

**Modulhandbuch  
für den  
Master-Studiengang Angewandte Physik**

15. Juli 2026



# Inhaltsverzeichnis

|          |                                                                                   |           |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>Studienziele und Voraussetzungen</b>                                           | <b>5</b>  |
| 1.1      | Studienziele . . . . .                                                            | 5         |
| 1.2      | Zugangsvoraussetzungen . . . . .                                                  | 6         |
| <b>2</b> | <b>Modul- und Veranstaltungsliste</b>                                             | <b>9</b>  |
| 2.1      | Modulübersicht . . . . .                                                          | 9         |
| 2.2      | Liste der Wahlpflichtmodule für die unterschiedlichen Spezialisierungen . . . . . | 10        |
| 2.2.1    | Spezialisierung: Data Science (Particle Physics) . . . . .                        | 10        |
| 2.2.2    | Spezialisierung: Data Science (Solid State Physics) . . . . .                     | 10        |
| 2.2.3    | Spezialisierung: Detector Physics . . . . .                                       | 11        |
| 2.2.4    | Spezialisierung: Quantum Physics . . . . .                                        | 11        |
| 2.2.5    | Spezialisierung: Materials Science . . . . .                                      | 12        |
| <b>3</b> | <b>Wichtige Bemerkungen zur Modulliste</b>                                        | <b>13</b> |
| 3.1      | Generelle Bemerkungen . . . . .                                                   | 13        |
| 3.2      | Anerkennung von Leistungen . . . . .                                              | 13        |
| 3.2.1    | Wechsel des Studiengangs . . . . .                                                | 13        |
| 3.2.2    | Leistungen in Auslandssemestern . . . . .                                         | 14        |
| 3.3      | Hinweise zur Forschungsphase . . . . .                                            | 14        |
| 3.3.1    | Bewertungskriterien . . . . .                                                     | 15        |
| 3.4      | Beispiele für Studienverlaufpläne . . . . .                                       | 17        |
| <b>4</b> | <b>Detaillierte Modulbeschreibungen mit Lehrveranstaltungen</b>                   | <b>19</b> |
| 4.1      | Physik Module . . . . .                                                           | 19        |
| 4.2      | Ingenieurwissenschaften und Angewandte Module . . . . .                           | 49        |
| 4.3      | Theoretische Physik . . . . .                                                     | 66        |
| 4.4      | Praktika . . . . .                                                                | 68        |
| 4.5      | Erweiterte Kompetenzen . . . . .                                                  | 71        |
| 4.6      | Forschungsphase . . . . .                                                         | 72        |



# 1 Studienziele und Voraussetzungen

## 1.1 Studienziele

### **Basierend auf der Erklärung 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. Der Master-Studiengang Angewandte Physik sieht fünf Spezialisierungsrichtungen vor, welche auch auf dem Abschlusszeugnis dargestellt werden:

- Data Science (Datenwissenschaft) - Schwerpunkt Particle Physics (Teilchenphysik)
- Data Science (Datenwissenschaft) - Schwerpunkt Solid State Physics (Festkörperphysik)
- Detector Physics (Detektorphysik)
- Materials Science (Materialwissenschaften)
- Quantum Physics (Quantenphysik)

Die Absolventinnen und Absolventen des Master-Studienganges Angewandte Physik haben damit Spezialkenntnisse in einem dieser Teilbereiche auf international höchstem Niveau erworben und sind zu selbständigem wissenschaftlichem Arbeiten befähigt. Damit füllen sie im wesentlichen das umfassende und wegen seiner fachlichen Breite und Flexibilität geschätzte Berufsbild des Physikers aus, haben darüber hinaus aber vertiefte Kenntnisse in der Anwendung erworben. 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 angewandten 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.
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 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 und Kenntnisse in der Anwendung 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.
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.

## 1.2 Zugangsvoraussetzungen

Die Zugangsvoraussetzungen für den Master of Science im Fach Angewandte Physik sind in der entsprechenden [Prüfungsordnung](#) geregelt. Im Folgenden werden die wichtigsten Voraussetzungen kurz zusammengefasst:

- Zum Masterstudiengang Angewandte Physik wird zugelassen, wer über die dafür erforderliche Vorbildung verfügt. Dazu ist der Nachweis eines Bachelorabschlusses mit mindesten der Note 3,0 entweder im Fach Angewandte Physik oder eines Studienabschlusses an einer Hochschule in Deutschland oder im Ausland, der sich davon nicht wesentlich unterscheidet, erforderlich. Im Falle einer ausländischen Hochschule wird die Note in das deutsche Notensystem umgerechnet.
- Es können auch Leistungen berücksichtigt werden, die nicht im zugrundeliegenden Bachelorstudiengang erbracht wurden. Hierüber entscheidet der Prüfungsausschuss. Inhaltlich müssen die nachfolgend aufgeführten Bereiche im Umfang von mindestens:
  - 40 Leistungspunkten im Modulbereich Experimentalphysik
  - 40 Leistungspunkten in Ingenieurs- und Informatikmodulen
  - 20 Leistungspunkte im Modulbereich Theoretische Physik und Mathematik
  - 15 Leistungspunkte im Bereich der Praktika
  - 9 Leistungspunkten für die schriftlich abgefasste Bachelorarbeit

abgedeckt werden. Sollten die genannten Bereiche nicht abgedeckt sein, so kann eine Zulassung zum Masterstudium unter Auflagen erfolgen.

- Die Zulassung erfordert einen Nachweis über erforderliche Sprachkenntnisse in Englisch mindestens auf dem Niveau B2, die zur Lektüre englischsprachiger Fachliteratur, zur Teilnahme an Lehrveranstaltungen in englischer Sprache sowie zum Anfertigen von schriftlichen Studien- und Prüfungsleistungen in englischer Sprache befähigen. Nachweise, die anerkannt werden, sind in § 7 Abs. 5 der Einschreibeordnung der Johannes Gutenberg-Universität festgelegt. Dieser Nachweis gilt auch durch die Vorlage eines deutschen Abiturzeugnisses als erbracht, aus dem hervorgeht, dass mindestens fünf Jahre (vier Jahre bei G8) Englisch im Schulunterricht besucht wurden und dieser mit mindestens „ausreichend“ oder 5 Punkten abgeschlossen wurde.
- Bei Studienbewerberinnen oder Studienbewerbern, die weder ihre Hochschulzugangsberechtigung an einer deutschsprachigen Einrichtung noch einen Abschluss in einem deutschsprachigen Studiengang erworben haben, ist für die Einschreibung der Nachweis von Deutschkenntnissen auf dem Niveau B2 erforderlich.

Abweichend von diesen Regelungen kann die Eignung auf Antrag in einem Auswahlgespräch festgestellt werden. Details hierzu sind in der Prüfungsordnung (§2, Abs. 5) geregelt.



## 2 Modul- und Veranstaltungsliste

### 2.1 Modulübersicht

| Modul                                                              | SWS            | LP         |
|--------------------------------------------------------------------|----------------|------------|
| <i>Pflichtmodule</i>                                               |                |            |
| Theoretische Physik                                                | 4 V + 2 Ü      | 8          |
| F-Praktikum                                                        | 8 P            | 10         |
| Erweiterte Kompetenzen                                             | 2HS+2HS        | 6-8        |
| <i>Summe</i>                                                       |                | <b>24</b>  |
| <i>Forschungsphase</i>                                             |                |            |
| Spezialisierung                                                    | F              | 15         |
| Methodenkenntnis                                                   | F              | 15         |
| Masterarbeit                                                       | F              | 30         |
| <i>Summe</i>                                                       |                | <b>60</b>  |
| <i>Wahlpflichtmodule (unterschiedlich je nach Spezialisierung)</i> |                |            |
| Experimentalphysik 1                                               | 3 V + 1 Ü      | 6          |
| Experimentalphysik 2                                               | 3 V + 1 Ü      | 6          |
| Experimentalphysik 3                                               | 3 V + 1 Ü      | 6          |
| Ingenieurwissenschaften 1                                          | z.B. 2 V + 2 Ü | 6          |
| Ingenieurwissenschaften 2                                          | z.B. 2 V + 2 Ü | 6          |
| Ingenieurwissenschaften 3                                          | z.B. 2 V + 2 Ü | 6          |
| <i>zu wählen</i>                                                   |                | <b>36</b>  |
| <b>Gesamt</b>                                                      |                | <b>120</b> |

## 2.2 Liste der Wahlpflichtmodule für die unterschiedlichen Spezialisierungen

Die folgenden Module werden regelmäßig angeboten. Sie finden die aktuelle Liste für jedes Semester in Jogustine. Am Anfang des Studiums wird zunächst die Spezialisierungsrichtung festgelegt und anschließend die entsprechenden Module (3 Experimentalphysik und 3 angewandte bzw. ingenieurwissenschaftliche Module) belegt, wobei eines der ingenieurwissenschaftlichen bzw. angewandten Module durch ein Praktikum in der freien Wirtschaft oder an einer außeruniversitären Forschungseinrichtung ersetzt werden kann. Bereits in einem Bachelor-Studiengang absolvierte Module können nicht erneut eingebracht werden.

