49.5 h  97.5 h	Leistungspunkte 2 LP  2 LP  5 LP
2.	Gruppengrößen			
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen Die Studierenden sollen die Grundlagen der Kern- und Radiochemie vermittelt bekommen. In den Übungen sollen darüber hinaus in Form von Kurzvorträgen Themen der angewandten Kernchemie vorgestellt werden. Im Praktikum sollen die Studierenden den Umgang mit offenen Radioaktivitäten beherrschen lernen.			
4.	Inhalte <i>Einführung in die Kernchemie</i> Geschichte der Radioaktivität, Zerfallsgesetze, Einheiten der Radioaktivität, natürliche Radionuklide, Masse und Bindungsenergie von Kernen, Nukleon-Nukleon-Wechselwirkung, Kernradien, Kernspin, Kernmomente, Liquid-Drop Model, Schalenstruktur, -Zerfall, Cluster-Radioaktivität, Spontanspaltung, Strutinsky-Verfahren, Superschwere Elemente, - 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.  <i>Kernchemisches Praktikum I</i> Herstellung und Messung radioaktiver Präparate, Statistik radioaktiver Zerfälle, Mutter- Tochter-Gleichgewicht, Wechselwirkung von Strahlung mit Materie, -Spektroskopie, Dosimetrie und Strahlenschutz, Kernreaktionen mit Neutronen, Nachweis der Kernspaltung, Anwendung von Radioisotopen, chemisches Verhalten eines Transuran-Elements.			
5.	Verwendbarkeit des Moduls MSc Physik			
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme			
7.	Zugangsvoraussetzung(en) Die Vorlesung ist Voraussetzung für das Praktikum			
8.	Leistungsüberprüfungen <i>8.1 Aktive Teilnahme</i> Erfolgreiches Bearbeiten der Übungsaufgaben <i>8.2 Studienleistung(en)</i>  <i>8.3 Modulprüfung</i> Mündliche Prüfung (30-45 Min.)			
9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen 9/120			

<b>Kernchemie</b>				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
M.09.032.1005	270 h	1	1	9 LP
10.	Häufigkeit des Angebots			
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtliche Lehrende Modulbeauftragte(r): Prof. Dr. F. Rösch Lehrende: Prof. Dr. Tobias Reich, Prof. Dr. Frank Rösch			
12.	Sonstige Informationen Sprache: Deutsch Literatur <ul style="list-style-type: none"> <li>• G. Friedlander et al., Nuclear and Radiochemistry, Wiley 1981</li> <li>• K.H. Lieser, Nuclear and Radiochemistry, Wiley-VCH 2001</li> <li>• T. Mayer-Kuckuk, Kernphysik, Teubner 1979</li> <li>• P. Hoffmann, K.H. Lieser, Methoden der Kern- und Radiochemie, VCH 1991,</li> <li>• W. Stolz, Radioaktivität, Teubner 2003,</li> <li>• H.-G. Vogt, H. Schultz, Grundzüge des praktischen Strahlenschutzes, Hanser 1992</li> </ul>			

<b>Kernchemie (mit einer Spezialvorlesung)</b>				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
M.09.032.1006	270 h	2	1	12 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen		Kontaktzeit	Selbststudium
	Vorlesung „Einführung in die Kernchemie“ (WP)		2 SWS	39 h
	Übung „Einführung in die Kernchemie“ (WP)		1 SWS	49.5 h
	Kernchemisches Praktikum I (WP)		5 SWS	97.5 h
	Spezialvorlesung I (WP)		2 SWS	69 h
2.	Gruppengrößen			
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen Die Studierenden sollen die Grundlagen der Kern- und Radiochemie vermittelt bekommen. In den Übungen sollen darüber hinaus in Form von Kurzvorträgen Themen der angewandten Kernchemie vorgestellt werden. Im Praktikum sollen die Studierenden den Umgang mit offenen Radioaktivitäten beherrschen lernen. In der Spezialvorlesung erhalten die Studierenden Einblicke in forschungsnahen Themen.			

Kernchemie (mit einer Spezialvorlesung)				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
M.09.032.1006	270 h	2	1	12 LP
4.	<p>Inhalte</p> <p><i>Einführung in die Kernchemie</i> Geschichte der Radioaktivität, Zerfallsgesetze, Einheiten der Radioaktivität, natürliche Radionuklide, Masse und Bindungsenergie von Kernen, Nukleon-Nukleon-Wechselwirkung, Kernradien, Kernspin, Kernmomente, Liquid-Drop Model, Schalenstruktur, -Zerfall, Cluster-Radioaktivität, Spontanspaltung, Strutinsky-Verfahren, Superschwere Elemente, - 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.</p> <p><i>Kernchemisches Praktikum I</i> Herstellung und Messung radioaktiver Präparate, Statistik radioaktiver Zerfälle, Mutter- Tochter-Gleichgewicht, Wechselwirkung von Strahlung mit Materie, -Spektroskopie, Dosimetrie und Strahlenschutz, Kernreaktionen mit Neutronen, Nachweis der Kernspaltung, Anwendung von Radioisotopen, chemisches Verhalten eines Transuran-Elements.</p> <p><i>Spezialvorlesung I</i> Die Details zu den Spezialvorlesungen finden Sie im Modulhandbuch der Chemie.</p>			
5.	Verwendbarkeit des Moduls MSc Physik			
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme			
7.	Zugangsvoraussetzung(en) Die Vorlesung „Einführung in die Kernchemie“ ist Voraussetzung für das Praktikum			
8.	<p>Leistungsüberprüfungen</p> <p>8.1 Aktive Teilnahme Erfolgreiches Bearbeiten der Übungsaufgaben</p> <p>8.2 Studienleistung(en)</p> <p>8.3 Modulprüfung Mündliche Prüfung (30-45 Min.)</p>			
9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen 12/120			
10.	Häufigkeit des Angebots			
11.	<p>Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtliche Lehrende</p> <p>Modulbeauftragte(r): Prof. Dr. F. Rösch Lehrende: Prof. Dr. Tobias Reich, Prof. Dr. Frank Rösch</p>			
12.	<p>Sonstige Informationen</p> <p>Sprache: Deutsch</p> <p>Literatur</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• G. Friedlander et al., Nuclear and Radiochemistry, Wiley 1981</li> <li>• K.H. Lieser, Nuclear and Radiochemistry, Wiley-VCH 2001</li> <li>• T. Mayer-Kuckuk, Kernphysik, Teubner 1979</li> <li>• P. Hoffmann, K.H. Lieser, Methoden der Kern- und Radiochemie, VCH 1991,</li> <li>• W. Stolz, Radioaktivität, Teubner 2003,</li> <li>• H.-G. Vogt, H. Schultz, Grundzüge des praktischen Strahlenschutzes, Hanser 1992</li> </ul>			

<b>Kernchemie (mit zwei weiteren Spezialvorlesungen)</b>				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
M.09.032.1007	270 h	2	1	15 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen Vorlesung „Einführung in die Kernchemie“ (WP) Übung „Einführung in die Kernchemie“ (WP) Kernchemisches Praktikum I (WP) Spezialvorlesung I (WP) Spezialvorlesung II (WP)	Kontaktzeit 2 SWS  1 SWS  5 SWS 2 SWS 2 SWS	Selbststudium 39 h  49.5 h  97.5 h 69 h 69 h	Leistungspunkte 2 LP  2 LP  5 LP 3 LP 3 LP
2.	Gruppengrößen			
3.	<p>Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen</p> <p>Die Studierenden sollen die Grundlagen der Kern- und Radiochemie vermittelt bekommen. In den Übungen sollen darüber hinaus in Form von Kurzvorträgen Themen der angewandten Kernchemie vorgestellt werden.</p> <p>Im Praktikum sollen die Studierenden den Umgang mit offenen Radioaktivitäten beherrschen lernen. In den Spezialvorlesungen erhalten die Studierenden Einblicke in forschungsnahen Themen.</p>			
4.	<p>Inhalte</p> <p><i>Einführung in die Kernchemie</i> Geschichte der Radioaktivität, Zerfallsgesetze, Einheiten der Radioaktivität, natürliche Radionuklide, Masse und Bindungsenergie von Kernen, Nukleon-Nukleon-Wechselwirkung, Kernradien, Kernspin, Kernmomente, Liquid-Drop Model, Schalenstruktur, -Zerfall, Cluster-Radioaktivität, Spontanspaltung, Strutinsky-Verfahren, Superschwere Elemente, - Zerfall, elektromagnetische Übergänge, Kernreaktionen, Energetik, Wirkungsquerschnitt, optisches Modell, Compoundkern, statistisches Modell, Niveaudichten, Präcompounderfall, direkte Reaktionen, induzierte Spaltung, Hochenergie-reaktionen, Fermigasmodell, Schalenmodell, kollektive Anregungen, Nilsson-Modell, Paarkraft, Interacting Boson Approximation.</p> <p><i>Kernchemisches Praktikum I</i> Herstellung und Messung radioaktiver Präparate, Statistik radioaktiver Zerfälle, Mutter- Tochter-Gleichgewicht, Wechselwirkung von Strahlung mit Materie, -Spektroskopie, Dosimetrie und Strahlenschutz, Kernreaktionen mit Neutronen, Nachweis der Kernspaltung, Anwendung von Radioisotopen, chemisches Verhalten eines Transuran-Elements.</p> <p><i>Spezialvorlesung I und II</i> Die Details zu den Spezialvorlesungen finden Sie im Modulhandbuch der Chemie.</p>			
5.	Verwendbarkeit des Moduls MSc Physik			
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme			
7.	Zugangsvoraussetzung(en) Die Vorlesung „Einführung in die Kernchemie“ ist Voraussetzung für das Praktikum			
8.	<p>Leistungsüberprüfungen</p> <p><i>8.1 Aktive Teilnahme</i> Erfolgreiches Bearbeiten der Übungsaufgaben</p> <p><i>8.2 Studienleistung(en)</i></p> <p><i>8.3 Modulprüfung</i> Mündliche Prüfung (30-45 Min.)</p>			

<b>Kernchemie (mit zwei weiteren Spezialvorlesungen)</b>				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
M.09.032.1007	270 h	2	1	15 LP
9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen 15/120			
10.	Häufigkeit des Angebots			
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtliche Lehrende Modulbeauftragte(r): Prof. Dr. F. Rösch Lehrende: Prof. Dr. Tobias Reich, Prof. Dr. Frank Rösch			
12.	Sonstige Informationen Sprache: Deutsch Literatur <ul style="list-style-type: none"> <li>• G. Friedlander et al., Nuclear and Radiochemistry, Wiley 1981</li> <li>• K.H. Lieser, Nuclear and Radiochemistry, Wiley-VCH 2001</li> <li>• T. Mayer-Kuckuk, Kernphysik, Teubner 1979</li> <li>• P. Hoffmann, K.H. Lieser, Methoden der Kern- und Radiochemie, VCH 1991,</li> <li>• W. Stolz, Radioaktivität, Teubner 2003,</li> <li>• H.-G. Vogt, H. Schultz, Grundzüge des praktischen Strahlenschutzes, Hanser 1992</li> </ul>			

<b>Einführung in die Theoretische Chemie</b>					
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)	
M.09.032.1010	270 h	1	1	9 LP	
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen a) Vorlesung/Übung „Einführung in die Theoretische Chemie“ (WP) b) Praktikum „Computerchemie“ (WP)		Kontaktzeit 5 SWS 5 SWS	Selbststudium 127 h 37 h	Leistungspunkte 6 LP 3 LP
2.	Gruppengrößen				
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 MSc Physik				
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme Grundkenntnisse der Quantenmechanik				

<b>Einführung in die Theoretische Chemie</b>				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
M.09.032.1010	270 h	1	1	9 LP
7.	Zugangsvoraussetzung(en) Zugangsvoraussetzung für die Teilnahme am Praktikum ist die bestandene Klausur zur Vorlesung Einführung in die Theoretische Chemie.			
8.	Leistungsüberprüfungen <i>8.1 Aktive Teilnahme</i> Erfolgreiches Bearbeiten der Übungsaufgaben <i>8.2 Studienleistung(en)</i>  <i>8.3 Modulprüfung</i> 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.)			
11.	b) jährlich im Sommersemester (im Semester oder als Block in der vorlesungsfreien Zeit) Modulbeauftragte oder Beauftragter sowie Hauptamtliche Lehrkräfte Prof. Dr. Jürgen Gauß			
12.	Sonstige Informationen Sprache: Deutsch 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.			

<b>Theoretische Chemie</b>				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
M.09.032.1011	360 h	2	1	12 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen	Kontaktzeit	Selbststudium	Leistungspunkte
	a) Vorlesung/Übung „Theoretische Chemie 1“ (WP)	3 SWS	88 h	4 LP
	b) Praktikum „Theoretische Chemie 1“ (WP)	5 SWS	7 h	2 LP
	c) Vorlesung/Übung „Theoretische Chemie 2“ (WP)	3 SWS	88 h	4 LP
	d) Praktikum „Computerchemie“ (WP)	5 SWS	7 h	2 LP
2.	Gruppengrößen			
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen			
	a) Eingehendes Verständnis der Grundlagen der Quantenchemie, Umsetzung quantenchemischer Theorie in ein Computerprogramm			
	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.			
	c) Kenntnis und Verständnis moderner Methoden der Quantenchemie, Anwendung moderner Programmpakete zur Lösung chemischer Fragestellungen			
	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.			
4.	Inhalte			
	a) Grundlagen (Schrödingergleichung, Born-Oppenheimer Näherung, Hartree-Fock Theorie, Dichtefunktionaltheorie, „Self-Consistent-Field“-Verfahren, Berechnung von Moleküleigenschaften)			
	b) Verfassen eines Computerprogramms zur Durchführung einer quantenchemischen Rechnung			
	c) Moderne quantenchemische Methoden (Elektronenkorrelation, Vielteilchentheorie, Zweite Quantisierung, Coupled-Cluster theory)			
	d) Verwendung von quantenchemischen und molekulardynamischen Programmpakete zur Lösung chemischer Fragestellungen			
5.	Verwendbarkeit des Moduls MSc Physik			
6.	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).			
7.	Zugangsvoraussetzung(en) Zugangsvoraussetzung für die Teilnahme am Praktikum „Theoretische Chemie 1“ ist die aktive Teilnahme an der Vorlesung/Übung „Theoretische Chemie 1“.			
8.	Leistungsüberprüfungen			
	<i>8.1 Aktive Teilnahme</i> Erfolgreiches Bearbeiten der Übungsaufgaben			
	<i>8.2 Studienleistung(en)</i> Kolloquium zum Praktikum Computerchemie			
	<i>8.3 Modulprüfung</i> Klausur (120 min) oder mündliche Prüfung (30 min)			



Theoretische Chemie				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
M.09.032.1011	360 h	2	1	12 LP
9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen 12/120			
10.	Häufigkeit des Angebots a) jährlich im Wintersemester b) jährlich im Wintersemester (als Block in der vorlesungsfreien Zeit) c) jährlich im Sommersemester			
11.	Modullehrbeauftragte oder Beauftragter sowie hauptamtliche Lehrende Prof. Dr. Jürgen Gauß			
12.	Sonstige Informationen Sprache: Deutsch 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.			

## 4.6.2 Informatik

### Hinweise:

Die Inhalte der Einführungsveranstaltungen „Einführung in die Programmierung“ und „Einführung in die Softwareentwicklung“ sowie die „Technische Informatik“ 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).