### 2.2.1 Spezialisierung: Data Science (Particle Physics)

- Physik Module (3 sind zu belegen)
  - Particle Detectors
  - Particle Physics
  - Astroparticle Physics
  - Advanced Particle Physics
  - Advanced Chapters on Subatomic Physics
  - Advanced Astroparticle- and Astrophysics
- Ingenieurwissenschaftliche Pflichtmodule
  - Statistics, Data Analysis and Simulation<sup>1</sup>
- Ingenieurwissenschaftliche und angewandte Module (2 sind zu belegen)
  - Big Data
  - Data Mining
  - Machine Learning für die Physik
  - Lineare Modellierung
  - Finite Elemente
  - FPGA Programming
  - Industriepraktikum

### 2.2.2 Spezialisierung: Data Science (Solid State Physics)

- Physik Module (3 sind zu belegen)
  - Advanced Solid State Physics
  - Materials Science
  - Modern Experimental Methods in Condensed Matter Physics
  - Superconductivity
  - Introduction to Advanced Materials - from soft matter to hard matter
  - Quantum Spintronics
  - Soft Materials at Interfaces

---

<sup>1</sup>Wurde dieses Modul bereits im B.Sc. Angewandte Physik belegt ist stattdessen ein weiteres ingenieurwissenschaftliches oder angewandtes Modul aus dieser Spezialisierung zu wählen.

- Nonequilibrium phenomena in quantum matter
- Ingenieurwissenschaftliche und angewandte Module (3 sind zu belegen)
  - Statistics, Data Analysis and Simulation
  - Big Data
  - Data Mining
  - Machine Learning für die Physik
  - Lineare Modellierung
  - Finite Elemente
  - FPGA Programming
  - Industriepraktikum

### 2.2.3 Spezialisierung: Detector Physics

- Physikalische Pflichtmodule
  - Particle Detectors<sup>2</sup>
- Physik Module (2 sind zu belegen)
  - Particle Physics
  - Astroparticle Physics
  - Accelerator Physics
  - Advanced Particle Physics
  - Advanced Chapters on Subatomic Physics
  - Advanced Astroparticle- and Astrophysics
- Ingenieurwissenschaftliche und angewandte Module (3 sind zu belegen)
  - Statistics, Data Analysis and Simulation
  - Simulation Tools
  - FPGA Programming
  - Techniques of vacuum and low temperatures
  - Medical Physics and Physics of Radiation
  - Finite Elemente
  - Industriepraktikum

### 2.2.4 Spezialisierung: Quantum Physics

- Physik Module (3 sind zu belegen)
  - Quantum Optics
  - Photonics
  - Quantum Information
  - Precision fundamental physics

---

<sup>2</sup>Wurde dieses Modul bereits im B.Sc. Angewandte Physik belegt ist stattdessen ein weiteres physikalisches Modul aus dieser Spezialisierung zu wählen.

- Ingenieurwissenschaftliche und angewandte Module (3 sind zu belegen)
  - Quantencomputer Programmierung
  - Big Data
  - Machine Learning für die Physik
  - Simulation Tools
  - Finite Elemente
  - FPGA Programming
  - Industriepraktikum

### **2.2.5 Spezialisierung: Materials Science**

- Physik Module (3 sind zu belegen)
  - Advanced Solid State Physics
  - Modern Experimental Methods in Condensed Matter Physics
  - Materials Science
  - Introduction to Advanced Materials - from soft matter to hard matter
  - Quantum Spintronics
  - Superconductivity
- Ingenieurwissenschaftliche und angewandte Module (3 sind zu belegen)
  - Modern Methods of Physical Chemistry
  - Electrons in Molecules
  - Molecular Photochemistry
  - Finite Elemente
  - FPGA Programming
  - Industriepraktikum

# 3 Wichtige Bemerkungen zur Modulliste

## 3.1 Generelle Bemerkungen

1. Sind alle Teilnehmerinnen und Teilnehmer der jeweiligen Sprache (Deutsch oder Englisch) mündig und es besteht der Konsens die Veranstaltung in dieser Sprache abzuhalten kann die Sprache von der im Modulhandbuch festgelegten abweichen.
2. Im Master-Studiengang müssen mindestens 120 LP erreicht werden. Ab einer Überschreitung um 6 LP muss ein klärendes Gespräch mit einem Studienfachberater oder einer Studienfachberaterin stattfinden.
3. Vor Abschluss des Master-Studiums müssen mindestens drei Experimentalphysik-Module, drei Module aus dem Ingenieurwissenschaftlichen und Angewandten Bereich und ein Modul aus der Theorie besucht werden. Lehrveranstaltungen oder Module, die bereits im zugrundeliegenden Bachelorstudiengang absolviert wurden, können im Masterstudiengang nicht belegt werden. Sind diese Lehrveranstaltungen Pflichtveranstaltungen ist stattdessen eine Wahlpflichtveranstaltung aus dem gleichen Bereich zu wählen.
4. Bei gleichwertigen Veranstaltungen wird die Mainzer LP-Zahl für Veranstaltungen anderer Universitäten anerkannt. Bei Grenzfällen können moderate Auflagen auferlegt werden.
5. Die Fachübergreifende Veranstaltung (2-3 LP) kann statt einem der Hauptseminare gewählt werden. In der fächerübergreifenden Veranstaltung können Veranstaltungen im Rahmen des „Studium Generale“ wie z.B. Sprachkurse, Seminare Philosophie der Physik oder der Naturwissenschaften, sowie Seminare zum wissenschaftlichen Schreiben sowie Praktika („Sommerstudentenprogramme“) an Großforschungseinrichtungen anerkannt werden. Über die Anerkennung entscheidet der/die Studienfachberater/in.
6. Masterarbeiten außerhalb des FB 08 müssen beantragt werden. Das Erstgutachten bei externen Arbeiten muss durch eine Hochschullehrerin oder einen Hochschullehrer des FB 08 erstellt werden.

## 3.2 Anerkennung von Leistungen

### 3.2.1 Wechsel des Studiengangs

Beim Wechsel von Studiengängen in Mainz und beim Wechsel nach Mainz werden Leistungen anerkannt, falls kein wesentlicher Unterschied bezogen auf entsprechende Leistungen des MSc-Studiengangs Angewandte Physik in Mainz besteht. Dabei können Leistungen zusammengefasst bzw. aufteilt werden, sodass formale Hürden durch die Anzahl von Leistungspunkten vermieden werden. Auch Nebenfächer, die nicht im Studiengang M.Sc. Angewandte Physik Mainz angeboten werden, können berücksichtigt werden. Jeder Fall wird dabei individuell bearbeitet, mit den Antragsstellern diskutiert um anschließend gemeinsam ein Anerkennungsformat auszufüllen (<http://www.studium.fb08.uni-mainz.de/downloadcenter-physik/>).

### 3.2.2 Leistungen in Auslandssemestern

Laut der Anerkennungssatzung der Universität sind die Qualität, das Niveau, die Lernergebnisse bzw. Lernziele, der Workload und das Profil der Studien- und Prüfungsleistungen für eine Anerkennung relevant. Leistungen sollen anerkannt werden, wenn kein wesentlicher Unterschied bezogen auf entsprechende Leistungen an der JGU bestehen. Studierende können eine Anerkennung ohne Notenübernahme von bis zu 15 Leistungspunkten im Masterstudiengang und höchstens 30 Leistungspunkten, unabhängig von der Art der Veranstaltung, im Bachelorstudiengang beantragen. Wird dieser Umfang überschritten, legen die Studierenden fest, bei welchen der überzähligen Leistungen die Noten übernommen werden. Sofern für ausländische Hochschulen geeignete ECTS-Einstufungstabellen vorliegen, erfolgt die Notenumrechnung an Hand dieser Tabellen bzw. der modifizierten Bayerischen Formel. Werden Noten in zu geringen Abstufungen vergeben, kann auch ein Vergleich der Notenspiegel herangezogen werden.

Für einen Erasmus- Austausch ist es notwendig und für andere Auslandsaufenthalte ist sehr zu empfehlen, dass Leistungen im Ausland vor Beginn des Aufenthalts mit den entsprechenden Beauftragten bzw. Studienfachberatern abgesprochen werden.

| Note | Benotungsanteil | Kumulierte Häufigkeit |
|------|-----------------|-----------------------|
| 1,0  | 37,08%          | 37,08%                |
| 1,3  | 26,00%          | 63,08%                |
| 1,7  | 12,42%          | 75,50%                |
| 2,0  | 8,25%           | 83,75%                |
| 2,3  | 5,33%           | 89,08%                |
| 2,7  | 3,08%           | 92,17%                |
| 3,0  | 2,83%           | 95,00%                |
| 3,3  | 1,58%           | 96,58%                |
| 3,7  | 2,00%           | 98,58%                |
| 4,0  | 1,42%           | 100,00%               |

Einstufungstabelle für den MSc-Physik in Mainz (Notenspiegel ohne Masterarbeit, Stand März 2021). Die aktuellen Tabellen finden Sie unter dieser URL: <https://sl.uni-mainz.de/notenverteilungsskala/>

### 3.3 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. 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 dem entsprechenden Antrag (<http://www.studium.fb08.uni-mainz.de/downloadcenter-physik/>). Vom Studienbüro aus wird die Modulanmeldung in Jogustine durchgeführt.
4. Soll die Masterarbeit in einer nicht dem zuständigen Fachbereich angehörenden Einrichtung, zum Beispiel einer nicht mit der JGU verbundenen Forschungseinrichtung oder einem Wirtschaftsunternehmen 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 Noten der Module „Methodenkenntnis“ und „Spezialisierung“ 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“ sowie das Bestehen des Moduls „Spezialisierung“ 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.

### 3.3.1 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).

### 3.4 Beispiele für Studienverlaufpläne

Die folgende Tabelle zeigen typische Studienverlaufpläne bei Studienbeginn sowohl im Winter- als auch im Sommersemester:

| Fachse-<br>mes-<br>ter | Studienverlaufsplan                                          |                                                                  |                                                                  |                                                      |                                                        |                                                                         | Σ               |
|------------------------|--------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| 4                      | <b>Masterarbeit</b><br>Masterarbeit 29 LP<br>Kolloquium 1 LP |                                                                  |                                                                  |                                                      |                                                        |                                                                         | 30 LP           |
| 3                      | <b>Spezialisierung</b><br>15 LP                              |                                                                  |                                                                  | <b>Methodenkenntnis</b><br>15 LP                     |                                                        |                                                                         | 30 LP           |
| 2                      | <b>Experimentalphysik</b><br>3V + 1Ü<br>6 LP                 | <b>Experimentalphysik</b><br>3V + 1Ü<br>6 LP                     | <b>Angewandte und Ingenieurwissenschaften</b><br>3V + 1Ü<br>6 LP | <b>Theoretische Physik: Stat.</b><br>2V + 1Ü<br>4 LP | <b>Fortgeschrittenes Praktikum</b><br>Teil 2 (4P) 5 LP | <b>Erweiterte Kompetenzen</b><br>Fächerüb. 2-3 LP<br>Veranstaltung (2S) | 29 LP<br>22 SWS |
| 1                      | <b>Experimentalphysik</b><br>3V + 1Ü<br>6 LP                 | <b>Angewandte und Ingenieurwissenschaften</b><br>2V + 2Ü<br>6 LP | <b>Angewandte und Ingenieurwissenschaften</b><br>2V + 2Ü<br>6 LP | <b>Theoretische Physik: EM</b><br>2V + 1Ü<br>4 LP    | Teil 1 (4P) 5 LP                                       | Seminar 1 4 LP<br>(2HS)                                                 | 31 LP<br>20 SWS |
|                        |                                                              |                                                                  |                                                                  |                                                      |                                                        |                                                                         | 120 LP          |

| Fachse-<br>mes-<br>ter | Studienverlaufsplan                                          |                                               |                                                                  |                                                      |                                                        |                                                          | Σ               |
|------------------------|--------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|-----------------|
| 4                      | <b>Masterarbeit</b><br>Masterarbeit 29 LP<br>Kolloquium 1 LP |                                               |                                                                  |                                                      |                                                        |                                                          | 30 LP           |
| 3                      | <b>Spezialisierung</b><br>15 LP                              |                                               |                                                                  | <b>Methodenkenntnis</b><br>15 LP                     |                                                        |                                                          | 30 LP           |
| 2                      | <b>Experimentalphysik</b><br>3V + 1Ü<br>6 LP                 | <b>Industriepraktikum</b><br>3 Wochen<br>4 LP | <b>Angewandte und Ingenieurwissenschaften</b><br>3V + 1Ü<br>6 LP | <b>Theoretische Physik: Stat.</b><br>2V + 1Ü<br>4 LP | <b>Fortgeschrittenes Praktikum</b><br>Teil 2 (4P) 5 LP | <b>Erweiterte Kompetenzen</b><br>Seminar 2 4 LP<br>(2HS) | 29 LP<br>20 SWS |
| 1                      | <b>Experimentalphysik</b><br>3V + 1Ü<br>6 LP                 | <b>Experimentalphysik</b><br>3V + 1Ü<br>6 LP  | <b>Angewandte und Ingenieurwissenschaften</b><br>2V + 2Ü<br>6 LP | <b>Theoretische Physik: EM</b><br>2V + 1Ü<br>4 LP    | Teil 1 (4P) 5 LP                                       | Seminar 1 4 LP<br>(2HS)                                  | 31 LP<br>20 SWS |
|                        |                                                              |                                               |                                                                  |                                                      |                                                        |                                                          | 120 LP          |



## **4 Detaillierte Modulbeschreibungen mit Lehrveranstaltungen**

### **4.1 Physik Module**

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                              |                                                   |                                                                                                                 |                       |                    |                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------|----------------------|
| Modul 738                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Teilchenphysik<br><i>Particle Physics</i>                                                                                    |                                                   |                                                                                                                 |                       | 08.128.738         |                      |
| Pflicht- oder Wahlpflichtmodul                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | WP                                                                                                                           |                                                   |                                                                                                                 |                       |                    |                      |
| Leistungspunkte (LP) und<br>Arbeitsaufwand (workload)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 6 LP = 180 h                                                                                                                 |                                                   |                                                                                                                 |                       |                    |                      |
| Moduldauer<br>(laut Studienverlaufsplan)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 1                                                                                                                            |                                                   |                                                                                                                 |                       |                    |                      |
| Lehrveranstaltungen/<br>Lernformen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Art                                                                                                                          | Regelsemester<br>bei Studienbeginn<br>WiSe (SoSe) | Verpflich-<br>tungsgrad                                                                                         | Kontakt-<br>zeit(SWS) | Selbst-<br>studium | Leistungs-<br>punkte |
| Vorlesung mit Übung „Teilchenphysik“<br>(WP)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                              | 1 o. 2                                            | P                                                                                                               |                       | 138 h              | 6 LP                 |
| Vorlesung (WP)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | V                                                                                                                            |                                                   |                                                                                                                 | 3 SWS                 |                    |                      |
| Übung (WP)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Ü                                                                                                                            |                                                   |                                                                                                                 | 1 SWS                 |                    |                      |
| Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                              |                                                   |                                                                                                                 |                       |                    |                      |
| Anwesenheit                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                              |                                                   |                                                                                                                 |                       |                    |                      |
| Aktive Teilnahme                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | gemäß §5 Abs. 3                                                                                                              |                                                   |                                                                                                                 |                       |                    |                      |
| Studienleistung(en)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben und/oder Projekten                                                               |                                                   |                                                                                                                 |                       |                    |                      |
| Modulprüfung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Klausur (Umfang 120 Min., Bearbeitungszeit maximal 180 Min.),<br>mündliche Prüfung (30 Min), Hausarbeit oder eigener Vortrag |                                                   |                                                                                                                 |                       |                    |                      |
| Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                              |                                                   |                                                                                                                 |                       |                    |                      |
| Das Modul soll das Verständnis der fundamentalen Bausteine der Materie und ihrer Wechselwirkungen vertiefen. Grundlegenden Prinzipien werden u. A. anhand aktueller Forschungsschwerpunkte vorgestellt. Das Modul soll die wesentlichen Kenntnisse bereitstellen, um eine experimentelle Masterarbeit auf einem verwandten Gebiet erfolgreich durchführen zu können.                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                              |                                                   |                                                                                                                 |                       |                    |                      |
| 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“. |                                                                                                                              |                                                   |                                                                                                                 |                       |                    |                      |
| 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.                                                                                                                                              |                                                                                                                              |                                                   |                                                                                                                 |                       |                    |                      |
| Zugangsvoraussetzungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                              |                                                   |                                                                                                                 |                       |                    |                      |
| Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                              |                                                   | Kenntnisse auf dem Niveau des Moduls Experimentalphysik 5b „Kern- und Teilchenphysik“ des Bachelor-Studiengangs |                       |                    |                      |
| Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                              |                                                   | Unterrichtssprache Englisch<br>Prüfungssprache Deutsch oder Englisch                                            |                       |                    |                      |
| Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                              |                                                   | 6/ΣLP (siehe §17, Abs. 5 PO)                                                                                    |                       |                    |                      |
| Häufigkeit des Angebots                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                              |                                                   | Jedes Semester                                                                                                  |                       |                    |                      |
| Begründung der Anwesenheitspflicht Veranstaltungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                              |                                                   |                                                                                                                 |                       |                    |                      |