Informatik I				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
M.08.079.xx1	270 h	1	1	9 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen Vorlesung A (WP) Übung zur Vorlesung A (WP) Praktikum zur Vorlesung A (WP)	Kontaktzeit 2 SWS/21 h 1 SWS/10,5 h 2 SWS/21 h	Selbststudium 69 h 79.5 h 69 h	Leistungspunkte 3 LP 3 LP 3 LP
8.	Leistungsüberprüfungen <i>8.1 Aktive Teilnahme</i> Erfolgreiches Bearbeiten der Übungsaufgaben <i>8.2 Studienleistung(en)</i> Erfolgreiche Teilnahme am Praktikum <i>8.3 Modulprüfung</i> Klausur (120 Min.) oder mündliche Prüfung (30 Min.)			
12.	Sonstige Informationen Sprache: Deutsch Weitere Details: siehe Modulhandbücher der Informatik			

Informatik II				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
M.08.079.xx2	360 h	1	1	12 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen Vorlesung A (WP) Übung zur Vorlesung A (WP) Vorlesung B (WP) Übung zur Vorlesung B (WP)	Kontaktzeit 2 SWS/21 h 1 SWS/10,5 h 2 SWS/21 h 1 SWS/10,5 h	Selbststudium 69 h 79.5 h 69 h 79.5 h	Leistungspunkte 3 LP 3 LP 3 LP 3 LP
8.	Leistungsüberprüfungen <i>8.1 Aktive Teilnahme</i> Erfolgreiches Bearbeiten der Übungsaufgaben <i>8.2 Studienleistung(en)</i> Jeweils eine Klausur (120 Min.) oder eine mündliche Prüfung (30 Min.) zu den Vorlesungen <i>8.3 Modulprüfung</i> kumulativ aus den zwei Studienleistungen			

<b>Informatik II</b>				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
M.08.079.xx2	360 h	1	1	12 LP
12.	Sonstige Informationen Sprache: Deutsch Weitere Details: siehe Modulhandbücher der Informatik			

<b>Informatik III</b>				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
M.08.079.xx3	450 h	1	1	15 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen	Kontaktzeit	Selbststudium	Leistungspunkte
	Vorlesung A (WP)	2 SWS/21 h	69 h	3 LP
	Übung zur Vorlesung A (WP)	1 SWS/10,5 h	79.5 h	3 LP
	Vorlesung B (WP)	2 SWS/21 h	69 h	3 LP
	Übung zur Vorlesung B (WP)	1 SWS/10,5 h	79.5 h	3 LP
	Praktikum zur Vorlesung A oder B (WP)	2 SWS/21 h	69 h	3 LP
8.	Leistungsüberprüfungen <i>8.1 Aktive Teilnahme</i> Erfolgreiches Bearbeiten der Übungsaufgaben <i>8.2 Studienleistung(en)</i> Jeweils eine Klausur (120 Min.) oder eine mündliche Prüfung (30 Min.) zu den Vorlesungen Erfolgreiche Teilnahme am Praktikum <i>8.3 Modulprüfung</i> kumulativ aus den Studienleistungen			
12.	Sonstige Informationen Sprache: Deutsch Weitere Details: siehe Modulhandbücher der Informatik			

<b>Informatik IV</b>				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
M.08.079.xx4	480 h	1	1	16 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen	Kontaktzeit	Selbststudium	Leistungspunkte
	Vorlesung A (WP)	2 SWS/21 h	69 h	3 LP
	Übung zur Vorlesung A (WP)	1 SWS/10,5 h	79.5 h	3 LP
	Vorlesung B (WP)	2 SWS/21 h	69 h	3 LP
	Übung zur Vorlesung B (WP)	1 SWS/10,5 h	79.5 h	3 LP
	Seminar zur Vorlesung A oder B (WP)	2 SWS/21 h	99 h	4 LP
8.	Leistungsüberprüfungen <i>8.1 Aktive Teilnahme</i> Erfolgreiches Bearbeiten der Übungsaufgaben <i>8.2 Studienleistung(en)</i> Jeweils eine Klausur (120 Min.) oder eine mündliche Prüfung (30 Min.) zu den Vorlesungen Seminarvortrag <i>8.3 Modulprüfung</i> kumulativ aus den Studienleistungen			

<b>Informatik IV</b>				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe) M.08.079.xx4	Arbeitsaufwand (workload) 480 h	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan) 1	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan) 1	Leistungspunkte (LP) 16 LP
12.	Sonstige Informationen Sprache: Deutsch Weitere Details: siehe Modulhandbücher der Informatik			

## 4.6.3 Geschichte der Naturwissenschaften

Geschichte der Naturwissenschaften I				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
M.08.275.060	450 h	2	1	15 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen	Kontaktzeit	Selbststudium	Leistungspunkte
	a) Vorlesung: Geschichte der Naturwissenschaft I (P)	2 SWS/21 h	69 h	3 LP
	b) Seminar: Einführung in das wissenschaftshistorische Arbeiten (P)	2 SWS/21 h	69 h	3 LP
	c) Vorlesung: Geschichte der Naturwissenschaft II (P)	2 SWS/21 h	69 h	3 LP
	d) Lektürekurs (P)	2 SWS/21 h	69 h	3 LP
	e) Übungen (P)	2 SWS/21 h	69 h	3 LP
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übungen: 20 Seminare: 20			
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reflexion über Wissenschaft und ihre Strukturen sowie über grundlegende wissenschaftshistorische Konzepte</li> <li>• Eigenständige Literaturrecherche</li> <li>• Kritische Lektüre von wissenschaftshistorischen Quellen und Fachliteratur</li> <li>• Aufbau einer wissenschaftshistorischen Arbeit</li> <li>• Übung im Erörtern von methodischen und systematischen Aspekten der Wissenschaftsentwicklung.</li> </ul>			
4.	Inhalte <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung in die Wissenschaftstheorie</li> <li>• Die Entwicklung der Naturwissenschaften im Kontext: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Anfänge wissenschaftlichen Denkens</li> <li>– Antike Wissenschaft und ihre Entwicklung bis zur Neuzeit</li> <li>– Wissenschaftliche Revolution</li> <li>– Wissenschaft in der Aufklärung</li> <li>– Institutionalisierung und Professionalisierung der Wissenschaft</li> <li>– Entwicklung wissenschaftlicher Grundbegriffe</li> </ul> </li> <li>• Wissenschaft und Gesellschaft <ul style="list-style-type: none"> <li>– Wissenschaft und Technik (Big Science)</li> <li>– Freiheit und Verantwortung der Wissenschaft</li> <li>– Wissenschaft und Krieg</li> </ul> </li> <li>• Anleitung bei der Erschließung eines wissenschaftshistorischen Themas</li> </ul>			
5.	Verwendbarkeit des Moduls BSc. Physik, MSc Physik			
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme			
7.	Zugangsvoraussetzung(en)			

<b>Geschichte der Naturwissenschaften I</b>				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
M.08.275.060	450 h	2	1	15 LP
8.	Leistungsüberprüfungen <i>8.1 Aktive Teilnahme</i> Besuch aller Seminarveranstaltungen <i>8.2 Studienleistung(en)</i> b) Vortrag und Essay d) Vortrag e) Essays und/oder Übungen <i>8.3 Modulprüfung</i> Mündliche Prüfung (20-30 Min)			
9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen 15/180 (BSc) bzw. 15/120 (MSc)			
10.	Häufigkeit des Angebots Jedes Semester			
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtliche Lehrende Modulbeauftragte: Prof. Dr. Sauer Lehrende: Prof. Dr. Tilman Sauer, Dr.M.Schneider			
12.	Sonstige Informationen Sprache: Deutsch (eventuell Englisch)			

<b>Geschichte der Naturwissenschaften II</b>					
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)	
M.08.275.070	270 h	2	1	9 LP	
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen a) Hauptseminar: Geschichte der Naturwissenschaft I (P) b) Lektürekurs (P)		Kontaktzeit 2 SWS/21 h  2 SWS/21 h	Selbststudium 129 h  99 h	Leistungspunkte 5 LP  4 LP
2.	Gruppengrößen Seminare: 20 Lektürekurs: 20				
3.	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>				
4.	Inhalte Vertiefung der Inhalte aus dem Modul „Geschichte der Naturwissenschaften I“				
5.	Verwendbarkeit des Moduls BSc. Physik, MSc Physik				
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme Modul „Geschichte der Naturwissenschaften I“				
7.	Zugangsvoraussetzung(en)				

<b>Geschichte der Naturwissenschaften II</b>				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
M.08.275.070	270 h	2	1	9 LP
8.	Leistungsüberprüfungen <i>8.1 Aktive Teilnahme</i> Besuch aller Seminarveranstaltungen <i>8.2 Studienleistung(en)</i> a) Vortrag und schriftliche Hausarbeit b) Vortrag mit Ausarbeitung <i>8.3 Modulprüfung</i> Mündliche Prüfung (20-30 Min)			
9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen 9/180 (BSc) bzw. 9/120 (MSc)			
10.	Häufigkeit des Angebots Jedes Semester			
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtliche Lehrende Modulbeauftragte: Prof. Dr. Sauer Lehrende: Prof. Dr. Tilman Sauer, Dr.M.Schneider			
12.	Sonstige Informationen Sprache: Deutsch (eventuell Englisch)			

## 4.6.4 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.

Funktionalanalysis				
Modul-Kennnummer (JOGU-StiNe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
M.08.105.1300	270 h	1	1	9 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen Vorlesung mit Übung „Funktionalanalysis“ Vorlesung (WP) Übung (WP)	Kontaktzeit  4 SWS/42 h 2 SWS/21 h	Selbststudium 207 h	Leistungspunkte 9 LP
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übungen: 20			
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen Verständnis für und Kompetenz im Umgang mit den abstrakten Begriffen, Methoden und Resultaten der Funktionalanalysis. Erfahrung mit der Einbettung konkreter Probleme in den funktionalanalytischen Begriffsrahmen und der Anwendung von entsprechenden abstrakten Methoden und Resultaten der Funktionalanalysis. Erfahrung mit der Einbettung konkreter Probleme in den funktionalanalytischen Begriffsrahmen und der Anwendung von entsprechenden abstrakten Methoden auf diese Probleme. Teamfähigkeit und Kommunikationsfähigkeit, insbesondere auch über mathematische Inhalte, wie sie durch das Bearbeiten von Übungsaufgaben in kleinen Gruppen gefördert werden.			
4.	Inhalte <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</li> <li>• Kompakte selbstadjungierte Operatoren im Hilbertraum</li> </ul>			
5.	Verwendbarkeit des Moduls MSc Physik			
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme Mathematik für Physiker 1 und 2			
7.	Zugangsvoraussetzung(en)			



<b>Funktionalanalysis</b>				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
M.08.105.1300	270 h	1	1	9 LP
8.	Leistungsüberprüfungen <i>8.1 Aktive Teilnahme</i> Erfolgreiche schriftliche Bearbeitung der Übungsaufgaben und mündliche Präsentation eigener Lösungen. <i>8.2 Studienleistung(en)</i>  <i>8.3 Modulprüfung</i> Mündliche Prüfung (20-30 Min.) oder Klausur (120 Min.).			
9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen 9/120			
10.	Häufigkeit des Angebots Jährlich			
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtliche Lehrende Modulbeauftragter ist der Studiengangsbeauftragte.			
12.	Sonstige Informationen Sprache: Deutsch			

<b>Funktionalanalysis (mit Funktionalanalysis II)</b>					
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)	
M.08.105.1310	450 h	2	1	15 LP	
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen Vorlesung mit Übung „Funktionalanalysis“ Vorlesung (WP) Übung (WP) Vorlesung „Funktionalanalysis II“		Kontaktzeit  4 SWS/42 h 2 SWS/21 h 4 SWS/42 h	Selbststudium 207 h  138 h	Leistungspunkte 9 LP  6 LP
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übungen: 20				
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen Verständnis für und Kompetenz im Umgang mit den abstrakten Begriffen, Methoden und Resultaten der Funktionalanalysis. Erfahrung mit der Einbettung konkreter Probleme in den funktionalanalytischen Begriffsrahmen und der Anwendung von entsprechenden abstrakten Methoden und Resultaten der Funktionalanalysis. Erfahrung mit der Einbettung konkreter Probleme in den funktionalanalytischen Begriffsrahmen und der Anwendung von entsprechenden abstrakten Methoden auf diese Probleme. Teamfähigkeit und Kommunikationsfähigkeit, insbesondere auch über mathematische Inhalte, wie sie durch das Bearbeiten von Übungsaufgaben in kleinen Gruppen gefördert werden. Nach Abschluss der 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.				

<b>Funktionalanalysis (mit Funktionalanalysis II)</b>				
Modul-Kennnummer (JOGU-StiNe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
M.08.105.1310	450 h	2	1	15 LP
4.	Inhalte <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</li> <li>• Kompakte selbstadjungierte Operatoren im Hilbertraum</li> </ul>			
5.	Verwendbarkeit des Moduls MSc Physik			
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme Mathematik für Physiker 1 und 2			
7.	Zugangsvoraussetzung(en)			
8.	Leistungsüberprüfungen <i>8.1 Aktive Teilnahme</i> Erfolgreiche schriftliche Bearbeitung der Übungsaufgaben und mündliche Präsentation eigener Lösungen. <i>8.2 Studienleistung(en)</i>  <i>8.3 Modulprüfung</i> Mündliche Prüfung (20-30 Min.)			
9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen 15/120			
10.	Häufigkeit des Angebots Jährlich			
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtliche Lehrende Modulbeauftragter ist der Studiengangsbeauftragte.			
12.	Sonstige Informationen Sprache: Deutsch			

<b>Partielle Differentialgleichungen</b>				
Modul-Kennnummer (JOGU-StiNe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
M.08.105.1320	270 h	1	1	9 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen Vorlesung mit Übung „Partielle Differentialgleichungen I“ Vorlesung (WP) Übung (WP)		Kontaktzeit  4 SWS/42 h 2 SWS/21 h	Selbststudium 207 h  Leistungspunkte 9 LP
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übungen: 20			

Partielle Differentialgleichungen				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
M.08.105.1320	270 h	1	1	9 LP
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen Dieser Kurs vermittelt die Fähigkeit zum Umgang mit partiellen Differentialgleichungen. Das wird unter anderem durch Darstellungsformeln erreicht für die Lösungen der wichtigsten Aufgaben. Interpretationen vor dem Hintergrund der entsprechenden Fragestellungen aus Naturwissenschaft und Technik bieten sich an und sind unverzichtbarer Bestandteil. Dieser Kurs schafft Verständnis für die Verfahren der Computational Sciences und für die abstrakten Methoden der Analysis.			
4.	Inhalte <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>• Maximumprinzipien</li> <li>• Mittelwerteigenschaft harmonischer Funktionen</li> <li>• Laplacegleichung und Lösung des Dirichletproblems.</li> </ul>			
5.	Verwendbarkeit des Moduls MSc Physik			
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme Mathematik für Physiker 1 und 2			
7.	Zugangsvoraussetzung(en)			
8.	Leistungsüberprüfungen <i>8.1 Aktive Teilnahme</i> Erfolgreiche schriftliche Bearbeitung der Übungsaufgaben und mündliche Präsentation eigener Lösungen. <i>8.2 Studienleistung(en)</i>  <i>8.3 Modulprüfung</i> Mündliche Prüfung (20-30 Min.) oder Klausur (120 Min.)			
9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen 9/120			
10.	Häufigkeit des Angebots Jährlich			
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtliche Lehrende Modulbeauftragter ist der Studiengangsbeauftragte.			
12.	Sonstige Informationen Sprache: Deutsch			

<b>Partielle Differentialgleichungen (mit part. Differentialgl. II)</b>				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
M.08.105.1330	450 h	2	1	15 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen Vorlesung mit Übung „Partielle Differentialgleichungen I“ Vorlesung (WP) Übung (WP) Vorlesung „Partielle Differentialgleichungen II“	Kontaktzeit  4 SWS/42 h 2 SWS/21 h 4 SWS/42 h	Selbststudium 207 h  138 h	Leistungspunkte 9 LP  6 LP
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übungen: 20			
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen Dieser Kurs vermittelt die Fähigkeit zum Umgang mit partiellen Differentialgleichungen. Das wird unter anderem durch Darstellungsformeln erreicht für die Lösungen der wichtigsten Aufgaben. Interpretationen vor dem Hintergrund der entsprechenden Fragestellungen aus Naturwissenschaft und Technik bieten sich an und sind unverzichtbarer Bestandteil. Dieser Kurs schafft Verständnis für die Verfahren der Computational Sciences und für die abstrakten Methoden der Analysis. Die Veranstaltung Partielle Differenzialgleichungen 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.			
4.	Inhalte <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>• Maximumprinzipien</li> <li>• Mittelwerteigenschaft harmonischer Funktionen</li> <li>• Laplacegleichung und Lösung des Dirichletproblems,</li> <li>• Lokalkonvexe Räume und Distributionen,</li> <li>• Sobolevräume,</li> <li>• Variationsmethode bei elliptischen Gleichungen,</li> <li>• Regularität schwacher Lösungen,</li> <li>• Randwertaufgaben für Evolutionsgleichungen,</li> <li>• Pseudodifferentialoperatoren.</li> </ul>			
5.	Verwendbarkeit des Moduls MSc Physik			
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme Mathematik für Physiker 1 und 2			
7.	Zugangsvoraussetzung(en)			