|                                                           |                                                  |                   |
|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------|
| <b>Modul 738</b>                                          | <b>Teilchenphysik</b><br><i>Particle Physics</i> | <b>08.128.738</b> |
| <b>Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter</b>            | Prof. Dr. M. Schott                              |                   |
| <b>Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen</b> | M.Sc. Physik, M.Sc. Angewandte Physik            |                   |
| <b>Sonstiges</b>                                          | Sprache: Englisch                                |                   |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                              |                                                   |                                                                                                                           |                       |                    |                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------|----------------------|
| Modul 737                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Astroteilchenphysik<br>Astroparticle Physics                                                                                 |                                                   |                                                                                                                           |                       | 08.128.737         |                      |
| Pflicht- oder Wahlpflichtmodul                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | WP                                                                                                                           |                                                   |                                                                                                                           |                       |                    |                      |
| Leistungspunkte (LP) und<br>Arbeitsaufwand (workload)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 6 LP = 180 h                                                                                                                 |                                                   |                                                                                                                           |                       |                    |                      |
| Moduldauer<br>(laut Studienverlaufsplan)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 1                                                                                                                            |                                                   |                                                                                                                           |                       |                    |                      |
| Lehrveranstaltungen/<br>Lernformen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Art                                                                                                                          | Regelsemester<br>bei Studienbeginn<br>WiSe (SoSe) | Verpflich-<br>tungsgrad                                                                                                   | Kontakt-<br>zeit(SWS) | Selbst-<br>studium | Leistungs-<br>punkte |
| Vorlesung mit Übung „Astroteilchen-<br>physik“ (WP)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                              | 2 (1)                                             | P                                                                                                                         |                       | 138 h              | 6 LP                 |
| Vorlesung (WP)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | V                                                                                                                            |                                                   |                                                                                                                           | 3 SWS                 |                    |                      |
| Übung (WP)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Ü                                                                                                                            |                                                   |                                                                                                                           | 1 SWS                 |                    |                      |
| Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                              |                                                   |                                                                                                                           |                       |                    |                      |
| Anwesenheit                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                              |                                                   |                                                                                                                           |                       |                    |                      |
| Aktive Teilnahme                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | gemäß §5 Abs. 3                                                                                                              |                                                   |                                                                                                                           |                       |                    |                      |
| Studienleistung(en)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben und/oder Projekten                                                               |                                                   |                                                                                                                           |                       |                    |                      |
| Modulprüfung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Klausur (Umfang 120 Min., Bearbeitungszeit maximal 180 Min.),<br>mündliche Prüfung (30 Min), Hausarbeit oder eigener Vortrag |                                                   |                                                                                                                           |                       |                    |                      |
| Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                              |                                                   |                                                                                                                           |                       |                    |                      |
| Das Modul bietet einen Überblick der Kosmologie und Astroteilchenphysik und deren aktueller Forschungsschwer-<br>punkte. Es stellt die wesentlichen Kenntnisse bereit, um eine experimentelle Masterarbeit auf einem verwandten<br>Gebiet erfolgreich durchführen zu können.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                              |                                                   |                                                                                                                           |                       |                    |                      |
| 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,<br>kosmologische Distanzen und deren Messung, das Materie-/Antimaterie-Problem, die Bildung leichter Elemente,<br>Hintergrundstrahlung, Strukturbildung, Entstehung, Klassifikation und Entwicklung von Galaxien, aktive galak-<br>tische Kerne und Galaxienhaufen sowie Entstehung, Energiebilanz, Entwicklung und Endstadien von Sternen und<br>die damit verbundene Elemententstehung diskutiert. Unter dem Kapitel „Dunkle Materie“ werden die Evidenz,<br>mögliche Kandidaten, und direkte und indirekte Suchen behandelt. Stichwörter zum dritten Kernthema sind:<br>Quellen, Zusammensetzung, Propagation und Nachweis geladener kosmischer Strahlung, Quellen und Nachweis<br>punktförmiger und diffuser Gamma-Strahlung, Bestimmung von Neutrino-Eigenschaften (Oszillationen, direkte<br>Massenbestimmung, neutrinoloser Beta-Zerfall), Quellen und Nachweis kosmischer und terrestrischer Neutrinos,<br>Theorie und Quellen von Gravitationswellen und indirekte und direkte Nachweisverfahren. |                                                                                                                              |                                                   |                                                                                                                           |                       |                    |                      |
| 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>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                              |                                                   |                                                                                                                           |                       |                    |                      |
| Zugangsvoraussetzungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                              |                                                   |                                                                                                                           |                       |                    |                      |
| Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul<br>bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                              |                                                   | Kenntnisse auf dem Niveau des Moduls Ex-<br>perimentalphysik 5b „Kern- und Teilchen-<br>physik“ des Bachelor-Studiengangs |                       |                    |                      |
| Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                              |                                                   | Unterrichtssprache Englisch<br>Prüfungssprache Deutsch oder Englisch                                                      |                       |                    |                      |

|                                                           |                                                            |                   |
|-----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|-------------------|
| <b>Modul 737</b>                                          | <b>Astroteilchenphysik</b><br><i>Astroparticle Physics</i> | <b>08.128.737</b> |
| <b>Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote</b>        | 6/ $\Sigma$ LP (siehe §17, Abs. 5 PO)                      |                   |
| <b>Häufigkeit des Angebots</b>                            | Jedes Sommersemester                                       |                   |
| <b>Begründung der Anwesenheitspflicht Veranstaltungen</b> |                                                            |                   |
| <b>Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter</b>            | Prof. Dr. U. Oberlack                                      |                   |
| <b>Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen</b> | M.Sc. Physik, M.Sc. Angewandte Physik                      |                   |
| <b>Sonstiges</b>                                          | Sprache: Englisch                                          |                   |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                           |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------|----------------------|
| Modul 731                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Teilchendetektoren<br><i>Particle Detectors</i>                                                                           |                                                   |                                                                      |                       | 08.128.731         |                      |
| Pflicht- oder Wahlpflichtmodul                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | P / WP                                                                                                                    |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Leistungspunkte (LP) und<br>Arbeitsaufwand (workload)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 6 LP = 180 h                                                                                                              |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Moduldauer<br>(laut Studienverlaufsplan)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 1                                                                                                                         |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Lehrveranstaltungen/<br>Lernformen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Art                                                                                                                       | Regelsemester<br>bei Studienbeginn<br>WiSe (SoSe) | Verpflich-<br>tungsgrad                                              | Kontakt-<br>zeit(SWS) | Selbst-<br>studium | Leistungs-<br>punkte |
| Vorlesung mit Übung „Teilchendetektoren“ (WP)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                           | 1 (2)                                             | P                                                                    |                       | 138 h              | 6 LP                 |
| Vorlesung (WP)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | V                                                                                                                         |                                                   |                                                                      | 3 SWS                 |                    |                      |
| Übung (WP)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Ü                                                                                                                         |                                                   |                                                                      | 1 SWS                 |                    |                      |
| Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                           |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Anwesenheit                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                           |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Aktive Teilnahme                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | gemäß §5 Abs. 3                                                                                                           |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Studienleistung(en)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben und/oder Projekten                                                            |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Modulprüfung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Klausur (Umfang 120 Min., Bearbeitungszeit maximal 180 Min.), mündliche Prüfung (30 Min), Hausarbeit oder eigener Vortrag |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                           |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Das Modul 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 ist das Modul auch für Studierende mit anderen Schwerpunktsetzungen geeignet. |                                                                                                                           |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                           |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Strahlungsquellen und Beschleuniger; Nachweismechanismen für geladene und neutrale Strahlung; Datenerfassung; Detektoren zum Teilchennachweis; Zeitmessung; Energie- und Impulsbestimmung; Teilchenidentifikation; Anwendungen.                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                           |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Literatur                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                           |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| • <a href="#">K. Kleinknecht, Detektoren für Teilchenstrahlung</a>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                           |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Zugangsvoraussetzungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                           |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                           |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                           |                                                   | Unterrichtssprache Englisch<br>Prüfungssprache Deutsch oder Englisch |                       |                    |                      |
| Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                           |                                                   | 6/ $\Sigma$ LP (siehe §17, Abs. 5 PO)                                |                       |                    |                      |
| Häufigkeit des Angebots                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                           |                                                   | Jedes Wintersemester                                                 |                       |                    |                      |
| Begründung der Anwesenheitspflicht Veranstaltungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                           |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                           |                                                   | Prof. Dr. M. Schott                                                  |                       |                    |                      |
| Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                           |                                                   | M.Sc. Physik, M.Sc. Angewandte Physik                                |                       |                    |                      |
| Sonstiges                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                           |                                                   | Sprache: Englisch                                                    |                       |                    |                      |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                   |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------|----------------------|
| Modul AdvCM                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Fortgeschrittene Festkörperphysik<br>Advanced Solid State Physics |                                                   |                                                                      |                       | 08.128.22075       |                      |
| Pflicht- oder Wahlpflichtmodul                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | WP                                                                |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Leistungspunkte (LP) und<br>Arbeitsaufwand (workload)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 6 = 180                                                           |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Moduldauer<br>(laut Studienverlaufsplan)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 1                                                                 |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Lehrveranstaltungen/<br>Lernformen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Art                                                               | Regelsemester<br>bei Studienbeginn<br>WiSe (SoSe) | Verpflich-<br>tungsgrad                                              | Kontakt-<br>zeit(SWS) | Selbst-<br>studium | Leistungs-<br>punkte |
| Vorlesung mit Übung „Fortgeschrittene<br>Festkörperphysik“                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                   | 2 (1)                                             |                                                                      |                       | 138 h              | 6 LP                 |
| Vorlesung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | V                                                                 |                                                   | P                                                                    | 3                     |                    |                      |
| Übungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Ü                                                                 |                                                   |                                                                      | 1                     |                    |                      |
| Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                   |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Anwesenheit                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                   |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Aktive Teilnahme                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Erfolgreiche Bearbeitung der Übungsaufgaben.                      |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Studienleistung(en)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                   |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Modulprüfung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Klausur (120 Min.) oder mündliche Prüfung (30 Min.)               |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                   |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| <p>Nach dem Abschluss des Moduls sind die Studierenden in der Lage:</p> <p>(a) die experimentellen Daten, die mit verschiedenen thermodynamischen, transport- und spektroskopischen Methoden gewonnen wurden, zu verstehen und zu interpretieren, und</p> <p>(b) die elektrischen, magnetischen und optischen Eigenschaften verschiedener Materialklassen (Metalle, Halbleiter, Isolatoren, sowie Systeme mit makroskopischen Ordnungen, wie z.B. (Anti-)Ferromagnete, Supraleiter, Multiferroika usw.) zu beschreiben.</p> <p>Darüber hinaus werden die Studierenden mit den grundlegenden klassischen und quantenmechanischen Modellen der Festkörperphysik vertraut gemacht. Die gewonnenen Erkenntnisse sollen die Grundlage für das Verständnis der funktionalen Eigenschaften der Materialien bilden, wie sie in der Alltagselektronik, der Spintronik und in zukünftigen Quantentechnologien zum Einsatz kommen.</p>                                                                                                                        |                                                                   |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                   |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Festkörperphysik in the Nutschell (elektronische Bandstruktur, Phononendispersion, Eigenschaften von Metallen/Halbleitern/Isolatoren)</li><li>• Dielektrische Eigenschaften (Elektrodynamik, Lindhard-Antwortfunktion, optische Leitfähigkeit, Kramers-Kronig-Beziehungen, optische Übergänge und Anregungen, Spektroskopie)</li><li>• Dielektrika/Ferroelektrika (Polarisierbarkeit, displazive Phasenübergänge, Ginzburg-Landau-Theorie)</li><li>• Supraleitung (grundlegende Eigenschaften, Ginzburg-Landau-Theorie der Supraleitung, Abrikosov-Gitter, mikroskopische BCS-Theorie, Josephson-Effekt + SQUID, unkonventionelle Supraleitung)</li><li>• Dichtewellensysteme (Ladungs-/Spin-Dichtewellen und ihre kollektiven Moden)</li><li>• Magnetismus (Anti-/Ferromagnetismus)</li><li>• Topologische Quantenmaterie (Berry-Phase, topologische Phasen, Skyrmionen, Quantenspinflüssigkeiten)</li><li>• Nichtgleichgewichtsphänomene (kollektive Modendynamik, getriebene Phasenübergänge)</li></ul> |                                                                   |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Zugangsvoraussetzungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                   |                                                   | Experimentalphysik 1-3, Physik der Kondensierten Materie (Ex-C)      |                       |                    |                      |
| Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                   |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                   |                                                   | Unterrichtssprache Englisch<br>Prüfungssprache Deutsch oder Englisch |                       |                    |                      |
| Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                   |                                                   | 6/ΣLP (siehe §17, Abs. 5 PO)                                         |                       |                    |                      |
| Häufigkeit des Angebots                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                   |                                                   | Jedes Sommersemester                                                 |                       |                    |                      |
| Begründung der Anwesenheitspflicht Veranstaltungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                   |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                   |                                                   | Prof. Dr. J. Demsar                                                  |                       |                    |                      |
| Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                   |                                                   | B.Sc. und M.Sc. Angewandte Physik, MSc Physik                        |                       |                    |                      |