Partielle Differentialgleichungen (mit part. Differentialgl. II)				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
M.08.105.1330	450 h	2	1	15 LP
8.	Leistungsüberprüfungen <i>8.1 Aktive Teilnahme</i> Erfolgreiche schriftliche Bearbeitung der Übungsaufgaben und mündliche Präsentation eigener Lösungen. <i>8.2 Studienleistung(en)</i>  <i>8.3 Modulprüfung</i> Mündliche Prüfung (20-30 Min.)			
9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen 15/120			
10.	Häufigkeit des Angebots Jährlich			
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtliche Lehrende Modulbeauftragter ist der Studiengangsbeauftragte.			
12.	Sonstige Informationen Sprache: Deutsch			

Grundlagen der Stochastik				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
M.08.105.1340	270 h	1	1	9 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen Vorlesung mit Übung „Einführung in die Stochastik“ Vorlesung (WP) Übung (WP)		Kontaktzeit  4 SWS/42 h 2 SWS/21 h	Selbststudium 207 h  Leistungspunkte 9 LP
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übungen: 20			
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen Nach erfolgreichem Abschluss der Vorlesung „Einführung in die Stochastik“ sollen die Studierenden: <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>			
4.	Inhalte In der Vorlesung „Einführung in die Stochastik“ werden die folgenden grundlegenden Begriffe der Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik behandelt: <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>			
5.	Verwendbarkeit des Moduls MSc Physik			
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme Mathematik für Physiker 1 und 2			

Grundlagen der Stochastik				
Modul-Kennnummer (JOGU-StiNe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
M.08.105.1340	270 h	1	1	9 LP
7.	Zugangsvoraussetzung(en)			
8.	Leistungsüberprüfungen <i>8.1 Aktive Teilnahme</i> Erfolgreiche schriftliche Bearbeitung der Übungsaufgaben und mündliche Präsentation eigener Lösungen. <i>8.2 Studienleistung(en)</i>  <i>8.3 Modulprüfung</i> Mündliche Prüfung (20-30 Min.) oder Klausur (120 Min.).			
9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen 9/120			
10.	Häufigkeit des Angebots Jährlich			
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtliche Lehrende Modulbeauftragter ist der Studiengangsbeauftragte.			
12.	Sonstige Informationen Sprache: Deutsch			

Grundlagen der Stochastik				
Modul-Kennnummer (JOGU-StiNe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
M.08.105.1350	450 h	2	1	15 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen Vorlesung mit Übung „Einführung in die Stochastik“ Vorlesung (WP) Übung (WP) Vorlesung „Stochastik I“	Kontaktzeit  4 SWS/42 h 2 SWS/21 h 4 SWS/42 h	Selbststudium 207 h  138 h	Leistungspunkte 9 LP  6 LP
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übungen: 20			
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen Nach erfolgreichem Abschluss der Vorlesung „Einführung in die Stochastik“ sollen die Studierenden: <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> Ziel der Vorlesung Stochastik I ist die Befähigung zum sicheren Umgang mit dem systematischen maßtheoretischen Aufbau der Wahrscheinlichkeitstheorie und den zugrundeliegenden Grenzwertsätzen.			

Grundlagen der Stochastik				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
M.08.105.1350	450 h	2	1	15 LP
4.	Inhalte In der Vorlesung „Einführung in die Stochastik“ werden die folgenden grundlegenden Begriffe der Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik behandelt: <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> <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>			
5.	Verwendbarkeit des Moduls MSc Physik			
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme Mathematik für Physiker 1 und 2			
7.	Zugangsvoraussetzung(en)			
8.	Leistungsüberprüfungen <i>8.1 Aktive Teilnahme</i> Erfolgreiche schriftliche Bearbeitung der Übungsaufgaben und mündliche Präsentation eigener Lösungen. <i>8.2 Studienleistung(en)</i>  <i>8.3 Modulprüfung</i> Mündliche Prüfung (20-30 Min.) oder Klausur (120 Min.).			
9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen 15/120			
10.	Häufigkeit des Angebots Jährlich			
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtliche Lehrende Modulbeauftragter ist der Studiengangsbeauftragte.			
12.	Sonstige Informationen Sprache: Deutsch			

Stochastik I				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
M.08.105.1360	270 h	1	1	9 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen Vorlesung mit Übung „Stochastik I“ Vorlesung (WP) Übung (WP)		Kontaktzeit  4 SWS/42 h 2 SWS/21 h	Selbststudium 207 h  Leistungspunkte 9 LP
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übungen: 20			

<b>Stochastik I</b>				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe) M.08.105.1360	Arbeitsaufwand (workload) 270 h	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan) 1	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan) 1	Leistungspunkte (LP) 9 LP
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen Das Ziel ist die Befähigung zum sicheren Umgang mit dem systematischen maßtheoretischen Aufbau der Wahrscheinlichkeitstheorie und den Grundlegenden Grenzwertsätzen.			
4.	Inhalte 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,</li> <li>• bedingte Wahrscheinlichkeiten und Erwartungswerte.</li> </ul>			
5.	Verwendbarkeit des Moduls MSc Physik			
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme Grundlagen der Stochastik			
7.	Zugangsvoraussetzung(en)			
8.	Leistungsüberprüfungen 8.1 <i>Aktive Teilnahme</i> Erfolgreiche schriftliche Bearbeitung der Übungsaufgaben und mündliche Präsentation eigener Lösungen. 8.2 <i>Studienleistung(en)</i>  8.3 <i>Modulprüfung</i> Mündliche Prüfung (20-30 Min.) oder Klausur (120 Min.).			
9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen 9/120			
10.	Häufigkeit des Angebots Jährlich			
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtliche Lehrende Modulbeauftragter ist der Studiengangsbeauftragte.			
12.	Sonstige Informationen Sprache: Deutsch			

<b>Stochastik I (mit Stochastik II)</b>				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe) M.08.105.1370	Arbeitsaufwand (workload) 450 h	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan) 2	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan) 1	Leistungspunkte (LP) 15 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen Vorlesung mit Übung „Stochastik I“ Vorlesung (WP) Übung (WP) Vorlesung „Stochastik II“	Kontaktzeit  4 SWS/42 h 2 SWS/21 h 4 SWS/42 h	Selbststudium 207 h  138 h	Leistungspunkte 9 LP  6 LP
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übungen: 20			



Stochastik I (mit Stochastik II)				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
M.08.105.1370	450 h	2	1	15 LP
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen Das Ziel ist die Befähigung zum sicheren Umgang mit dem systematischen maßtheoretischen Aufbau der Wahrscheinlichkeitstheorie und den Grundlegenden Grenzwertsätzen. In der Vorlesung Stochastik II erhalten die Studierenden eine Problemlösungskompetenz und wesentlich vertiefte Kenntnisse in den zentralen Themenbereichen der modernen Stochastik.			
4.	Inhalte <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,</li> <li>• bedingte Wahrscheinlichkeiten und Erwartungswerte.</li> <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>			
5.	Verwendbarkeit des Moduls MSc Physik			
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme Grundlagen der Stochastik			
7.	Zugangsvoraussetzung(en)			
8.	Leistungsüberprüfungen <i>8.1 Aktive Teilnahme</i> Erfolgreiche schriftliche Bearbeitung der Übungsaufgaben und mündliche Präsentation eigener Lösungen. <i>8.2 Studienleistung(en)</i>  <i>8.3 Modulprüfung</i> Mündliche Prüfung (20-30 Min.) oder Klausur (120 Min.).			
9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen 15/120			
10.	Häufigkeit des Angebots Jährlich			
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtliche Lehrende Modulbeauftragter ist der Studiengangsbeauftragte.			
12.	Sonstige Informationen Sprache: Deutsch			

Grundlagen der Numerik				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe) M.08.105.1380	Arbeitsaufwand (workload) 270 h	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan) 1	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan) 1	Leistungspunkte (LP) 9 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen Vorlesung mit Übung „Grundlagen der Numerik“ Vorlesung (WP) Übung (WP)	Kontaktzeit  4 SWS/42 h 2 SWS/21 h	Selbststudium 207 h	Leistungspunkte 9 LP
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übungen: 20			
3.	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>			
4.	Inhalte 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 und einige Modellierungsbeispiele behandelt bzw. vorgestellt.</li> </ul>			
5.	Verwendbarkeit des Moduls BSc Physik, MSc Physik			
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme Mathematik für Physiker 1 und 2			
7.	Zugangsvoraussetzung(en)			
8.	Leistungsüberprüfungen <i>8.1 Aktive Teilnahme</i> Erfolgreiche schriftliche Bearbeitung der Übungsaufgaben und mündliche Präsentation eigener Lösungen. <i>8.2 Studienleistung(en)</i>  <i>8.3 Modulprüfung</i> Mündliche Prüfung (20-30 Min.) oder Klausur (120 Min.).			
9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen 9/180 (BSc) bzw. 9/120 (MSc)			
10.	Häufigkeit des Angebots Jährlich			
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtliche Lehrende Modulbeauftragter ist der Studiengangsbeauftragte.			
12.	Sonstige Informationen Sprache: Deutsch			

Grundlagen der Numerik				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
M.08.105.1390	450 h	1	1	15 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen Vorlesung mit Übung „Grundlagen der Numerik“ Vorlesung (WP) Übung (WP) Vorlesung „Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen“	Kontaktzeit  4 SWS/42 h 2 SWS/21 h 4 SWS/42 h	Selbststudium 207 h  138 h	Leistungspunkte 9 LP  6 LP
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übungen: 20			
3.	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 Vorlesung „Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen“ erhalten sie 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.			
4.	Inhalte 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 und einige Modellierungsbeispiele behandelt bzw. vorgestellt und</li> <li>• numerische Algorithmen zur Lösung gewöhnlicher Differentialgleichungen in Form von Anfangs- und Randwertaufgaben behandelt.</li> </ul>			
5.	Verwendbarkeit des Moduls BSc Physik, MSc Physik			
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme Mathematik für Physiker 1 und 2			
7.	Zugangsvoraussetzung(en)			
8.	Leistungsüberprüfungen <i>8.1 Aktive Teilnahme</i> Erfolgreiche schriftliche Bearbeitung der Übungsaufgaben und mündliche Präsentation eigener Lösungen. <i>8.2 Studienleistung(en)</i>  <i>8.3 Modulprüfung</i> Mündliche Prüfung (20-30 Min.) oder Klausur (120 Min.).			
9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen 15/180 (BSc) bzw. 15/120 (MSc)			
10.	Häufigkeit des Angebots Jährlich			

Grundlagen der Numerik				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
M.08.105.1390	450 h	1	1	15 LP
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtliche Lehrende Modulbeauftragter ist der Studiengangsbeauftragte.			
12.	Sonstige Informationen Sprache: Deutsch			

Numerik von Differentialgleichungen				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
M.08.105.1400	270 h	1	1	9 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen Vorlesung mit Übung „Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen“ Vorlesung (WP) Übung (WP)		Kontaktzeit  4 SWS/42 h 2 SWS/21 h	Selbststudium 207 h  Leistungspunkte 9 LP
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übungen: 20			
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen Nach Abschluss der optionalen Vorlesung „Numerik gewöhnlicher Differenzialgleichungen“ erhalten die Studierenden 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.			
4.	Inhalte Die Vorlesung behandelt numerische Algorithmen zur Lösung gewöhnlicher Differentialgleichungen in Form von Anfangs- und Randwertaufgaben.			
5.	Verwendbarkeit des Moduls MSc Physik			
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme Grundlagen der Numerik			
7.	Zugangsvoraussetzung(en)			
8.	Leistungsüberprüfungen <i>8.1 Aktive Teilnahme</i> Erfolgreiche schriftliche Bearbeitung der Übungsaufgaben und mündliche Präsentation eigener Lösungen. <i>8.2 Studienleistung(en)</i>  <i>8.3 Modulprüfung</i> Mündliche Prüfung (20-30 Min.) oder Klausur (120 Min.).			
9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen 9/120			
10.	Häufigkeit des Angebots Jährlich			
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtliche Lehrende Modulbeauftragter ist der Studiengangsbeauftragte.			
12.	Sonstige Informationen Sprache: Deutsch			

Numerik von Differentialgleichungen				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe) M.08.105.1400	Arbeitsaufwand (workload) 270 h	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan) 1	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan) 1	Leistungspunkte (LP) 9 LP

Numerik von Differentialgleichungen				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe) M.08.105.1410	Arbeitsaufwand (workload) 450 h	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan) 1	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan) 1	Leistungspunkte (LP) 15 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen Vorlesung mit Übung „Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen“ Vorlesung (WP) Übung (WP) Vorlesung „Numerik partieller Differentialgleichungen“	Kontaktzeit  4 SWS/42 h 2 SWS/21 h 4 SWS/42 h	Selbststudium 207 h  138 h	Leistungspunkte 9 LP  6 LP
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übungen: 20			
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen Nach Abschluss der optionalen Vorlesung „Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen“ erhalten die Studierenden 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.			
4.	Inhalte Die erste Vorlesung behandelt numerische Algorithmen zur Lösung gewöhnlicher Differentialgleichungen in Form von Anfangs- und Randwertaufgaben. In der zweiten Vorlesung erlangen die Studierenden Grundlegende Verfahren zur Lösung elliptischer und parabolischer Differentialgleichungen (finite Elemente, finite Differenzen, Zeitintegration) sowie skalarer hyperbolischer Erhaltungsgleichungen in einer Variablen (Godunov-Verfahren).			
5.	Verwendbarkeit des Moduls MSc Physik			
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme Grundlagen der Numerik			
7.	Zugangsvoraussetzung(en)			
8.	Leistungsüberprüfungen <i>8.1 Aktive Teilnahme</i> Erfolgreiche schriftliche Bearbeitung der Übungsaufgaben und mündliche Präsentation eigener Lösungen. <i>8.2 Studienleistung(en)</i>  <i>8.3 Modulprüfung</i> Mündliche Prüfung (20-30 Min.) oder Klausur (120 Min.).			
9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen 15/120			
10.	Häufigkeit des Angebots Jährlich			
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtliche Lehrende Modulbeauftragter ist der Studiengangsbeauftragte.			

Numerik von Differentialgleichungen				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe) M.08.105.1410	Arbeitsaufwand (workload) 450 h	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan) 1	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan) 1	Leistungspunkte (LP) 15 LP
12.	Sonstige Informationen Sprache: Deutsch			

Algebra				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe) M.08.105.1420	Arbeitsaufwand (workload) 270 h	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan) 1	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan) 1	Leistungspunkte (LP) 9 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen Vorlesung mit Übung „Computeralgebra“ Vorlesung (WP) Übung (WP)	Kontaktzeit  4 SWS/42 h 2 SWS/21 h	Selbststudium 207 h	Leistungspunkte 9 LP
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übungen: 20			
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen Die Studierenden erlangen ein <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>			
4.	Inhalte Die folgenden Themen werden u.a. behandelt: <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>			
5.	Verwendbarkeit des Moduls MSc Physik			
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme Mathematik für Physiker			
7.	Zugangsvoraussetzung(en)			
8.	Leistungsüberprüfungen <i>8.1 Aktive Teilnahme</i> Erfolgreiche schriftliche Bearbeitung der Übungsaufgaben und mündliche Präsentation eigener Lösungen. <i>8.2 Studienleistung(en)</i>  <i>8.3 Modulprüfung</i> Mündliche Prüfung (20-30 Min.) oder Klausur (120 Min.).			
9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen 9/120			

<b>Algebra</b>				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe) M.08.105.1420	Arbeitsaufwand (workload) 270 h	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan) 1	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan) 1	Leistungspunkte (LP) 9 LP
10.	Häufigkeit des Angebots Jährlich			
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtliche Lehrende Modulbeauftragter ist der Studiengangsbeauftragte.			
12.	Sonstige Informationen Sprache: Deutsch			

<b>Algebra</b>				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe) M.08.105.1430	Arbeitsaufwand (workload) 450 h	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan) 1	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan) 1	Leistungspunkte (LP) 15 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen Vorlesung mit Übung „Computeralgebra“ Vorlesung (WP) Übung (WP) Vorlesung „Körper, Ringe, Moduln“	Kontaktzeit 4 SWS/42 h 2 SWS/21 h 4 SWS/42 h	Selbststudium 207 h 138 h	Leistungspunkte 9 LP 6 LP
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übungen: 20			
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen Die Studierenden erlangen ein <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> <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>			

Algebra				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
M.08.105.1430	450 h	1	1	15 LP
4.	<p>Inhalte</p> <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> <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>			
5.	Verwendbarkeit des Moduls MSc Physik			
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme Mathematik für Physiker			
7.	Zugangsvoraussetzung(en)			
8.	<p>Leistungsüberprüfungen</p> <p><i>8.1 Aktive Teilnahme</i> Erfolgreiche schriftliche Bearbeitung der Übungsaufgaben und mündliche Präsentation eigener Lösungen.</p> <p><i>8.2 Studienleistung(en)</i></p> <p><i>8.3 Modulprüfung</i> Mündliche Prüfung (20-30 Min.) oder Klausur (120 Min.).</p>			
9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen 15/120			
10.	Häufigkeit des Angebots Jährlich			
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtliche Lehrende Modulbeauftragter ist der Studiengangsbeauftragte.			
12.	Sonstige Informationen Sprache: Deutsch			