|             |                                                                          |              |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Modul AdvCM | Fortgeschrittene Festkörperphysik<br><i>Advanced Solid State Physics</i> | 08.128.22075 |
| Sonstiges   |                                                                          |              |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                              |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------|----------------------|
| Modul 735                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | „Beschleunigerphysik“<br>„Accelerator Physics“                                                                               |                                                   |                                                                      |                       | 08.128.735         |                      |
| Pflicht- oder Wahlpflichtmodul                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | WP                                                                                                                           |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Leistungspunkte (LP) und<br>Arbeitsaufwand (workload)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 6 LP = 180 h                                                                                                                 |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Moduldauer<br>(laut Studienverlaufsplan)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 1                                                                                                                            |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Lehrveranstaltungen/<br>Lernformen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Art                                                                                                                          | Regelsemester<br>bei Studienbeginn<br>WiSe (SoSe) | Verpflich-<br>tungsgrad                                              | Kontakt-<br>zeit(SWS) | Selbst-<br>studium | Leistungs-<br>punkte |
| Vorlesung mit Übung „Beschleuniger-<br>physik“ (WP)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                              | 1 (2)                                             | P                                                                    |                       | 138 h              | 6 LP                 |
| Vorlesung (WP)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | V                                                                                                                            |                                                   |                                                                      | 3 SWS                 |                    |                      |
| Übung (WP)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Ü                                                                                                                            |                                                   |                                                                      | 1 SWS                 |                    |                      |
| Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                              |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Anwesenheit                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                              |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Aktive Teilnahme                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | gemäß §5 Abs. 3                                                                                                              |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Studienleistung(en)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben und/oder Projekten                                                               |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Modulprüfung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Klausur (Umfang 120 Min., Bearbeitungszeit maximal 180 Min.),<br>mündliche Prüfung (30 Min), Hausarbeit oder eigener Vortrag |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| 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. |                                                                                                                              |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| 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.                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                              |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| 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>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                              |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Zugangsvoraussetzungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                              |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                              |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                              |                                                   | Unterrichtssprache Englisch<br>Prüfungssprache Deutsch oder Englisch |                       |                    |                      |
| Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                              |                                                   | 6/ΣLP (siehe §17, Abs. 5 PO)                                         |                       |                    |                      |
| Häufigkeit des Angebots                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                              |                                                   | Jedes Wintersemester                                                 |                       |                    |                      |
| Begründung der Anwesenheitspflicht Veranstaltungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                              |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                              |                                                   | Prof. Dr. K. Aulenbacher                                             |                       |                    |                      |
| Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                              |                                                   | M.Sc. Physik, M.Sc. Angewandte Physik                                |                       |                    |                      |
| Sonstiges                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                              |                                                   | Sprache: Englisch                                                    |                       |                    |                      |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                         |                                                   |                                                                                                                                                                                                                                          |                  |               |                 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|---------------|-----------------|
| Modul 806                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | „Vertiefende Kapitel der Teilchenphysik“<br>„Advanced Particle Physics“ |                                                   |                                                                                                                                                                                                                                          |                  | 08.128.806    |                 |
| Pflicht- oder Wahlpflichtmodul                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | WP                                                                      |                                                   |                                                                                                                                                                                                                                          |                  |               |                 |
| Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 6 LP = 180 h                                                            |                                                   |                                                                                                                                                                                                                                          |                  |               |                 |
| Moduldauer<br>(laut Studienverlaufsplan)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 1                                                                       |                                                   |                                                                                                                                                                                                                                          |                  |               |                 |
| Lehrveranstaltungen/<br>Lernformen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Art                                                                     | Regelsemester<br>bei Studienbeginn<br>WiSe (SoSe) | Verpflichtungsgrad                                                                                                                                                                                                                       | Kontaktzeit(SWS) | Selbststudium | Leistungspunkte |
| Vorlesung mit Übung „Titel“ (WP)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                         | 1 o. 2                                            | P                                                                                                                                                                                                                                        |                  | 138 h         | 6 LP            |
| Vorlesung (WP)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | V                                                                       |                                                   |                                                                                                                                                                                                                                          | 3 SWS            |               |                 |
| Übung (WP)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Ü                                                                       |                                                   |                                                                                                                                                                                                                                          | 1 SWS            |               |                 |
| Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                         |                                                   |                                                                                                                                                                                                                                          |                  |               |                 |
| Anwesenheit                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                         |                                                   |                                                                                                                                                                                                                                          |                  |               |                 |
| Aktive Teilnahme                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | gemäß §5 Abs. 3                                                         |                                                   |                                                                                                                                                                                                                                          |                  |               |                 |
| Studienleistung(en)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben und/oder Projekten          |                                                   |                                                                                                                                                                                                                                          |                  |               |                 |
| Modulprüfung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Klausur (90-180 Min.) oder mündliche Prüfung (30 Min)                   |                                                   |                                                                                                                                                                                                                                          |                  |               |                 |
| Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                         |                                                   |                                                                                                                                                                                                                                          |                  |               |                 |
| In diesem Modul 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. Das Modul soll weiterführende Kenntnisse bereitstellen, um eine experimentelle Masterarbeit auf einem verwandten Gebiet erfolgreich durchführen zu können. |                                                                         |                                                   |                                                                                                                                                                                                                                          |                  |               |                 |
| 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.                                                                                                                                                                                                                      |                                                                         |                                                   |                                                                                                                                                                                                                                          |                  |               |                 |
| Literatur                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                         |                                                   |                                                                                                                                                                                                                                          |                  |               |                 |
| <ul style="list-style-type: none"><li>• C. Berger, Elementarteilchenphysik</li><li>• D. Griffiths, Introduction to Elementary Particles</li></ul> Weitere Literaturangaben (insbesondere auch aktuelle Publikationen zu den Schwerpunktsthemen) werden zu Beginn der Vorlesung bekanntgegeben.                                                                                                                                                                   |                                                                         |                                                   |                                                                                                                                                                                                                                          |                  |               |                 |
| Zugangsvoraussetzungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                         |                                                   |                                                                                                                                                                                                                                          |                  |               |                 |
| Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                         |                                                   | Kenntnisse auf dem Niveau des Moduls Experimentalphysik 5b „Kern- und Teilchenphysik“ des Bachelor-Studiengangs. Hilfreich, aber nicht vorausgesetzt sind die Kenntnisse der Spezialvorlesung „Elementarteilchenphysik“ des B.Sc. Physik |                  |               |                 |
| Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                         |                                                   | Unterrichtssprache Englisch<br>Prüfungssprache Deutsch oder Englisch                                                                                                                                                                     |                  |               |                 |
| Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                         |                                                   | 6/ $\Sigma$ LP (siehe §17, Abs. 5 PO)                                                                                                                                                                                                    |                  |               |                 |
| Häufigkeit des Angebots                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                         |                                                   | unregelmäßig                                                                                                                                                                                                                             |                  |               |                 |
| Begründung der Anwesenheitspflicht Veranstaltungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                         |                                                   |                                                                                                                                                                                                                                          |                  |               |                 |
| Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                         |                                                   | Prof. Dr. M. Schott                                                                                                                                                                                                                      |                  |               |                 |
| Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                         |                                                   | M.Sc. Physik, M.Sc. Angewandte Physik                                                                                                                                                                                                    |                  |               |                 |
| Sonstiges                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                         |                                                   | Sprache: Englisch                                                                                                                                                                                                                        |                  |               |                 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                          |                                                   |                                                                                                                |                  |               |                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|---------------|-----------------|
| Modul 807                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | „Vertiefende Kapitel der subatomaren Physik“<br>„Advanced Chapters on Subatomic Physics“ |                                                   |                                                                                                                |                  | 08.128.807    |                 |
| Pflicht- oder Wahlpflichtmodul                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | WP                                                                                       |                                                   |                                                                                                                |                  |               |                 |
| Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 6 LP = 180 h                                                                             |                                                   |                                                                                                                |                  |               |                 |
| Moduldauer<br>(laut Studienverlaufsplan)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 1                                                                                        |                                                   |                                                                                                                |                  |               |                 |
| Lehrveranstaltungen/<br>Lernformen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Art                                                                                      | Regelsemester<br>bei Studienbeginn<br>WiSe (SoSe) | Verpflichtungsgrad                                                                                             | Kontaktzeit(SWS) | Selbststudium | Leistungspunkte |
| Vorlesung mit Übung „Vertiefende Kapitel der subatomaren Physik“ (WP)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                          | 1 o. 2                                            | P                                                                                                              |                  | 138 h         | 6 LP            |
| Vorlesung (WP)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | V                                                                                        |                                                   |                                                                                                                | 3 SWS            |               |                 |
| Übung (WP)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Ü                                                                                        |                                                   |                                                                                                                | 1 SWS            |               |                 |
| Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                          |                                                   |                                                                                                                |                  |               |                 |
| Anwesenheit                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                          |                                                   |                                                                                                                |                  |               |                 |
| Aktive Teilnahme                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | gemäß §5 Abs. 3                                                                          |                                                   |                                                                                                                |                  |               |                 |
| Studienleistung(en)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben und/oder Projekten                           |                                                   |                                                                                                                |                  |               |                 |
| Modulprüfung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Klausur (90-180 Min.) oder mündliche Prüfung (30 Min)                                    |                                                   |                                                                                                                |                  |               |                 |
| Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                          |                                                   |                                                                                                                |                  |               |                 |
| Das Modul soll ein vertieftes Verständnis für forschungsnahe Gebiete der Hadronenphysik ermöglichen. Grundlegenden Prinzipien werden u. a. anhand aktueller Forschungsschwerpunkte vorgestellt. Das Modul soll die wesentlichen Kenntnisse bereitstellen, um eine experimentelle Masterarbeit auf einem verwandten Gebiet erfolgreich durchführen zu können.                              |                                                                                          |                                                   |                                                                                                                |                  |               |                 |
| 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. |                                                                                          |                                                   |                                                                                                                |                  |               |                 |
| 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>                                                                                                                                                                |                                                                                          |                                                   |                                                                                                                |                  |               |                 |
| Zugangsvoraussetzungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                          |                                                   |                                                                                                                |                  |               |                 |
| Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                          |                                                   | Kenntnisse auf dem Niveau des Moduls Experimentalphysik 5 „Kern- und Teilchenphysik“ des Bachelor-Studiengangs |                  |               |                 |
| Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                          |                                                   | Unterrichtssprache Englisch<br>Prüfungssprache Deutsch oder Englisch                                           |                  |               |                 |
| Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                          |                                                   | 6/ΣLP (siehe §17, Abs. 5 PO)                                                                                   |                  |               |                 |
| Häufigkeit des Angebots                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                          |                                                   | Jedes Semester                                                                                                 |                  |               |                 |
| Begründung der Anwesenheitspflicht Veranstaltungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                          |                                                   |                                                                                                                |                  |               |                 |
| Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                          |                                                   | Prof. Dr. A. Denig                                                                                             |                  |               |                 |
| Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                          |                                                   | M.Sc. Physik, M.Sc. Angewandte Physik                                                                          |                  |               |                 |
| Sonstiges                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                          |                                                   | Sprache: Englisch                                                                                              |                  |               |                 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                         |                                                   |                         |                                                                                                                            |                    |                      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|----------------------|
| Modul 808                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | „Vertiefende Kapitel der Astroteilchen- und Astro-Physik“<br>„Advanced Astroparticle- and Astrophysics“ |                                                   |                         |                                                                                                                            | 08.128.808         |                      |
| Pflicht- oder Wahlpflichtmodul                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | WP                                                                                                      |                                                   |                         |                                                                                                                            |                    |                      |
| Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 6 LP = 180 h                                                                                            |                                                   |                         |                                                                                                                            |                    |                      |
| Moduldauer<br>(laut Studienverlaufsplan)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 1                                                                                                       |                                                   |                         |                                                                                                                            |                    |                      |
| Lehrveranstaltungen/<br>Lernformen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Art                                                                                                     | Regelsemester<br>bei Studienbeginn<br>WiSe (SoSe) | Verpflich-<br>tungsgrad | Kontakt-<br>zeit(SWS)                                                                                                      | Selbst-<br>studium | Leistungs-<br>punkte |
| Vorlesung mit Übung „Vertiefende Ka-<br>pitel der Astroteilchen- und Astro-<br>Physik“ (WP)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                         | 1 o. 2                                            | P                       |                                                                                                                            | 138 h              | 6 LP                 |
| Vorlesung (WP)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | V                                                                                                       |                                                   |                         | 3 SWS                                                                                                                      |                    |                      |
| Übung (WP)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Ü                                                                                                       |                                                   |                         | 1 SWS                                                                                                                      |                    |                      |
| Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                         |                                                   |                         |                                                                                                                            |                    |                      |
| Anwesenheit                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                         |                                                   |                         |                                                                                                                            |                    |                      |
| Aktive Teilnahme                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | gemäß §5 Abs. 3                                                                                         |                                                   |                         |                                                                                                                            |                    |                      |
| Studienleistung(en)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben und/oder Projekten                                          |                                                   |                         |                                                                                                                            |                    |                      |
| Modulprüfung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Klausur (90-180 Min.) oder mündliche Prüfung (30 Min)                                                   |                                                   |                         |                                                                                                                            |                    |                      |
| Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                         |                                                   |                         |                                                                                                                            |                    |                      |
| Das Modul sollen ein vertieftes Verständnis für forschungsnahe Gebiete der Astroteilchenphysik oder der Nuklea-<br>ren Astrophysik bereitstellen. Grundlegende Prinzipien werden u. A. anhand aktueller Forschungsschwerpunkte<br>vorgestellt. Das Modul soll die wesentlichen Kenntnisse bereitstellen, um eine experimentelle Masterarbeit auf<br>einem verwandten Gebiet erfolgreich durchführen zu können. |                                                                                                         |                                                   |                         |                                                                                                                            |                    |                      |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                         |                                                   |                         |                                                                                                                            |                    |                      |
| Je nach Dozentin oder Dozent erfolgt eine Schwerpunktsetzung auf nukleare oder teilchenphysikalische Aspekte<br>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>           |                                                                                                         |                                                   |                         |                                                                                                                            |                    |                      |
| Zugangsvoraussetzungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                         |                                                   |                         |                                                                                                                            |                    |                      |
| Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul<br>bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                         |                                                   |                         | Kenntnisse auf dem Niveau des Moduls Ex-<br>perimentalphysik 5b „Kern- und Teilchen-<br>physik“ des Bachelor-Studiengangs. |                    |                      |
| Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                         |                                                   |                         | Unterrichtssprache Englisch<br>Prüfungssprache Deutsch oder Englisch                                                       |                    |                      |
| Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                         |                                                   |                         | 6/ΣLP (siehe §17, Abs. 5 PO)                                                                                               |                    |                      |
| Häufigkeit des Angebots                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                         |                                                   |                         | unregelmäßig                                                                                                               |                    |                      |
| Begründung der Anwesenheitspflicht Veranstaltungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                         |                                                   |                         |                                                                                                                            |                    |                      |
| Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                         |                                                   |                         | Prof. Dr. U. Oberlack                                                                                                      |                    |                      |
| Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                         |                                                   |                         | M.Sc. Physik, M.Sc. Angewandte Physik                                                                                      |                    |                      |
| Sonstiges                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                         |                                                   |                         | Sprache: Englisch                                                                                                          |                    |                      |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                              |                                                   |                                                                                                                   |                       |                    |                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------|----------------------|
| Modul 722                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Materialwissenschaften<br>Materials Science                                                                                  |                                                   |                                                                                                                   |                       | 08.128.722         |                      |
| Pflicht- oder Wahlpflichtmodul                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | WP                                                                                                                           |                                                   |                                                                                                                   |                       |                    |                      |
| Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 6 LP = 180 h                                                                                                                 |                                                   |                                                                                                                   |                       |                    |                      |
| Moduldauer<br>(laut Studienverlaufsplan)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 1                                                                                                                            |                                                   |                                                                                                                   |                       |                    |                      |
| Lehrveranstaltungen/<br>Lernformen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Art                                                                                                                          | Regelsemester<br>bei Studienbeginn<br>WiSe (SoSe) | Verpflich-<br>tungsgrad                                                                                           | Kontakt-<br>zeit(SWS) | Selbst-<br>studium | Leistungs-<br>punkte |
| Vorlesung mit Übung „Materialwissen-<br>schaften“ (WP)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                              | 1 o. 2                                            | P                                                                                                                 |                       | 138 h              | 6 LP                 |
| Vorlesung (WP)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | V                                                                                                                            |                                                   |                                                                                                                   | 3 SWS                 |                    |                      |
| Übung (WP)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Ü                                                                                                                            |                                                   |                                                                                                                   | 1 SWS                 |                    |                      |
| Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                              |                                                   |                                                                                                                   |                       |                    |                      |
| Anwesenheit                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                              |                                                   |                                                                                                                   |                       |                    |                      |
| Aktive Teilnahme                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | gemäß §5 Abs. 3                                                                                                              |                                                   |                                                                                                                   |                       |                    |                      |
| Studienleistung(en)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben und/oder Projekten                                                               |                                                   |                                                                                                                   |                       |                    |                      |
| Modulprüfung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Klausur (Umfang 120 Min., Bearbeitungszeit maximal 180 Min.),<br>mündliche Prüfung (30 Min), Hausarbeit oder eigener Vortrag |                                                   |                                                                                                                   |                       |                    |                      |
| 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. |                                                                                                                              |                                                   |                                                                                                                   |                       |                    |                      |