<b>Topologie</b>				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe) M.08.105.1440	Arbeitsaufwand (workload) 270 h	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan) 1	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan) 1	Leistungspunkte (LP) 9 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen Vorlesung mit Übung „Topologie“ Vorlesung (WP) Übung (WP)	Kontaktzeit  4 SWS/42 h 2 SWS/21 h	Selbststudium 207 h	Leistungspunkte 9 LP
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übungen: 20			
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen Die Studierenden erwerben grundlegender Kenntnisse in mengentheoretischer und algebraischer Topologie, die Befähigung zum Umgang mit kategoriellen und funktoriellen Konzepten und das Denken in universellen Konstruktionen und universellen Beispielen.			
4.	Inhalte 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.			
5.	Verwendbarkeit des Moduls MSc Physik			
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme Mathematik für Physiker			
7.	Zugangsvoraussetzung(en)			
8.	Leistungsüberprüfungen <i>8.1 Aktive Teilnahme</i> Erfolgreiche schriftliche Bearbeitung der Übungsaufgaben und mündliche Präsentation eigener Lösungen. <i>8.2 Studienleistung(en)</i>  <i>8.3 Modulprüfung</i> Mündliche Prüfung (20-30 Min.) oder Klausur (120 Min.).			
9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen 9/120			
10.	Häufigkeit des Angebots Jährlich			
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtliche Lehrende Modulbeauftragter ist der Studiengangsbeauftragte.			
12.	Sonstige Informationen Sprache: Deutsch			

<b>Topologie (mit Vorlesung „Algebraische Kurven und Riemansche Flächen“)</b>				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
M.08.105.1450	450 h	1	1	15 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen Vorlesung mit Übung „Topologie“ Vorlesung (WP) Übung (WP) Vorlesung „Algebraische Kurven und Riemansche Flächen“)	Kontaktzeit  4 SWS/42 h 2 SWS/21 h 4 SWS/42 h	Selbststudium 207 h  138 h	Leistungspunkte 9 LP  6 LP
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übungen: 20			
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen Die Studierenden erwerben grundlegender Kenntnisse in mengentheoretischer und algebraischer Topologie, die Befähigung zum Umgang mit kategoriellen und funktoriellen Konzepten und das Denken in universellen Konstruktionen und universellen Beispielen. Im Rahmen der 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>			
4.	Inhalte Vertiefung der Grundlagen der mengentheoretischen Topologie: Trennungs- und Kompaktheitsaxiome und ihre Relationen. Universelle Konstruktionen: Produkte und Koproducte, Limiten und Kolimiten. Die Fundamentalgruppe und Überlagerungstheorie. Klassifikation zweidimensionaler kompakter Mannigfaltigkeiten.  In der zweiten Vorlesung werden u.a. folgenden Themen 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>			
5.	Verwendbarkeit des Moduls MSc Physik			
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme Mathematik für Physiker			
7.	Zugangsvoraussetzung(en)			

<b>Topologie (mit Vorlesung „Algebraische Kurven und Riemansche Flächen“)</b>				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe) M.08.105.1450	Arbeitsaufwand (workload) 450 h	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan) 1	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan) 1	Leistungspunkte (LP) 15 LP
8.	Leistungsüberprüfungen <i>8.1 Aktive Teilnahme</i> Erfolgreiche schriftliche Bearbeitung der Übungsaufgaben und mündliche Präsentation eigener Lösungen. <i>8.2 Studienleistung(en)</i>  <i>8.3 Modulprüfung</i> Mündliche Prüfung (20-30 Min.) oder Klausur (120 Min.).			
9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen 15/120			
10.	Häufigkeit des Angebots Jährlich			
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtliche Lehrende Modulbeauftragter ist der Studiengangsbeauftragte.			
12.	Sonstige Informationen Sprache: Deutsch			

<b>Computeralgebra</b>				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe) M.08.105.1460	Arbeitsaufwand (workload) 270 h	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan) 1	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan) 1	Leistungspunkte (LP) 9 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen Vorlesung mit Übung „Computeralgebra“ Vorlesung (WP) Übung (WP)		Kontaktzeit  4 SWS/42 h 2 SWS/21 h	Selbststudium 207 h  Leistungspunkte 9 LP
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übungen: 20			
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen ie Studierenden erlangen ein <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>			
4.	Inhalte Die folgenden Themen werden u.a. behandelt: <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>			
5.	Verwendbarkeit des Moduls MSc Physik			

Computeralgebra				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
M.08.105.1460	270 h	1	1	9 LP
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme Mathematik für Physiker			
7.	Zugangsvoraussetzung(en)			
8.	Leistungsüberprüfungen <i>8.1 Aktive Teilnahme</i> Erfolgreiche schriftliche Bearbeitung der Übungsaufgaben und mündliche Präsentation eigener Lösungen. <i>8.2 Studienleistung(en)</i>  <i>8.3 Modulprüfung</i> Mündliche Prüfung (20-30 Min.) oder Klausur (120 Min.).			
9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen 9/120			
10.	Häufigkeit des Angebots Jährlich			
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtliche Lehrende Modulbeauftragter ist der Studiengangsbeauftragte.			
12.	Sonstige Informationen Sprache: Deutsch			

Computeralgebra (mit Zahlentheorie)				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
M.08.105.1470	450 h	1	1	15 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen Vorlesung mit Übung „Computeralgebra“ Vorlesung (WP) Übung (WP) Vorlesung „Zahlentheorie“	Kontaktzeit  4 SWS/42 h 2 SWS/21 h 4 SWS/42 h	Selbststudium 207 h  138 h	Leistungspunkte 9 LP  6 LP
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übungen: 20			
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen Die Studierenden erlangen ein <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> <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> In der Praxis werden solide Kenntnisse aus der modernen algorithmischen Zahlentheorie an Hand von Beispielen und mittels Softwaretools erworben.			

Computeralgebra (mit Zahlentheorie)				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
M.08.105.1470	450 h	1	1	15 LP
4.	<p>Inhalte</p> <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> <li>• Kongruenzrechnung, Primitivwurzeln, Primzahltests</li> <li>• Diophantische Gleichungssysteme</li> <li>• Quadratische Reziprozität, Hasse Prinzip</li> <li>• p-adische Zahlen und Hilbertsymbole</li> <li>• Reelle Zahlen und Kettenbrüche, Pellsche 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>			
5.	Verwendbarkeit des Moduls MSc Physik			
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme Mathematik für Physiker			
7.	Zugangsvoraussetzung(en)			
8.	<p>Leistungsüberprüfungen</p> <p><i>8.1 Aktive Teilnahme</i> Erfolgreiche schriftliche Bearbeitung der Übungsaufgaben und mündliche Präsentation eigener Lösungen.</p> <p><i>8.2 Studienleistung(en)</i></p> <p><i>8.3 Modulprüfung</i> Mündliche Prüfung (20-30 Min.) oder Klausur (120 Min.).</p>			
9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen 15/120			
10.	Häufigkeit des Angebots Jährlich			
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtliche Lehrende Modulbeauftragter ist der Studiengangsbeauftragte.			
12.	Sonstige Informationen Sprache: Deutsch			

Differentialgeometrie und Mannigfaltigkeiten				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
M.08.105.10050	270 h	1	1	9 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen Vorlesung mit Übung „Elementare Differentialgeometrie und Mannigfaltigkeiten“ Vorlesung (WP) Übung (WP)	Kontaktzeit  4 SWS/42 h 2 SWS/21 h	Selbststudium 207 h	Leistungspunkte 9 LP
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übungen: 20			
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen Verständnis und sicherer Umgang mit grundlegenden Begriffen der elementaren Differentialgeometrie, insbesondere der Krümmungstheorie von Kurven und Flächen im Euklidischen Raum. Ferner Verständnis und sicherer Umgang mit dem Differentialformenkalkül auf allgemeinen Mannigfaltigkeiten, Kenntnis und Beherrschung der Integralsätze auf Mannigfaltigkeiten.			
4.	Inhalte <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kurven und Flächen in Euklidischen Räumen</li> <li>• Tangential- und Normalenvektoren, kovariante Ableitung</li> <li>• Integrierbarkeitsbedingungen, Krümmungstheorie</li> <li>• Grundlagen der Topologie, Mannigfaltigkeiten</li> <li>• Differentialformenkalkül</li> <li>• Integralsätze auf Mannigfaltigkeiten</li> <li>• Satz von Gauß-Bonnet</li> <li>• de Rham-Kohomologie</li> </ul>			
5.	Verwendbarkeit des Moduls BSc Physik, MSc Physik			
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme Mathematik für Physiker			
7.	Zugangsvoraussetzung(en)			
8.	Leistungsüberprüfungen <i>8.1 Aktive Teilnahme</i> Erfolgreiche schriftliche Bearbeitung der Übungsaufgaben und mündliche Präsentation eigener Lösungen. <i>8.2 Studienleistung(en)</i>  <i>8.3 Modulprüfung</i> Mündliche Prüfung (20-30 Min.) oder Klausur (120 Min.).			
9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen 9/180 (BSc) bzw. 9/120 (MSc)			
10.	Häufigkeit des Angebots Jährlich			
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtliche Lehrende Modulbeauftragter ist der Studiengangsbeauftragte.			
12.	Sonstige Informationen Sprache: Deutsch			

<b>Funktionentheorie</b>				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
M.08.105.10040	270 h	1	1	9 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen Vorlesung mit Übung „Funktionentheorie“ Vorlesung (WP) Übung (WP)	Kontaktzeit 4 SWS/42 h 2 SWS/21 h	Selbststudium 207 h	Leistungspunkte 9 LP
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übungen: 20			
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen Verständnis für grundlegende Begriffe und Resultate aus zwei klassischen Bereichen der Analysis. Fähigkeit zum kompetenten Einsatz dieser Methoden bei den entsprechenden Anwendungen.			
4.	Inhalte Holomorphe und meromorphe Funktionen, Cauchysche Integralsätze, Satz von Liouville, Residuensatz und Anwendungen, Montelscher Familiensatz, Existenzsätze von Mittag-Leffler und Weierstraß, einige spezielle Funktionen, z. B. die Gammafunktion, Rungescher Approximationssatz, Weierstraßsche p-Funktion, Verzweigungspunkte und einfache Beispiele für Riemannsche Flächen.			
5.	Verwendbarkeit des Moduls MSc Physik			
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme Mathematik für Physiker			
7.	Zugangsvoraussetzung(en)			
8.	Leistungsüberprüfungen <i>8.1 Aktive Teilnahme</i> Erfolgreiche schriftliche Bearbeitung der Übungsaufgaben und mündliche Präsentation eigener Lösungen. <i>8.2 Studienleistung(en)</i>  <i>8.3 Modulprüfung</i> Mündliche Prüfung (20-30 Min.) oder Klausur (120 Min.).			
9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen 9/120			
10.	Häufigkeit des Angebots Jährlich			
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtliche Lehrende Modulbeauftragter ist der Studiengangsbeauftragte.			
12.	Sonstige Informationen Sprache: Deutsch			

<b>Zahlentheorie</b>				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
M.08.105.140	270 h	1	1	9 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen Vorlesung mit Übung „Zahlentheorie“ Vorlesung (WP) Übung (WP)	Kontaktzeit 4 SWS/42 h 2 SWS/21 h	Selbststudium 207 h	Leistungspunkte 9 LP

<b>Zahlentheorie</b>				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
M.08.105.140	270 h	1	1	9 LP
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übungen: 20			
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen Tieferes Verständnis von Methoden der Zahlentheorie, die über den Stoff der Elementaren Zahlentheorie hinausgehen. Sicheres Beherrschen von theoretischen Methoden aus dem Bereich der Algebraischen Zahlentheorie. In der Praxis werden solide Kenntnisse aus der modernen algorithmischen Zahlentheorie an Hand von Beispielen und mittels Softwaretools erworben.			
4.	Inhalte <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kongruenzrechnung, Primitivwurzeln, Primzahltests</li> <li>• Diophantische Gleichungssysteme</li> <li>• Quadratische Reziprozität, Hasse Prinzip</li> <li>• P-adische Zahlen und Hilbertsymbole</li> <li>• Reelle Zahlen und Kettenbrüche, Pellsche 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>			
5.	Verwendbarkeit des Moduls MSc Physik			
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme Mathematik für Physiker			
7.	Zugangsvoraussetzung(en)			
8.	Leistungsüberprüfungen <i>8.1 Aktive Teilnahme</i> Erfolgreiche schriftliche Bearbeitung der Übungsaufgaben und mündliche Präsentation eigener Lösungen. <i>8.2 Studienleistung(en)</i>  <i>8.3 Modulprüfung</i> Mündliche Prüfung (20-30 Min.) oder Klausur (120 Min.).			
9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen 9/120			
10.	Häufigkeit des Angebots Jährlich			
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtliche Lehrende Modulbeauftragter ist der Studiengangsbeauftragte.			
12.	Sonstige Informationen Sprache: Deutsch			



Vertiefungsmodul Analysis				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe) M.08.105.650	Arbeitsaufwand (workload) 450 h	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan) 2	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan) 1	Leistungspunkte (LP) 15 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen a) Vorlesung „Vertiefung Analysis I“ b) Vorlesung „Vertiefung Analysis II“ c) Modulprüfung	Kontaktzeit 4 SWS/42 h 4 SWS/42 h	Selbststudium 138 h 138 h 90 h	Leistungspunkte 6 LP 6 LP
8.	Leistungsüberprüfungen <i>8.1 Aktive Teilnahme</i>  <i>8.2 Studienleistung(en)</i>  <i>8.3 Modulprüfung</i> Mündliche Prüfung (20-30 Min.)			
12.	Sonstige Informationen Sprache: Deutsch Weitere Details: siehe Modulhandbuch der Mathematik			

Funktionalanalysis				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe) M.08.105.560	Arbeitsaufwand (workload) 450 h	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan) 2	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan) 1	Leistungspunkte (LP) 15 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen a) Vorlesung „Funktionalanalysis II“ b) Vorlesung „Funktionalanalysis III“ c) Modulprüfung	Kontaktzeit 4 SWS/42 h 4 SWS/42 h	Selbststudium 138 h 138 h 90 h	Leistungspunkte 6 LP 6 LP
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übungen: 20			
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen Verständnis für und Kompetenz im Umgang mit abstrakten Begriffen, Methoden und weiterführenden Bereichen der Funktionalanalysis. Erfahrung mit der Einbettung konkreter Probleme in den funktionalanalytischen Begriffsrahmen und der Anwendung von entsprechenden abstrakten Methoden auf diese Probleme. Teamfähigkeit und Kommunikationsfähigkeit, insbesondere auch über die hier behandelten mathematischen Inhalte.			
4.	Inhalte Zu a): Dualitätstheorie von Banachräumen; Kompakte Operatoren und Fredholmoperatoren; Spektralsatz für beschränkte selbstadjungierte Operatoren; Funktionalkalkül und holomorphe Banachraum-wertige Funktionen; C*-Algebren und GNS-Darstellung. Zu b): Auswahl aus folgenden Themen: Variationsrechnung; Operatoralgebren; Topologische nichtlineare Analysis; Spektraltheorie auch für unbeschränkte Operatoren; Operatorhalbgruppen und Evolutionsgleichungen; Fourieroperatoren, Mikrolokale Analysis, Pseudodifferentialoperatoren; Topologische Algebren.			
5.	Verwendbarkeit des Moduls MSc Physik			
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme Funktionalanalysis I			
7.	Zugangsvoraussetzung(en)			

<b>Funktionalanalysis</b>				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
M.08.105.560	450 h	2	1	15 LP
8.	Leistungsüberprüfungen <i>8.1 Aktive Teilnahme</i> Erfolgreiche schriftliche Bearbeitung der Übungsaufgaben und mündliche Präsentation eigener Lösungen. <i>8.2 Studienleistung(en)</i>  <i>8.3 Modulprüfung</i> Mündliche Prüfung (20-30 Min.)			
9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen 15/120			
10.	Häufigkeit des Angebots Jährlich			
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtliche Lehrende Modulbeauftragter ist der Studiengangsbeauftragte.			
12.	Sonstige Informationen Sprache: Deutsch			

<b>Vertiefungsmodul Eichtheorie</b>					
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)	
M.08.105.625	450 h	2	1	15 LP	
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen a) Vorlesung „Eichtheorie I“ b) Vorlesung „Eichtheorie II“ c) Modulprüfung		Kontaktzeit 4 SWS/42 h 4 SWS/42 h 90 h	Selbststudium 138 h 138 h 90 h	Leistungspunkte 6 LP 6 LP
8.	Leistungsüberprüfungen <i>8.1 Aktive Teilnahme</i>  <i>8.2 Studienleistung(en)</i>  <i>8.3 Modulprüfung</i> Mündliche Prüfung (20-30 Min.)				
12.	Sonstige Informationen Sprache: Deutsch Weitere Details: siehe Modulhandbuch der Mathematik				

Grundlagen der numerischen Mathematik				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
M.08.105.070	360 h	1	1	12 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen Vorlesung mit Übung „Grundlagen der Numerik“ Vorlesung (WP) Übung (WP) Praktikum zur Grundlagen der Numerik	Kontaktzeit  4 SWS/42 h 2 SWS/21 h 2 SWS/21 h	Selbststudium 207 h  69 h	Leistungspunkte 9 LP  3 LP
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übungen: 20			
3.	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>			
4.	Inhalte 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 und einige Modellierungsbeispiele behandelt bzw. vorgestellt.</li> </ul>			
5.	Verwendbarkeit des Moduls BSc Physik			
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme Mathematik für Physiker 1 und 2			
7.	Zugangsvoraussetzung(en)			
8.	Leistungsüberprüfungen <i>8.1 Aktive Teilnahme</i> Erfolgreiche schriftliche Bearbeitung der Übungsaufgaben und mündliche Präsentation eigener Lösungen. <i>8.2 Studienleistung(en)</i>  <i>8.3 Modulprüfung</i> Mündliche Prüfung (20-30 Min.) oder Klausur (120 Min.).			
9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen 12/180			
10.	Häufigkeit des Angebots Jährlich			
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtliche Lehrende Modulbeauftragter ist der Studiengangsbeauftragte.			
12.	Sonstige Informationen Sprache: Deutsch			

Komplexe Differentialgeometrie					
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)		Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
M.08.105.540		450 h	2	1	15 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen a) Vorlesung „Komplexe Differentialgeometrie I“ b) Vorlesung „Komplexe Differentialgeometrie II“ c) Modulprüfung		Kontaktzeit 4 SWS/42 h  4 SWS/42 h	Selbststudium 138 h  138 h  90 h	Leistungspunkte 6 LP  6 LP
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übungen: 20				
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen Erwerb von fortgeschrittenen Kenntnissen in der Theorie der Kählermannigfaltigkeiten. Sicherer Umgang mit abstrakten Begriffen in den Bereichen Komplexe Analysis, Algebra und Topologie. Befähigung zur selbständigen wissenschaftlichen Arbeit.				
4.	Inhalte Zu a): Hodgetheorie, Theorie der Kählermannigfaltigkeiten, Kodairascher Einbettungssatz. Zu b): Auswahl aus folgenden Themen: Komplexe Vektorbündel; Hyperkählermannigfaltigkeiten; D-Moduln; Variation von gemischten Hodgestrukturen.				
5.	Verwendbarkeit des Moduls MSc Physik				
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme Algebraische Kurven und Riemannsche Flächen				
7.	Zugangsvoraussetzung(en)				
8.	Leistungsüberprüfungen <i>8.1 Aktive Teilnahme</i> Erfolgreiche schriftliche Bearbeitung der Übungsaufgaben und mündliche Präsentation eigener Lösungen. <i>8.2 Studienleistung(en)</i>  <i>8.3 Modulprüfung</i> Mündliche Prüfung (20-30 Min.)				
9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen 15/120				
10.	Häufigkeit des Angebots Jährlich				
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtliche Lehrende Modulbeauftragter ist der Studiengangsbeauftragte.				
12.	Sonstige Informationen Sprache: Deutsch				

## 4.6.5 Meteorologie

Atmosphärenmodellierung				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
M.08.110.520	420 h	2	1	14 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen a) Vorlesung mit Übung „Modellbildung“ (WP) Vorlesung (WP) Übung (WP) b) Vorlesung mit Übung „Anwendung von Modellen“ (WP) Vorlesung (WP) Übung (WP)	Kontaktzeit  3 SWS/31.5 h 2 SWS/21 h  3 SWS/31.5 h 2 SWS/21 h	Selbststudium 157.5 h  157.5 h	Leistungspunkte 7 LP  7 LP
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übung: 20			
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen <i>Modellbildung</i> Vertiefter Einblick in die mathematische Modellierung von Problemen in der Atmosphärenphysik; Aufbau von Grundwissen zu unterschiedlichen Methoden von verschiedenem Abstraktionsgrad; Kenntnis moderner Methoden, wie z.B. Multiskalenasymptotik  <i>Anwendung von Modellen</i> Überblick über die Verwendung von mathematischen Modellen in der Atmosphärenphysik; Kenntnis der Realisierung der Modelle sowie deren Anwendung zur wolkenphysikalischen Modellierung, zur Wettervorhersage und auch für Klimaprojektionen			
4.	Inhalte <i>Modellbildung</i> Grundlegende Konzepte der mathematischen Modellierung für Dynamik und Wolken; Grundlagen in dynamischen Systemen und Multiskalenasymptotik; Einführung in die Parametrisierung von subskaligen Prozessen/Hierarchie der Modelle  <i>Anwendung von Modellen</i> Einführung in die Numerik von atmosphärischen Modellen; Einführung in Konzepte der Datenassimilation; Einführung in das Thema Vorhersagbarkeit im Sinne von dynamischen Systemen			
5.	Verwendbarkeit des Moduls MSc Physik, MSc Meteorologie			
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme Bachelor in Meteorologie oder gleichwertige Qualifikation			
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 Min.) oder mündliche Prüfung (30 Min.)			
9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen 14/120			

<b>Atmosphärenmodellierung</b>				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
M.08.110.520	420 h	2	1	14 LP
10.	Häufigkeit des Angebots jährlich			
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtliche Lehrende Prof. Dr. Peter Spichtinger			
12.	Sonstige Informationen Sprache: Deutsch oder Englisch Weitere Details: siehe Modulhandbücher der Meteorologie			

<b>Atmosphärische Strahlung</b>				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
M.08.110.530	270 h	2	1	9 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen a) Vorlesung mit Übung „Theorie der Strahlung“ (WP) Vorlesung (WP) Übung (WP) b) Vorlesung „Angewandte Strahlung“ (WP)	Kontaktzeit  2 SWS/21 h 2 SWS/21 h 2 SWS/21 h	Selbststudium 138 h  69 h	Leistungspunkte 6 LP  3 LP
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übung: 20			
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen <i>Theorie der Strahlung</i> Es soll ein vertieftes Verständnis der Streutheorie und der Strahlungsübertragung vermittelt werden. Einige der behandelten Konzepte haben einen hohen Abstraktionsgrad, wodurch das abstrakte Denken gefördert werden soll. Die Studierenden sollen befähigt werden, wichtige physikalische Prozesse selbst zu beschreiben.  <i>Angewandte Strahlung</i> Die Studierenden sollen einen Überblick erhalten über die aktive und passive Fernerkundung von meteorologischen Größen, Spurenstoffverteilungen und Aerosol- bzw. Wolkenparametern. Es werden sowohl grundlegende Fragen (z.B. Informationsgehalt von Fernerkundungsmessungen) als auch praktische Anwendungen diskutiert. Schwerpunkt der Vorlesung sind satellitengebundene Methoden. Es werden aber auch Boden- bzw. Flugzeuggestützte Fernerkundungsverfahren erläutert.			
4.	Inhalte <i>Theorie der Strahlung</i> Grundlegende Definitionen; Die Wechselwirkung von Strahlung mit Materie, Streutheorie Die Strahlungsübertragungsgleichung  <i>Angewandte Strahlung</i> Überblick über Boden-, Flugzeug- und Satellitengestützte Messungen; passive und aktive Sensoren; Fernerkundung meteorologischer Parameter; Ableitung von Spurenstoffverteilungen, Aerosol- und Wolkeneigenschaften			
5.	Verwendbarkeit des Moduls MSc Physik, MSc Meteorologie			
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme Bachelor in Meteorologie oder gleichwertige Qualifikation			

Atmosphärische Strahlung				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe) M.08.110.530	Arbeitsaufwand (workload) 270 h	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan) 2	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan) 1	Leistungspunkte (LP) 9 LP
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 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 jährlich			
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtliche Lehrende Prof. Dr. Peter Spichtinger			
12.	Sonstige Informationen Sprache: Deutsch oder Englisch Literatur: <ul style="list-style-type: none"> <li>• The Remote Sensing of Tropospheric Composition from Space Burrows, John P.; Platt, Ulrich; Borrell, Peter (Eds.) Springer, 1st Edition., 2011, XV, 536 p. 130 illus. in color., Hard- cover, ISBN: 978-3-642-14790-6</li> <li>• Physik unserer Umwelt: Die Atmosphäre Roedel, Walter, Wagner, Thomas Springer, 4., überarb. u. aktualisierte Aufl., 2011, XI, 589 S. 180 Abb., Softcover, ISBN: 978-3-642-15728-8,</li> </ul> Weitere Details: siehe Modulhandbücher der Meteorologie			

Chemie der Atmosphäre und Spurenstoffdynamik				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
M.08.110.550	300 h	1	1	10 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen Vorlesung mit Übung „Chemie der Atmosphäre“ Vorlesung Übungen Vorlesung „Spurenstoffdynamik“	Kontaktzeit  3 SWS/31.5 h 2 SWS/21 h 2 SWS/21 h	Selbststudium 157.5 h  69 h	Leistungspunkte 7 LP  3 LP
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übungen: 20			
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen <i>Teil 1: Chemie der Atmosphäre:</i> Kenntnis der Grundlagen von chemischen Reaktionen in der Gasphase, photochemischen Reaktionen und heterogenen Reaktionen. Aufbau von Grundwissen zu relevanten chemischen Prozessen in der Troposphäre und Stratosphäre. Formulierung chemischer Prozesse für Verwendung in Klimamodellen, Wolkenmodellen und Chemie-Transport-Modellen. Verständnis des Zusammenhangs zwischen Meteorologie und Atmosphärenchemie.  <i>Teil 2: Spurenstoffdynamik:</i> Zusammenhang zwischen Spurenstoffverteilung und Dynamik auf verschiedenen Skalen; Verständnis der Zusammenhänge zwischen Lebensdauer und Verteilung von atmosphärischen Spurenstoffen; Kenntnis von Spurenstoffklimatologien, Verständnis der jeweiligen Faktoren, die die atmosphärische Verteilung bestimmen; Interpretation von Spurenstoffverteilungen aus verschiedenen Datensätzen (Modell, Satelliten- und in-situ- Daten); Erlernen Verschiedener Analyse- und Diagnostiktechniken.			
4.	Inhalte Die folgenden Themen werden behandelt: <i>Chemie der Atmosphäre</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Rolle chemischer Reaktionen in der Atmosphäre</li> <li>• Chemische Gesamtreaktion und Reaktionsmechanismus</li> <li>• Photochemische Vorgänge, Chapman Mechanismus und katalytische Reaktionszyklen</li> <li>• Stofffamilien: Konzept und atmosphärenrelevante Stoffgruppen</li> <li>• Kinetik heterogener Reaktionen: Wechselwirkung zwischen Aerosol, Wolkenteilchen und Gasphase</li> <li>• Chemische Phänomene in der Atmosphäre: Auswirkungen von Vulkaneruptionen, „Ozonloch“-Chemie, Auswirkungen des Luftverkehrs auf die Luftchemie, Urbane Luftverschmutzung</li> </ul> <i>Spurenstoffdynamik</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Spurenstoffe als Indikatoren für dynamische Prozesse;</li> <li>• Quellen, Senken und kontrollierende Faktoren der atmosphärischen Verteilung verschiedener Spurenstoffe;</li> <li>• Spurenstoffklimatologien in Troposphäre und Stratosphäre;</li> <li>• Fronten und Konvektion und deren Einfluss auf Spurenstoffverteilungen;</li> <li>• Ferntransport und Verschmutzung, stratosphärische Dynamik, Luftmassenalter, Stratosphären-Troposphärenaustausch;</li> <li>• Spurenstoffmessungen als Diagnostik für dynamische Prozesse (Spurenstoffkorrelationen verschiedenen langlebiger Tracer, Altersbestimmung in der Stratosphäre)</li> </ul>			
5.	Verwendbarkeit des Moduls MSc Physik, MSc Meteorologie			



<b>Chemie der Atmosphäre und Spurenstoffdynamik</b>				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
M.08.110.550	300 h	1	1	10 LP
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme Bachelor in Meteorologie oder vergleichbare Qualifikation			
7.	Zugangsvoraussetzung(en)			
8.	Leistungsüberprüfungen <i>8.1 Aktive Teilnahme</i>  <i>8.2 Studienleistung(en)</i>  <i>8.3 Modulprüfung</i> Klausur (90 min) oder mündliche Prüfung (30 min). Die erfolgreiche Bearbeitung der Übungsaufgaben ist eine Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung.			
9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen 10/120			
10.	Häufigkeit des Angebots Jährlich			
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtliche Lehrende Modulbeauftragte(r): Prof. Dr. Stephan Borrmann Lehrende: Alle Dozenten der Meteorologie sowie Lehrbeauftragte und Gastdozenten			
12.	Sonstige Informationen Sprache: Deutsch oder Englisch			

<b>Großräumige Atmosphärendynamik</b>				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
M.08.110.1060	330 h	2	1	11 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen Vorlesung mit Übung und Praktikum zur „Großräumige Atmosphärendynamik“ (WP) Vorlesung (WP) Übung (WP) Praktikum (WP)	Kontaktzeit  4 SWS/42 h 2 SWS/10.5 h 1 SWS/10.5 h	Selbststudium 256.5 h	Leistungspunkte 11 LP
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übung: 20			
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen Kenntnis der großskaligen Atmosphärendynamik als Grundlage für die synoptische Meteorologie, Fähigkeit die relevanten Gleichungen in einfachen Spezialfällen zu lösen, Kompetenz relevante wissenschaftliche Probleme zu erkennen und diese in der Diskussion darzustellen			
4.	Inhalte Barotrope Dynamik, quasi-geostrophisches Flachwassermodell, Primitive Gleichungen in Druckkoordinaten, Potentielle Vorticity, 3D quasi-geostrophische Theorie, Rossbywellen, Grundstrom-Welle-Wechselwirkung, Barokline Instabilität, Zyklognese, Frontogenese			
5.	Verwendbarkeit des Moduls MSc Physik, MSc Meteorologie			
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme Bachelor in Meteorologie oder gleichwertige Qualifikation			
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 Min.) oder mündliche Prüfung (30 Min.)			
9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen 11/120			
10.	Häufigkeit des Angebots jährlich			
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtliche Lehrende Prof. Dr. Volkmar Wirth			
12.	Sonstige Informationen Sprache: Deutsch oder Englisch Weitere Details: siehe Modulhandbücher der Meteorologie			

Grundlagen der Atmosphärenhydrodynamik				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
M.08.110.20031	300 h	1	4	10 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen Vorlesung mit Übung „Meteorologische Programmierung und Numerik“ Vorlesung Übungen	Kontaktzeit  4 SWS/42 h 3 SWS/31,5 h	Selbststudium 226,5 h	Leistungspunkte 10 LP
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übungen: 20			
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen Sie haben Kenntnisse der Grundlagen der Atmosphärendynamik und die Fähigkeit die zugrundeliegenden Gleichungen in einfachen Spezialfällen zu lösen sowie mit den relevanten Begrifflichkeiten umzugehen. Sie erlernen die Kompetenz die relevanten wissenschaftlichen Probleme der Atmosphärendynamik zu erkennen und in der Diskussion darzustellen.			
4.	Inhalte Die folgenden Themen werden behandelt: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erhaltungsgrößen, Bewegungsgleichungen der Atmosphärendynamik,</li> <li>• Abgeleitete Theoreme (Vorticity, Zirkulation, Bernoulli),</li> <li>• Flachwassermodell,</li> <li>• Atmosphärische Grenzschicht, Turbulenz,</li> <li>• Linearisierung, Wellenlösungen, Oberflächen- und interne Schwerewellen,</li> <li>• Instabilität</li> </ul>			
5.	Verwendbarkeit des Moduls BSc Physik, BSc Meteorologie			
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme Mathematik für Physiker 1, 2 und 3, Experimentalphysik 1 und 2, Theoretische Physik 1 und 2 sowie Einführung in die Meteorologie und Klimatologie			
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 90 Min) oder mündliche Prüfung (Umfang 30 min.). Die erfolgreiche Bearbeitung der Übungsaufgaben ist eine Voraussetzung für die Zulassung zur Klausur.			
9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen 10/180			
10.	Häufigkeit des Angebots Jedes Sommersemester			
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtliche Lehrende Modulbeauftragte(r): Prof. Dr. Volkmar Wirth Lehrende: Prof. Dr. Volkmar Wirth, Dr. Michael Riemer			
12.	Sonstige Informationen Literatur: Lehrbücher zur Atmosphärendynamik  Zur Vorlesung wird ein elektronisches Volltextskript zur Verfügung gestellt.			

## 4.6.6 Philosophie

Basismodul (historisch) - Philosophie der Neuzeit				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
M.05.127.061	150 h	1	1	5 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen a) Oberseminar: Philosophie der Neuzeit Modulprüfung	Kontaktzeit 2 SWS/21 h	Selbststudium 99 h 30 h	Leistungspunkte 4 LP 1 LP
2.	Gruppengrößen Oberseminar: bis zu 30			
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/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>			
4.	Inhalte Intensive Beschäftigung mit grundlegenden Fragen und Positionen der Geschichte der Philosophie. Besuch von Veranstaltungen aus der Philosophie der Neuzeit.			
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)  8.3 Modulprüfung Hausarbeit (8-10 Seiten) oder Referat (+ Ausarbeitung 5 Seiten) oder Klausur (90 Min.) oder mündl. Prüfung (20 Min.) in a)			
9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen 5/120			
10.	Häufigkeit des Angebots jedes Semester			

<b>Basismodul (historisch) - Philosophie der Neuzeit</b>				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
M.05.127.061	150 h	1	1	5 LP
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtliche 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 Kößler, Mitarbei- terInnen			
12.	Sonstige Informationen Sprache: Deutsch			

<b>Aufbaumodul (historisch) - Philosophie der Neuzeit</b>					
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)	
M.05.127.063	150 h	1	2	5 LP	
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen a) Oberseminar: Philosophie der Neuzeit Modulprüfung		Kontaktzeit 2 SWS/21 h	Selbststudium 99 h 30 h	Leistungspunkte 4 LP 1 LP
2.	Gruppengrößen Oberseminar: bis zu 30				
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/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>				
4.	Inhalte Vertiefende Beschäftigung mit Fragen und Positionen der Geschichte der Philosophie. Besuch von Veranstaltungen aus der Philosophie der Neuzeit.				
5.	Verwendbarkeit des Moduls MSc Physik				
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme				
7.	Zugangsvoraussetzung(en)				

<b>Aufbaumodul (historisch) - Philosophie der Neuzeit</b>				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
M.05.127.063	150 h	1	2	5 LP
8.	Leistungsüberprüfungen <i>8.1 Aktive Teilnahme</i>  <i>8.2 Studienleistung(en)</i>  <i>8.3 Modulprüfung</i> Hausarbeit (8-10 Seiten) oder Referat (+ Ausarbeitung 5 Seiten) oder Klausur (90 Min.) oder mündl. Prüfung (20 Min.) in a)			
9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen 5/120			
10.	Häufigkeit des Angebots jedes Semester			
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtliche 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 Köbler, MitarbeiterInnen			
12.	Sonstige Informationen Sprache: Deutsch			

<b>Vertiefungsmodul (historisch) - Philosophie der Neuzeit</b>				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
M.05.127.065	150 h	1	3	5 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen a) Oberseminar: Philosophie der Neuzeit Modulprüfung		Kontaktzeit 2 SWS/21 h  Selbststudium 99 h 30 h	Leistungspunkte 4 LP 1 LP
2.	Gruppengrößen Oberseminar: bis zu 30			
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen <ul style="list-style-type: none"> <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>• 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>• Stärkung interdisziplinärer Kompetenzen im selbstgewählten Forschungsschwerpunkt</li> </ul>			
4.	Inhalte Forschungsorientierte Beschäftigung mit Fragen und Positionen der Geschichte der Philosophie. Partizipation an Forschungsprojekten des Arbeitsbereiches. Besuch von Veranstaltungen aus der Philosophie der Neuzeit.			

Vertiefungsmodul (historisch) - Philosophie der Neuzeit				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe) M.05.127.065	Arbeitsaufwand (workload) 150 h	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan) 1	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan) 3	Leistungspunkte (LP) 5 LP
5.	Verwendbarkeit des Moduls MSc Physik			
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme			
7.	Zugangsvoraussetzung(en)			
8.	Leistungsüberprüfungen <i>8.1 Aktive Teilnahme</i>  <i>8.2 Studienleistung(en)</i>  <i>8.3 Modulprüfung</i> Hausarbeit (8-10 Seiten) oder Referat (+ Ausarbeitung 5 Seiten) oder Klausur (90 Min.) oder mündl. Prüfung (20 Min.) in a)			
9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen 5/120			
10.	Häufigkeit des Angebots jedes Semester			
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtliche 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, Mitarbei- terInnen			
12.	Sonstige Informationen Sprache: Deutsch			

### 4.6.7 Wirtschaftswissenschaften

Im Rahmen des Nebenfachs Wirtschaftswissenschaften kann einer der drei Bereiche „International Economics & Public Policy“, „Finance & Accounting“ und „Marketing, Management & Operations“ gewählt werden. In jedem Bereich sind zwei Module erfolgreich abzuschließen.

- Bereich 1: „International Economics & Public Policy“
  - International Trade
  - Mikroökonomie II
  - Öffentliche Finanzen
  - Wirtschaftspolitik
  - Intertemporale Optimierung
  - Mikroökonomie II
  - Exchange Rates
  - Makroökonomie II
  - Zeitreihenanalyse
- Bereich 2: „Finance & Accounting“
  - Rechnungslegung
  - Steuern
  - Finanzen
  - Controlling
  - Banken
  - Zeitreihenanalyse
- Bereich 3: „Marketing, Management & Operations“
  - Organisation
  - Wirtschaftsinformatik
  - Marketing
  - Logistikmanagement



International Trade				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
M.03.184.4140	180 h	1	1	6 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen a) Vorlesung: International Trade: Theory and Policy b) Übung: International Trade: Theory and Policy	Kontaktzeit 2 SWS/21 h  1 SWS/10,5 h	Selbststudium 99 h  49,5 h	Leistungspunkte 4 LP  2 LP
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übung: alle Modulteilnehmer			
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen Am Ende der Lehrveranstaltung sollen die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> <li>• die Grundzüge internationaler Handelsverflechtungen beschreiben und interpretieren können,</li> <li>• die wichtigsten Modelle zur Erklärung von Handelsströmen und Wohlfahrtseffekten von Handelsliberalisierung kennen und vergleichen sowie ihre empirische Relevanz einschätzen können,</li> <li>• in der Lage sein, Fragen aktueller Handelspolitik auf Basis theoretisch fundierter Argumente zu diskutieren und die Effekte verschiedener Politikmaßnahmen mit Hilfe geeigneter Methoden zu beurteilen und</li> <li>• die Rolle institutioneller Rahmenbedingungen internationaler Handelsbeziehungen bewerten können.</li> </ul>			
4.	Inhalte Die Veranstaltung gibt einen Überblick über internationale Handelsbeziehungen und Handelspolitiken. Sie umfasst eine Einführung in die gängigen Handelstheorien, die zur Erklärung von Welthandelsströmen und zur Analyse der Wohlfahrtskonsequenzen von Handelsliberalisierung herangezogen werden. Dabei werden sowohl klassische Modelle des vollkommenen Wettbewerbs wie auch neuere Ansätze mit unvollständigem Wettbewerb behandelt. Die Theorie wird um empirische Anwendungen und aktuelle Beispiele ergänzt. Darüber hinaus werden die institutionellen Rahmenbedingungen von Handelspolitik erläutert, sowie geeignete Methoden zur Beurteilung verschiedener Handelspolitiken vorgestellt. Die in der Vorlesung entwickelten Konzepte werden im Rahmen der Übung vertieft und auf konkrete Beispiele angewendet.			
5.	Verwendbarkeit des Moduls M.Sc. Physik			
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme Empfohlene Module und Kenntnisse: Mikroökonomie I und II			
7.	Zugangsvoraussetzung(en)			
8.	Leistungsüberprüfungen <i>8.1 Aktive Teilnahme</i>  <i>8.2 Studienleistung(en)</i>  <i>8.3 Modulprüfung</i> Klausur (60 min)			
9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen 6/120			
10.	Häufigkeit des Angebots Wintersemester			
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtliche Lehrende Modulbeauftragter: Prof. Dr. Philipp Harms Lehrende: JProf. Dr. Konstantin Wacker			

<b>International Trade</b>				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe) M.03.184.4140	Arbeitsaufwand (workload) 180 h	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan) 1	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan) 1	Leistungspunkte (LP) 6 LP
12.	Sonstige Informationen Sprache: Englisch			

<b>Mikroökonomie II</b>				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe) M.03.184.4105	Arbeitsaufwand (workload) 180 h	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan) 1	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan) 1	Leistungspunkte (LP) 6 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen a) Vorlesung: Mikroökonomie II b) Übung: Mikroökonomie II	Kontaktzeit 2 SWS/21 h 1 SWS/10,5 h	Selbststudium 99 h 49,5 h	Leistungspunkte 4 LP 2 LP
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übung: alle Modulteilnehmer			
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen Die Lernenden sollen in der Lage sein <ul style="list-style-type: none"> <li>• Allokationen von Gütern bezüglich ihrer Wohlfahrtswirkung zu diskutieren,</li> <li>• die Phänomene adverse Selektion und Moral Hazard nachzuvollziehen und in neuen Situationen zu erkennen,</li> <li>• die Auswirkungen von asymmetrischer Information auf Marktgleichgewichte und die Wohlfahrt zu analysieren und</li> <li>• Analysen anhand von mikroökonomischen Modellen zu verstehen.</li> </ul>			
4.	Inhalte Zunächst wird anhand der allgemeinen Gleichgewichtstheorie hergeleitet, dass die Organisation von wirtschaftlichen Interaktionen durch Märkte unter bestimmten Bedingungen zu effizienten Allokationen führt. Im Anschluss werden Situationen betrachtet, in denen dieses Ergebnis aufgrund von Marktversagen zusammenbricht. Hierbei werden vor allem Fälle analysiert, in denen wichtige Informationen (z.B. über die Qualität von Gütern oder das Verhalten von Arbeitnehmern) asymmetrisch zwischen den Marktteilnehmern verteilt sind.			
5.	Verwendbarkeit des Moduls M.Sc. Physik			
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme Empfohlene Module und Kenntnisse: Mikroökonomie I			
7.	Zugangsvoraussetzung(en)			
8.	Leistungsüberprüfungen <i>8.1 Aktive Teilnahme</i>  <i>8.2 Studienleistung(en)</i>  <i>8.3 Modulprüfung</i> Klausur (60 min)			
9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen 6/120			
10.	Häufigkeit des Angebots Wintersemester			

<b>Mikroökonomie II</b>				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
M.03.184.4105	180 h	1	1	6 LP
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtliche Lehrende Modulbeauftragter: JProf. Dr. Wondratschek Lehrende: JProf. Dr. Wondratschek			
12.	Sonstige Informationen Sprache: Deutsch			

<b>Öffentliche Finanzen</b>					
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)	
M.03.184.4115	180 h	1	1	6 LP	
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen a) Vorlesung: Öffentliche Finanzen b) Übung: Öffentliche Finanzen		Kontaktzeit 2 SWS/21 h 1 SWS/10,5 h	Selbststudium 99 h 49,5 h	Leistungspunkte 4 LP 2 LP
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übung: alle Modulteilnehmer				
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen Im Rahmen dieser Veranstaltung werden die Studierenden vertieft mit der Rolle des Staates in der Marktwirtschaft vertraut gemacht. Sie sollen Wirkungen der staatlichen Aktivität verbal als auch formal-quantitativ analysieren und diskutieren können, ebenso die Rolle der Sozialversicherungsträger. Darüber hinaus wird den Studierenden ein grundlegendes Verständnis empirischer Daten zu Längsschnitt- und Querschnittvergleiche staatlicher Aktivität vermittelt, um sie zu befähigen, auf dieser Basis eigenständige empirische Analysen zu entwickeln und zu wirtschaftspolitischen Empfehlungen zu kommen.				
4.	Inhalte <ul style="list-style-type: none"> <li>• Öffentliche Güter und externe Effekte,</li> <li>• Unvollständige Information und natürlich Monopole,</li> <li>• Effizienz und Gerechtigkeit und</li> <li>• Grundlagen der Besteuerung und der Sozialversicherung.</li> </ul>				
5.	Verwendbarkeit des Moduls M.Sc. Physik				
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme				
7.	Zugangsvoraussetzung(en)				
8.	Leistungsüberprüfungen 8.1 Aktive Teilnahme  8.2 Studienleistung(en)  8.3 Modulprüfung Klausur (60 min)				
9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen 6/120				
10.	Häufigkeit des Angebots Wintersemester				

Öffentliche Finanzen				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe) M.03.184.4115	Arbeitsaufwand (workload) 180 h	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan) 1	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan) 1	Leistungspunkte (LP) 6 LP
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtliche Lehrende Modulbeauftragter: Prof. Dr. Daniel Schunk			
12.	Sonstige Informationen Sprache: Deutsch			

Wirtschaftspolitik				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe) M.03.184.4120	Arbeitsaufwand (workload) 180 h	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan) 1	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan) 1	Leistungspunkte (LP) 6 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen a) Vorlesung: Wirtschaftspolitik b) Übung: Wirtschaftspolitik	Kontaktzeit 2 SWS/21 h 1 SWS/10,5 h	Selbststudium 99 h 49,5 h	Leistungspunkte 4 LP 2 LP
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übung: alle Modulteilnehmer			
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen Nach Abschluss dieses Moduls sind die Studierenden in der Lage <ul style="list-style-type: none"> <li>• die vorhandenen Kenntnisse in Mikro- und Makroökonomie auf aktuelle wirtschaftspolitische Themen anzuwenden,</li> <li>• aktuelle, grundlegende wirtschafts- bzw. finanzpolitische Fragestellungen zu verstehen und ökonomisch fundiert darüber zu diskutieren,</li> <li>• unterschiedliche theoretische Modelle im Licht der aktuellen weltwirtschaftlichen Situation zu identifizieren und zu analysieren und</li> <li>• Auswirkungen der regionalen Unterschiede und multilateralen Vereinbarungen auf die internationale Integration und deren Wechselwirkungen zu bestimmen und einer kritischen Bewertung zu unterziehen.</li> </ul>			
4.	Inhalte Aktuelle wirtschaftspolitische Themen mit dem Schwerpunkt auf Internationale Makroökonomie. In Anbetracht der weltweiten Finanzkrise stehen im Mittelpunkt der Veranstaltung <ul style="list-style-type: none"> <li>• die Erklärung dieser Krise,</li> <li>• die Untersuchung der zugrundeliegenden Ursachen,</li> <li>• die Analyse des Krisenmanagements sowie</li> <li>• die dazugehörige Diskussion der Konsequenzen für die internationale Finanzarchitektur.</li> </ul>			
5.	Verwendbarkeit des Moduls M.Sc. Physik			
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme Grundlagen in Makro- und Mikroökonomie sowie in Finanzwissenschaften			
7.	Zugangsvoraussetzung(en)			
8.	Leistungsüberprüfungen 8.1 Aktive Teilnahme  8.2 Studienleistung(en)  8.3 Modulprüfung Klausur (60 min)			

<b>Wirtschaftspolitik</b>				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
M.03.184.4120	180 h	1	1	6 LP
9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen 6/120			
10.	Häufigkeit des Angebots Wintersemester			
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtliche Lehrende Jun.-Prof. Dr. Iryna Stewen			
12.	Sonstige Informationen Sprache: Deutsch			

<b>Intertemporale Optimierung</b>					
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)	
M.03.184.4145	180 h	1	1	6 LP	
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen a) Vorlesung: Intertemporale Optimierung b) Übung: Intertemporale Optimierung		Kontaktzeit 2 SWS/21 h 1 SWS/10,5 h	Selbststudium 99 h 49,5 h	Leistungspunkte 4 LP 2 LP
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übung: alle Modulteilnehmer				
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen Die Studierenden sollen mit intertemporalen Optimierungsmethoden vertraut gemacht werden. Es werden anhand angewandter ökonomischer Beispiele Verfahren vorgestellt, welche die Lösung von deterministischen intertemporalen Optimierungsproblemen in diskreter und stetiger Zeit ermöglichen.				
4.	Inhalte <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diskrete Zwei-Perioden Modelle und Differenzgleichungen</li> <li>• Diskrete Mehr-Perioden Modelle</li> <li>• Differentialgleichungen</li> <li>• Stetige intertemporale Modelle mit endlichen und unendlichen Zeithorizont</li> </ul> 5. Dynamische Programmierung im stetigen Zeitrahmen				
5.	Verwendbarkeit des Moduls M.Sc. Physik				
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme				
7.	Zugangsvoraussetzung(en)				
8.	Leistungsüberprüfungen 8.1 Aktive Teilnahme  8.2 Studienleistung(en)  8.3 Modulprüfung Klausur (60 min)				
9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen 6/120				

<b>Intertemporale Optimierung</b>				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
M.03.184.4145	180 h	1	1	6 LP
10.	Häufigkeit des Angebots Wintersemester			
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtliche Lehrende Prof. Dr. Klaus Wälde			
12.	Sonstige Informationen Sprache: Deutsch			

<b>Mikroökonomie</b>				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
M.03.184.4405	180 h	1	1	6 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen a) Vorlesung: Mikroökonomie b) Übung: Mikroökonomie	Kontaktzeit 2 SWS/21 h 1 SWS/10,5 h	Selbststudium 99 h 49,5 h	Leistungspunkte 4 LP 2 LP
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übung: alle Modulteilnehmer			
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen Solide Kenntnis über häufig verwendete mikroökonomische statistische Methoden und Verständnis über deren Anwendungsmöglichkeiten.			
4.	Inhalte Die Veranstaltung bietet eine Einführung in die ökonomische Analyse von Individualdaten (Daten über Individuen, Haushalte, Firmen o.ä.) an Hand einer Auswahl von häufig verwendeten statistischen Methoden. Behandelte statistische Methoden sind unter anderem Methoden für die Analyse von Panel-Daten und Regressionen mit binären und kategorischen abhängigen Variablen. Diese Methoden finden ein breites Anwendungsgebiet, z.B. Gesundheits-, Bildungs-, Arbeitsmarkt- und Industrieökonomie, und Marketing (Analyse von Käuferverhalten und Kundenzufriedenheit). In diesem Kurs lernen die Studenten nicht nur die Theorie der Methoden, sondern sammeln auch Erfahrungen im Lesen von wissenschaftlichen Artikeln und im Umgang mit statistischen Analysen unter Verwendung des Programmes Stata.			
5.	Verwendbarkeit des Moduls M.Sc. Physik			
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme Statistik I und II sowie Empirische Wirtschaftsforschung			
7.	Zugangsvoraussetzung(en)			
8.	Leistungsüberprüfungen <i>8.1 Aktive Teilnahme</i>  <i>8.2 Studienleistung(en)</i>  <i>8.3 Modulprüfung</i> Klausur (60 min)			
9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen 6/120			

<b>Mikroökometrie</b>				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe) M.03.184.4405	Arbeitsaufwand (workload) 180 h	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan) 1	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan) 1	Leistungspunkte (LP) 6 LP
10.	Häufigkeit des Angebots Wintersemester			
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtliche Lehrende Prof. Dr. Reyn van Ewijk			
12.	Sonstige Informationen Sprache: Englisch			

<b>Exchange Rates and International Capital Markets</b>				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe) M.03.184.4125	Arbeitsaufwand (workload) 180 h	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan) 1	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan) 1	Leistungspunkte (LP) 6 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen a) Vorlesung: Exchange Rates and International Capital Markets b) Übung: Exchange Rates and International Capital Markets	Kontaktzeit 2 SWS/21 h  1 SWS/10,5 h	Selbststudium 99 h  49,5 h	Leistungspunkte 4 LP  2 LP
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übung: alle Modulteilnehmer			
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen Nach dem erfolgreichen Absolvieren der Veranstaltung sollen die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> <li>• das Geschehen an internationalen Kapital- und Devisenmärkten verstehen und die Auswirkungen geldpolitischer, fiskalpolitischer und regulatorischer Veränderungen einschätzen können,</li> <li>• die Grundprinzipien bei der Erstellung von Zahlungsbilanzstatistiken kennen und in der Lage sein, die Höhe und Zusammensetzung von Leistungs- und Kapitalbilanzsalden zu interpretieren,</li> <li>• mit verschiedenen Wechselkurskonzepten vertraut sein und die Bedeutung von Markterwartungen für die Schwankungen von Wechselkursen verstehen,</li> <li>• die wichtigsten Quellen von Zahlungsbilanz- und Wechselkursdaten kennen und in der Lage sein, solche Daten in anschaulicher Form zu präsentieren und zu interpretieren,</li> <li>• die grundlegenden Methoden bei der Analyse einfacher dynamischer Modelle beherrschen.</li> </ul>			
4.	Inhalte Die Vorlesung beginnt mit einer Einführung in die Prinzipien der Zahlungsbilanzstatistik, bei der die vorgestellten Konzepte stets anhand aktueller Daten veranschaulicht werden. Anschließend wird das Grundmodell des intertemporalen Handels vorgestellt, das Bewegungen in der Leistungsbilanz auf Spar- und Investitionsentscheidungen zurückführt. In diesem Rahmen wird analysiert, wie sich das Budgetdefizit des Staates auf die Leistungsbilanz auswirkt, und es werden Finanzmarktperfektionen in Form von Default-Risiken diskutiert. Im zweiten Teil der Vorlesung werden verschiedene Wechselkurskonzepte (bilateral vs. effektiv, nominal vs. real, Kassa- vs. Termin) eingeführt, es wird gezeigt, welche Rolle die Erwartungen der Akteure bei der Preisbildung an Devisenmärkten spielen, und die Theorie der Kaufkraftparität sowie deren Nutzung bei der Identifikation von Über- bzw. Unterbewertung von Währungen werden vorgestellt. Im letzten Teil der Vorlesung wird beschrieben, welche Auswirkungen geld- und fiskalpolitische Schocks in offenen Volkswirtschaften haben, und welche Rolle dabei das Wechselkursregime spielt.			
5.	Verwendbarkeit des Moduls M.Sc. Physik			
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme Einführung in die Volkswirtschaftslehre, Mikroökonomik I und Makroökonomik I			

Exchange Rates and International Capital Markets				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe) M.03.184.4125	Arbeitsaufwand (workload) 180 h	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan) 1	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan) 1	Leistungspunkte (LP) 6 LP
7.	Zugangsvoraussetzung(en)			
8.	Leistungsüberprüfungen <i>8.1 Aktive Teilnahme</i>  <i>8.2 Studienleistung(en)</i>  <i>8.3 Modulprüfung</i> <b>Klausur (60 min)</b>			
9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen 6/120			
10.	Häufigkeit des Angebots Sommersemester			
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtliche Lehrende Prof. Dr. Philipp Harms			
12.	Sonstige Informationen Sprache: Englisch			

Makroökonomie II				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe) M.03.184.4110	Arbeitsaufwand (workload) 180 h	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan) 1	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan) 1	Leistungspunkte (LP) 6 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen a) Vorlesung: Makroökonomie II b) Übung: Makroökonomie II	Kontaktzeit 2 SWS/21 h 1 SWS/10,5 h	Selbststudium 99 h 49,5 h	Leistungspunkte 4 LP 2 LP
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übung: alle Modulteilnehmer			
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen Die Studierenden sollen nach Absolvierung der Lehrveranstaltungen in der Lage sein, <ul style="list-style-type: none"> <li>• fortgeschrittene makroökonomische Methoden zu beherrschen,</li> <li>• mit Hilfe dieser Methoden makroökonomische Interdependenzen zu identifizieren,</li> <li>• grundlegende intertemporale Gleichgewichtsmodelle anwenden zu können und</li> <li>• fortgeschrittene Lösungsalternativen für aktuelle makroökonomische Fragestellungen diskutieren zu können.</li> </ul>			
4.	Inhalte Die Veranstaltung bietet eine Einführung in mikroökonomisch fundierte, intertemporale Gleichgewichtsmodelle. Es wird Wert auf verhaltensökonomische Sichtweisen von Entscheidungsprozessen gelegt. Varianten dieser Modelle werden zur Analyse ausgewählter Fragen aus den Gebieten der Konjunktur- und Wachstumstheorie herangezogen.			
5.	Verwendbarkeit des Moduls M.Sc. Physik			
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme Mikroökonomie I, Mathematische Methoden und Makroökonomie I			
7.	Zugangsvoraussetzung(en)			



<b>Makroökonomie II</b>				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
M.03.184.4110	180 h	1	1	6 LP
8.	Leistungsüberprüfungen <i>8.1 Aktive Teilnahme</i>  <i>8.2 Studienleistung(en)</i>  <i>8.3 Modulprüfung</i> Klausur (60 min)			
9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen 6/120			
10.	Häufigkeit des Angebots Sommersemester			
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtliche Lehrende Prof. Dr. Klaus Wälde			
12.	Sonstige Informationen Sprache: Englisch			

<b>Zeitreihenanalyse</b>					
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)	
M.03.184.4410	180 h	1	1	6 LP	
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen a) Vorlesung: Zeitreihenanalyse b) Übung: Zeitreihenanalyse		Kontaktzeit 2 SWS/21 h 1 SWS/10,5 h	Selbststudium 99 h 49,5 h	Leistungspunkte 4 LP 2 LP
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übung: alle Modulteilnehmer				
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen Die Studierenden sollen nach Absolvierung der Veranstaltung in der Lage sein, <ul style="list-style-type: none"> <li>• die vorgestellten Methoden auf gegebene Fragestellungen anzuwenden und deren Resultate sicher interpretieren zu können,</li> <li>• Methoden zur Beantwortung eigener Fragestellungen auswählen zu können,</li> <li>• und Mängel bzw. Restriktionen der Methoden angemessen zu berücksichtigen.</li> </ul> Darüber hinaus sollen die Studierenden Selbstbewusstsein bzgl. quantitativer Methoden und deren Umsetzung am PC entwickeln und das Fach als Werkzeug empirischer Forschung verstehen lernen.				
4.	Inhalte In der Veranstaltung werden Methoden zur statistischen Analyse und Modellierung zeitlich geordneter Daten (z.B.: Jahres-, Quartals-, Tagesdaten) vorgestellt und in entsprechenden Übungen angewendet. Zu Beginn werden Methoden der deskriptiven Statistik zur Beschreibung von Zeitreihendaten erweitert und vertieft. Hierzu zählen die grafische Darstellung und Charakterisierung von Zeitreihendaten, das Exponentielle Glätten und die Komponentenzerlegung. Im Folgenden werden stochastische Zeitreihenmodelle vorgestellt, die für eine Vielzahl von Aufgabenstellungen eingesetzt werden können. Für den Fall univariater und vektorieller stochastischer Prozesse werden Methoden zur Identifikation, Schätzung, Diagnose und Prognose vorgestellt. Des Weiteren werden Saisonalität, nicht-stationäre Prozesse, Kointegration und Autoregressive Konditionale Heteroskedastie (ARCH) behandelt.				

<b>Zeitreihenanalyse</b>				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
M.03.184.4410	180 h	1	1	6 LP
5.	Verwendbarkeit des Moduls M.Sc. Physik			
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme Statistik I und Statistik II werden empfohlen			
7.	Zugangsvoraussetzung(en)			
8.	Leistungsüberprüfungen <i>8.1 Aktive Teilnahme</i>  <i>8.2 Studienleistung(en)</i>  <i>8.3 Modulprüfung</i> Klausur (60 min)			
9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen 6/120			
10.	Häufigkeit des Angebots Sommersemester			
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtliche Lehrende Modulbeauftragter: N.N. Lehrender: Dr. Constantin Weiser			
12.	Sonstige Informationen Sprache: Deutsch			

Rechnungslegung nach HGB				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
M.03.184.4205	180 h	1	1	6 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen a) Vorlesung: Rechnungslegung nach HGB b) Übung: Rechnungslegung nach HGB	Kontaktzeit 2 SWS/21 h 1 SWS/10,5 h	Selbststudium 99 h 49,5 h	Leistungspunkte 4 LP 2 LP
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übung: alle Modulteilnehmer			
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen Am Ende der Lehrveranstaltung sollen die Studierenden die Fähigkeiten besitzen <ul style="list-style-type: none"> <li>• die Rechnungslegung nach HGB in das System des betrieblichen Rechnungswesens einzuordnen und Zusammenhänge mit anderen Teilrechnungen zu erkennen,</li> <li>• einen Jahresabschluss nach HGB aufzustellen,</li> <li>• einen Jahresabschluss nach HGB zu analysieren und</li> <li>• unbestimmte handelsrechtliche Rechnungslegungsvorschriften auszulegen.</li> </ul>			
4.	Inhalte <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Rechnungslegung nach HGB im System des betrieblichen Rechnungswesens,</li> <li>• Zwecke der Rechnungslegung nach HGB,</li> <li>• Abschlusspflichten,</li> <li>• Internationalisierung der Rechnungslegung,</li> <li>• Verbindung von Handels- und Steuerbilanz,</li> <li>• Handelsrechtliche Grundsätze der Vermögens- und Gewinnermittlung,</li> <li>• Ansatz-, Bewertungs- und Ausweisregelungen sowie</li> <li>• Anhang und Lagebericht.</li> </ul>			
5.	Verwendbarkeit des Moduls M.Sc. Physik			
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme Externes Rechnungswesen			
7.	Zugangsvoraussetzung(en)			
8.	Leistungsüberprüfungen <i>8.1 Aktive Teilnahme</i>  <i>8.2 Studienleistung(en)</i>  <i>8.3 Modulprüfung</i> Klausur (60 min)			
9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen 6/120			
10.	Häufigkeit des Angebots Wintersemester			
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtliche Lehrende Prof. Dr. Stefan Rammert			
12.	Sonstige Informationen Sprache: Deutsch			

<b>Steuern</b>				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe) M.03.184.4210	Arbeitsaufwand (workload) 180 h	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan) 1	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan) 1	Leistungspunkte (LP) 6 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen a) Vorlesung: Steuern b) Übung: Steuern	Kontaktzeit 2 SWS/21 h 1 SWS/10,5 h	Selbststudium 99 h 49,5 h	Leistungspunkte 4 LP 2 LP
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übung: alle Modulteilnehmer			
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen Studierende sollen nach Absolvierung der Lehrveranstaltungen in der Lage sein <ul style="list-style-type: none"> <li>• verschiedene Sachverhalte anhand der Steuergesetze steuerlich zu beurteilen,</li> <li>• die Besteuerung der natürlichen Personen systematisch darzustellen, 'item die körperschaftsteuerliche Belastung bei Kapitalgesellschaften zu berechnen,</li> <li>• die gewerbsteuerliche Belastung eines Unternehmens zu ermitteln und</li> <li>• Grundkenntnisse der Aufstellung einer Steuerbilanz zu beherrschen.</li> </ul>			
4.	Inhalte Systematische Darstellung des deutschen Steuerrechts.			
5.	Verwendbarkeit des Moduls M.Sc. Physik			
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme			
7.	Zugangsvoraussetzung(en)			
8.	Leistungsüberprüfungen <i>8.1 Aktive Teilnahme</i>  <i>8.2 Studienleistung(en)</i>  <i>8.3 Modulprüfung</i> Klausur (60 min)			
9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen 6/120			
10.	Häufigkeit des Angebots Wintersemester			
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtliche Lehrende Prof. Dr. Roland Euler			
12.	Sonstige Informationen Sprache: Deutsch			

<b>Finanzierung</b>				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
M.03.184.4220	180 h	1	1	6 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen a) Vorlesung: Finanzierung b) Übung: Finanzierung	Kontaktzeit 2 SWS/21 h 1 SWS/10,5 h	Selbststudium 99 h 49,5 h	Leistungspunkte 4 LP 2 LP
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übung: alle Modulteilnehmer			
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> <li>• vertiefen ihr finanzwirtschaftliches Grundwissen</li> <li>• erlernen finanzwirtschaftliche Auswahl- und Bewertungsmodelle bei unsicheren Investitionen</li> </ul> Die Studierenden sollten nach der erfolgreichen Beendigung dieses Moduls in der Lage sein, finanzwirtschaftliche Auswahl- und Bewertungsprobleme <ul style="list-style-type: none"> <li>• zu erkennen</li> <li>• zu formulieren</li> <li>• zu lösen</li> </ul>			
4.	Inhalte <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sensitivitätsanalyse von Barwerten</li> <li>• Optimale Portefeuilleauswahl</li> <li>• Preisbildung an Finanzmärkten</li> <li>• Kapitalkosten für Realinvestitionen</li> </ul>			
5.	Verwendbarkeit des Moduls M.Sc. Physik			
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme			
7.	Zugangsvoraussetzung(en)			
8.	Leistungsüberprüfungen <i>8.1 Aktive Teilnahme</i>  <i>8.2 Studienleistung(en)</i>  <i>8.3 Modulprüfung</i> Klausur (60 min)			
9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen 6/120			
10.	Häufigkeit des Angebots Wintersemester			
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtliche Lehrende Prof. Dr. Siegfried Trautmann			
12.	Sonstige Informationen Sprache: Deutsch			

<b>Controlling</b>					
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe) M.03.184.4215		Arbeitsaufwand (workload) 180 h	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan) 1	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan) 1	Leistungspunkte (LP) 6 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen a) Vorlesung: Controlling b) Übung: Controlling		Kontaktzeit 2 SWS/21 h 1 SWS/10,5 h	Selbststudium 99 h 49,5 h	Leistungspunkte 4 LP 2 LP
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übung: alle Modulteilnehmer				
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen Durch die erfolgreiche Beendigung dieses Moduls, <ul style="list-style-type: none"> <li>• verfügt der bzw. die Studierende über grundlegende Kenntnisse des Controlling als eigenständiges Führungsteilsystem der Unternehmung,</li> <li>• kennt die Aufgaben und Instrumente des Controlling,</li> <li>• besitzt ein theoretisches Verständnis über entsprechende Koordinationsinstrumente und</li> <li>• kann entsprechende Verfahren/Methoden wie beispielsweise Verrechnungspreis- und Budgetierungssysteme praktisch anwenden.</li> </ul>				
4.	Inhalte <ul style="list-style-type: none"> <li>• Theoretische Grundlagen des Controlling,</li> <li>• Erfolgsrechnung,</li> <li>• Budgetsysteme,</li> <li>• Wahrheitsgemäße Berichterstattung,</li> <li>• Kennzahlensysteme und</li> <li>• Verrechnungspreise.</li> </ul>				
5.	Verwendbarkeit des Moduls M.Sc. Physik				
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme				
7.	Zugangsvoraussetzung(en)				
8.	Leistungsüberprüfungen <i>8.1 Aktive Teilnahme</i>  <i>8.2 Studienleistung(en)</i>  <i>8.3 Modulprüfung</i> Klausur (60 min)				
9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen 6/120				
10.	Häufigkeit des Angebots Sommersemester				
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtliche Lehrende Prof. Dr. Louis Velthuis				
12.	Sonstige Informationen Sprache: Deutsch				

<b>Banken</b>				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
M.03.184.4225	180 h	1	1	6 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen a) Vorlesung: Banken b) Übung: Banken	Kontaktzeit 2 SWS/21 h 1 SWS/10,5 h	Selbststudium 99 h 49,5 h	Leistungspunkte 4 LP 2 LP
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übung: alle Modulteilnehmer			
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> <li>• erlernen die Struktur des deutschen Bankensystems, wesentliche Finanzprodukte und Regulierung,</li> <li>• verstehen die ökonomischen Grundlagen des Bankensektors,</li> <li>• entwickeln Finanzintuition,</li> <li>• üben quantitative Finanzanalysen und</li> <li>• werden in die Lage versetzt, grundlegende Bewertungen und Finanzanalysen durchzuführen.</li> </ul>			
4.	Inhalte <ul style="list-style-type: none"> <li>• Struktur des deutschen Bankensystems,</li> <li>• Zinsgeschäfte,</li> <li>• Termingeschäfte und</li> <li>• Regulierung.</li> </ul>			
5.	Verwendbarkeit des Moduls M.Sc. Physik			
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme Finanzwirtschaft und Finanzen			
7.	Zugangsvoraussetzung(en)			
8.	Leistungsüberprüfungen 8.1 Aktive Teilnahme  8.2 Studienleistung(en)  8.3 Modulprüfung Klausur (60 min)			
9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen 6/120			
10.	Häufigkeit des Angebots Sommersemester			
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtliche Lehrende Prof. Dr. Dietmar Leisen			
12.	Sonstige Informationen Sprache: Deutsch			

Organisation					
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe) M.03.184.4310		Arbeitsaufwand (workload) 180 h	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan) 1	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan) 1	Leistungspunkte (LP) 6 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen a) Vorlesung: Organisation b) Übung: Organisation		Kontaktzeit 2 SWS/21 h 1 SWS/10,5 h	Selbststudium 99 h 49,5 h	Leistungspunkte 4 LP 2 LP
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übung: alle Modulteilnehmer				
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen Ziel der Veranstaltung ist die Vermittlung theoretisch fundierter Kenntnisse und praxisnaher Problemlösungen auf dem Gebiet der Unternehmensorganisation. Auf der Grundlage zentraler Organisationstheorien sollen die Teilnehmer Organisationsprobleme identifizieren, analysieren, strukturieren und mögliche Gestaltungsansätze im Hinblick auf die Aufbau- und Ablauforganisation oder personalwirtschaftliche Praktiken einordnen können. Im Sinne eines kontingenztheoretischen Verständnisses soll deutlich gemacht werden, dass die Wirkung organisatorischer Lösungen kontextabhängig ist und der planmäßigen Organisationsentwicklung Grenzen gesetzt sind.				
4.	Inhalte <ul style="list-style-type: none"> <li>• Merkmale von Organisationen,</li> <li>• Organisationstheorien wie etwa Klassische Ansätze, Verhaltenswissenschaftliche Theorien, Neue Institutionenökonomik, Evolutionstheoretische Ansätze und Neo-Institutionalismus,</li> <li>• Organisationsgestaltung wie etwa Aufbau- und Ablauforganisation sowie</li> <li>• Wandel von Organisationen wie etwa Organisationsentwicklung und Organisationales Lernen.</li> </ul>				
5.	Verwendbarkeit des Moduls M.Sc. Physik				
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme Unternehmensführung				
7.	Zugangsvoraussetzung(en)				
8.	Leistungsüberprüfungen <i>8.1 Aktive Teilnahme</i>  <i>8.2 Studienleistung(en)</i>  <i>8.3 Modulprüfung</i> Klausur (60 min)				
9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen 6/120				
10.	Häufigkeit des Angebots Wintersemester				
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtliche Lehrende Prof. Dr. Erk Piening				
12.	Sonstige Informationen Sprache: Deutsch				



<b>Wirtschaftsinformatik</b>				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
M.03.184.4320	180 h	1	1	6 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen a) Vorlesung: Wirtschaftsinformatik b) Übung: Wirtschaftsinformatik	Kontaktzeit 2 SWS/21 h 1 SWS/10,5 h	Selbststudium 99 h 49,5 h	Leistungspunkte 4 LP 2 LP
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übung: alle Modulteilnehmer			
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen Im Rahmen der Vorlesung sollen Studierende im ersten Teil die technologischen Grundlagen von E-Business vermittelt werden. Hierunter fallen einheitliche Datenübertragungsstandards, eine einheitliche Repräsentation von Daten, Sicherheit bei der Übertragung von Daten über öffentliche Kanäle und automatisierte Informationssysteme. Im zweiten Teil sollen die Studierende ein fundiertes Verständnis von E-Business entwickeln und sich damit beschäftigen, was eigentlich E-Business vom klassischen Handel unterscheidet, inwiefern das Internets Unternehmen verändert, wie internetbasierte Geschäftsmodelle ausschauen, welche Strategien Unternehmen anwenden und welche E-Business Systeme wichtig sind im operativen Bereich. Die Vorlesung wird ergänzt durch ein Tutorium, in dem die Studierenden ein kleines Informationssystem entwickeln. Studierende sollen durch die Lehrveranstaltung in die Lage versetzt werden, Geschäftsmodelle von Unternehmen den veränderten Rahmenbedingungen, welche sich durch die starke Verbreitung des Internets ergeben, anzupassen.			
4.	Inhalte <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausgewählte Themen des Logistikmanagements wie etwa</li> <li>• Supply Chain Management (SCM),</li> <li>• Advanced Planning und</li> <li>• Data Envelopment Analysis (DEA).</li> </ul>			
5.	Verwendbarkeit des Moduls M.Sc. Physik			
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme Operations Management			
7.	Zugangsvoraussetzung(en)			
8.	Leistungsüberprüfungen 8.1 Aktive Teilnahme  8.2 Studienleistung(en)  8.3 Modulprüfung Klausur (60 min)			
9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen 6/120			
10.	Häufigkeit des Angebots Wintersemester			
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtliche Lehrende Prof. Dr. Stefan Irnich			
12.	Sonstige Informationen Sprache: Deutsch			

<b>Marketing</b>					
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe) M.03.184.4305		Arbeitsaufwand (workload) 180 h	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan) 1	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan) 1	Leistungspunkte (LP) 6 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen a) Vorlesung: Marketing b) Übung: Marketing		Kontaktzeit 2 SWS/21 h 1 SWS/10,5 h	Selbststudium 99 h 49,5 h	Leistungspunkte 4 LP 2 LP
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übung: alle Modulteilnehmer				
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen Die bzw. der Studierende <ul style="list-style-type: none"> <li>• erwirbt Kenntnisse des strategischen Marketings,</li> <li>• hat einen ersten Überblick über Methoden der quantitativen Marktforschung,</li> <li>• gewinnt einen Einblick in den Marketingwettbewerb und</li> <li>• vertieft in der vorlesungsbegleitenden Übung die vermittelten Inhalte.</li> </ul>				
4.	Inhalte <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlagen des Marketing</li> <li>• Strategische Marketingplanung</li> <li>• Marketingforschung</li> <li>• Marketingwettbewerb</li> </ul>				
5.	Verwendbarkeit des Moduls M.Sc. Physik				
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme				
7.	Zugangsvoraussetzung(en)				
8.	Leistungsüberprüfungen 8.1 Aktive Teilnahme  8.2 Studienleistung(en)  8.3 Modulprüfung Klausur (60 min)				
9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen 6/120				
10.	Häufigkeit des Angebots Sommersemester				
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtliche Lehrende Prof. Dr. Oliver Heil				
12.	Sonstige Informationen Sprache: Deutsch				

<b>Logistikmanagement</b>				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe) M.03.184.4315	Arbeitsaufwand (workload) 180 h	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan) 1	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan) 1	Leistungspunkte (LP) 6 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen a) Vorlesung: Logistikmanagement b) Übung: Logistikmanagement	Kontaktzeit 2 SWS/21 h 1 SWS/10,5 h	Selbststudium 99 h 49,5 h	Leistungspunkte 4 LP 2 LP
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt Übung: alle Modulteilnehmer			
3.	Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> <li>• erwerben ein grundlegendes Verständnis für ausgewählte Modelle und Methoden des Logistikmanagements,</li> <li>• verstehen es, komplexe Planungssituationen zu analysieren, zu strukturieren und durch Modelle zu formalisieren,</li> <li>• können eigenständig die richtigen Planungsmethoden und -werkzeuge auswählen und in konkreten Entscheidungssituationen anwenden,</li> <li>• sind in der Lage, die erlernten Methoden beispielsweise in einem Spreadsheet/einer Tabellenkalkulation auf einem Computer umzusetzen und</li> <li>• können die erlernten Methoden auf für sie neue Aufgabenstellungen übertragen.</li> </ul>			
4.	Inhalte <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausgewählte Themen des Logistikmanagements wie etwa</li> <li>• Supply Chain Management (SCM),</li> <li>• Advanced Planning und</li> <li>• Data Envelopment Analysis (DEA).</li> </ul>			
5.	Verwendbarkeit des Moduls M.Sc. Physik			
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme Operations Management			
7.	Zugangsvoraussetzung(en)			
8.	Leistungsüberprüfungen <i>8.1 Aktive Teilnahme</i>  <i>8.2 Studienleistung(en)</i>  <i>8.3 Modulprüfung</i> Klausur (60 min)			
9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen 6/120			
10.	Häufigkeit des Angebots Sommersemester			
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtliche Lehrende Prof. Dr. Stefan Irnich			
12.	Sonstige Informationen Sprache: Deutsch			

## 4.7 Fachübergreifende Lehrveranstaltungen

Geschichte der Naturwissenschaften I				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe)	Arbeitsaufwand (workload)	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan)	Leistungspunkte (LP)
08.275.130	90 h	2	1	3 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen Vorlesung: Geschichte der Naturwissenschaft I	Kontaktzeit 2 SWS/21 h	Selbststudium 69 h	Leistungspunkte 3 LP
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt			
3.	<p>Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen</p> <p>Die Studierenden werden mit grundlegende Arbeitstechniken, wie das Auffindung von Quellen, Quellenkritik und Quelleninterpretation und dem selbstständigen und kritischen Umgang mit wissenschaftlichen Publikationen vertraut gemacht.</p> <p>Dabei erhalten die Studierenden Grundkenntnissen der Geschichte der Naturwissenschaften als Entwicklungs- und Problemgeschichte, ein Verständnis der komplexen Wechselbeziehungen zwischen Kultur, Technik, Naturwissenschaften und Politik und werden für die ethischen Implikationen naturwissenschaftlicher Wissensproduktion sensibilisiert.</p>			
4.	Inhalte			
5.	Verwendbarkeit des Moduls BSc. Physik, MSc Physik			
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme			
7.	Zugangsvoraussetzung(en)			
8.	<p>Leistungsüberprüfungen</p> <p>8.1 <i>Aktive Teilnahme</i></p> <p>8.2 <i>Studienleistung(en)</i></p> <p>8.3 <i>Modulprüfung</i></p> <p>Mündliche Prüfung (20-30 Min)</p>			
9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen 3/180 (BSc) bzw. 3/120 (MSc)			
10.	Häufigkeit des Angebots Jedes Semester			
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtliche Lehrende Modulbeauftragte: Prof. Dr. Sauer Lehrende: Prof. Dr. Tilman Sauer, Dr.M.Schneider			
12.	<p>Sonstige Informationen</p> <p>Sprache: Deutsch (eventuell Englisch)</p> <p><i>Diese Veranstaltung kann als fachübergreifende Veranstaltung eingesetzt werden.</i></p>			

<b>Geschichte der Naturwissenschaften II</b>				
Modul-Kennnummer (JOGU-StINe) 08.275.140	Arbeitsaufwand (workload) 90 h	Moduldauer (laut Studienverlaufsplan) 2	Regelsemester (laut Studienverlaufsplan) 1	Leistungspunkte (LP) 3 LP
1.	Lehrveranstaltungen/Lehrformen Vorlesung: Geschichte der Naturwissenschaft II	Kontaktzeit 2 SWS/21 h	Selbststudium 69 h	Leistungspunkte 3 LP
2.	Gruppengrößen Vorlesung: unbegrenzt			
3.	<p>Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen</p> <p>Die Studierenden werden mit grundlegende Arbeitstechniken, wie das Auffindung von Quellen, Quellenkritik und Quelleninterpretation und dem selbstständigen und kritischen Umgang mit wissenschaftlichen Publikationen vertraut gemacht.</p> <p>Dabei erhalten die Studierenden Grundkenntnissen der Geschichte der Naturwissenschaften als Entwicklungs- und Problemgeschichte, ein Verständnis der komplexen Wechselbeziehungen zwischen Kultur, Technik, Naturwissenschaften und Politik und werden für die ethischen Implikationen naturwissenschaftlicher Wissensproduktion sensibilisiert.</p>			
4.	Inhalte			
5.	Verwendbarkeit des Moduls BSc. Physik, MSc Physik			
6.	Empfohlene Voraussetzung(en) für die Teilnahme			
7.	Zugangsvoraussetzung(en)			
8.	<p>Leistungsüberprüfungen</p> <p>8.1 <i>Aktive Teilnahme</i></p> <p>8.2 <i>Studienleistung(en)</i></p> <p>8.3 <i>Modulprüfung</i></p> <p>Mündliche Prüfung (20-30 Min)</p>			
9.	Stellenwert der Note in der Endnote bei Ein-Fach-Studiengängen bzw. Fachnote bei Mehr-Fächer-Studiengängen 3/180 (BSc) bzw. 3/120 (MSc)			
10.	Häufigkeit des Angebots Jedes Semester			
11.	Modulbeauftragte oder -beauftragter sowie hauptamtliche Lehrende Modulbeauftragte: Prof. Dr. Sauer Lehrende: Prof. Dr. Tilman Sauer, Dr.M.Schneider			
12.	<p>Sonstige Informationen</p> <p>Sprache: Deutsch (eventuell Englisch)</p> <p><i>Diese Veranstaltung kann als fachübergreifende Veranstaltung eingesetzt werden.</i></p>			