| 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.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                              |                                                   |                                                                                                                   |                       |                    |                      |
| Literatur                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                              |                                                   |                                                                                                                   |                       |                    |                      |
| Speziellere Lehrbücher der Materialwissenschaft und der kondensierten Materie, Lehrbücher zu speziellen Materialien, Sommerschulprogramme, Forschungsnahe Veröffentlichungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                              |                                                   |                                                                                                                   |                       |                    |                      |
| Zugangsvoraussetzungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                              |                                                   |                                                                                                                   |                       |                    |                      |
| Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                              |                                                   | Kenntnisse auf dem Niveau des Moduls Experimentalphysik „Physik kondensierter Materie“ des Bachelor-Studiengangs. |                       |                    |                      |
| Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                              |                                                   | Unterrichtssprache Englisch<br>Prüfungssprache Deutsch oder Englisch                                              |                       |                    |                      |
| Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                              |                                                   | 6/ΣLP (siehe §17, Abs. 5 PO)                                                                                      |                       |                    |                      |
| Häufigkeit des Angebots                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                              |                                                   | Jedes Semester                                                                                                    |                       |                    |                      |
| Begründung der Anwesenheitspflicht Veranstaltungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                              |                                                   |                                                                                                                   |                       |                    |                      |
| Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                              |                                                   | Prof. Dr. T. Palberg, Prof. Dr. M. Kläui                                                                          |                       |                    |                      |
| Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                              |                                                   | M.Sc. Physik, M.Sc. Angewandte Physik                                                                             |                       |                    |                      |
| Sonstiges                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                              |                                                   | Sprache: Englisch                                                                                                 |                       |                    |                      |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                           |                                                   |                                                                                                                   |                  |               |                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|---------------|-----------------|
| Modul 721                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Moderne Methoden der Physik kondensierter Materie<br><i>Modern Experimental Methods in Condensed Matter Physics</i>       |                                                   |                                                                                                                   |                  | 08.128.721    |                 |
| Pflicht- oder Wahlpflichtmodul                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | WP                                                                                                                        |                                                   |                                                                                                                   |                  |               |                 |
| Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 6 LP = 180 h                                                                                                              |                                                   |                                                                                                                   |                  |               |                 |
| Moduldauer<br>(laut Studienverlaufsplan)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 1                                                                                                                         |                                                   |                                                                                                                   |                  |               |                 |
| Lehrveranstaltungen/<br>Lernformen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Art                                                                                                                       | Regelsemester<br>bei Studienbeginn<br>WiSe (SoSe) | Verpflichtungsgrad                                                                                                | Kontaktzeit(SWS) | Selbststudium | Leistungspunkte |
| Vorlesung mit Übung „Moderne Methoden der Physik kondensierter Materie“ (WP)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                           | 1 (2)                                             | P                                                                                                                 |                  | 138 h         | 6 LP            |
| Vorlesung (WP)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | V                                                                                                                         |                                                   |                                                                                                                   | 3 SWS            |               |                 |
| Übung (WP)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Ü                                                                                                                         |                                                   |                                                                                                                   | 1 SWS            |               |                 |
| Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                           |                                                   |                                                                                                                   |                  |               |                 |
| Anwesenheit                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                           |                                                   |                                                                                                                   |                  |               |                 |
| Aktive Teilnahme                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | gemäß §5 Abs. 3                                                                                                           |                                                   |                                                                                                                   |                  |               |                 |
| Studienleistung(en)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben und/oder Projekten                                                            |                                                   |                                                                                                                   |                  |               |                 |
| Modulprüfung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Klausur (Umfang 120 Min., Bearbeitungszeit maximal 180 Min.), mündliche Prüfung (30 Min), Hausarbeit oder eigener Vortrag |                                                   |                                                                                                                   |                  |               |                 |
| 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. |                                                                                                                           |                                                   |                                                                                                                   |                  |               |                 |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                           |                                                   |                                                                                                                   |                  |               |                 |
| Je nach Dozentin oder Dozent erfolgt eine Schwerpunktsetzung auf die Themen spektroskopische Methoden, Streumethoden, moderne Mikroskopieverfahren, Rastersondentechniken, anwendungsnahe Materialanalyse, Probenpräparationstechniken, Herstellungsverfahren.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                           |                                                   |                                                                                                                   |                  |               |                 |
| Literatur                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                           |                                                   |                                                                                                                   |                  |               |                 |
| Speziellere Lehrbücher der Materialwissenschaft und der kondensierten Materie, Lehrbücher zu speziellen Verfahren, Sommerschulprogramme, Forschungsnahe Veröffentlichungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                           |                                                   |                                                                                                                   |                  |               |                 |
| Zugangsvoraussetzungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                           |                                                   |                                                                                                                   |                  |               |                 |
| Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                           |                                                   | Kenntnisse auf dem Niveau des Moduls Experimentalphysik „Physik kondensierter Materie“ des Bachelor-Studiengangs. |                  |               |                 |
| Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                           |                                                   | Unterrichtssprache Englisch<br>Prüfungssprache Deutsch oder Englisch                                              |                  |               |                 |
| Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                           |                                                   | 6/ΣLP (siehe §17, Abs. 5 PO)                                                                                      |                  |               |                 |
| Häufigkeit des Angebots                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                           |                                                   | Jedes Wintersemester                                                                                              |                  |               |                 |
| Begründung der Anwesenheitspflicht Veranstaltungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                           |                                                   |                                                                                                                   |                  |               |                 |
| Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                           |                                                   | Prof. Dr. T. Palberg, Prof. Dr. M. Kläui                                                                          |                  |               |                 |
| Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                           |                                                   | M.Sc. Physik, M.Sc. Angewandte Physik                                                                             |                  |               |                 |
| Sonstiges                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                           |                                                   | Sprache: Englisch                                                                                                 |                  |               |                 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                              |                                                   |                                                                                                                             |                       |                    |                      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------|----------------------|
| Modul 7013                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Supraleitung<br><i>Superconductivity</i>                                                                                     |                                                   |                                                                                                                             |                       | 08.128.7013        |                      |
| Pflicht- oder Wahlpflichtmodul                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | WP                                                                                                                           |                                                   |                                                                                                                             |                       |                    |                      |
| Leistungspunkte (LP) und<br>Arbeitsaufwand (workload)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 6 LP = 180 h                                                                                                                 |                                                   |                                                                                                                             |                       |                    |                      |
| Moduldauer<br>(laut Studienverlaufsplan)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 1                                                                                                                            |                                                   |                                                                                                                             |                       |                    |                      |
| Lehrveranstaltungen/<br>Lernformen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Art                                                                                                                          | Regelsemester<br>bei Studienbeginn<br>WiSe (SoSe) | Verpflich-<br>tungsgrad                                                                                                     | Kontakt-<br>zeit(SWS) | Selbst-<br>studium | Leistungs-<br>punkte |
| Vorlesung mit Übung „Superconducti-<br>vity“ (WP)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                              | 1 o. 2                                            | P                                                                                                                           |                       | 138 h              | 6 LP                 |
| Vorlesung (WP)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | V                                                                                                                            |                                                   |                                                                                                                             | 3 SWS                 |                    |                      |
| Übung (WP)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Ü                                                                                                                            |                                                   |                                                                                                                             | 1 SWS                 |                    |                      |
| Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                              |                                                   |                                                                                                                             |                       |                    |                      |
| Anwesenheit                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                              |                                                   |                                                                                                                             |                       |                    |                      |
| Aktive Teilnahme                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | gemäß §5 Abs. 3                                                                                                              |                                                   |                                                                                                                             |                       |                    |                      |
| Studienleistung(en)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben und/oder Projekten                                                               |                                                   |                                                                                                                             |                       |                    |                      |
| Modulprüfung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Klausur (Umfang 120 Min., Bearbeitungszeit maximal 180 Min.),<br>mündliche Prüfung (30 Min), Hausarbeit oder eigener Vortrag |                                                   |                                                                                                                             |                       |                    |                      |
| Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                              |                                                   |                                                                                                                             |                       |                    |                      |
| Den Studierenden sollen die physikalischen Grundlagen der Supraleitung nahe gebracht werden, insbesondere soll ein Verständnis erzielt werden, wie die unabhängigen einzelnen Elektronen im Festkörper zu einem makro-<br>skopischen Quantenzustand kondensieren, welche Symmetrie des Ordnungsparameters damit verknüpft ist, und<br>wie dieser bestimmt wird. Die Studierenden sollen die Transporteigenschaften des supraleitenden Grundzustandes<br>verstehen im Hinblick auf die Möglichkeiten des dissipationsfreien Transportes und die Realisierung supraleitender<br>Quantenphänomene in Form ultrasensitiver Sensoren oder Qubits. An einem oder an mehreren speziellen Themen<br>soll ein vertieftes Verständnis für ein forschungsnahes Spezialgebiet der kondensierten Materie entstehen, das eine<br>gute Grundlage darstellt, eine Masterarbeit erfolgreich durchführen zu können. |                                                                                                                              |                                                   |                                                                                                                             |                       |                    |                      |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                              |                                                   |                                                                                                                             |                       |                    |                      |
| Elektronen in Festkörpern, BCS-Theorie zur Cooper Paar Bildung und Kondensation in den Grundzustand,<br>Phasenübergang und Transporteigenschaften in Ginzburg-Landau Theorie, Typ I und Typ II Supraleiter, der<br>Josephson Effekt und seine Anwendungen in ultrasensitiven Sensoren und als Spannungsnormal, kritische Ströme<br>in Supraleitern, supraleitende Magnete, supraleitende Qubits, Hochtemperatursupraleitung, Transport in zwei-<br>dimensionalen Systemen, verwandte Quanteneffekte wie Quanten Hall Effekt.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                              |                                                   |                                                                                                                             |                       |                    |                      |
| Literatur                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                              |                                                   |                                                                                                                             |                       |                    |                      |
| Speziellere Lehrbücher der kondensierten Materie, Lehrbücher zur Supraleitung, Tinkham: Introduction to Super-<br>conductivity; Kleiner+Buckel: Superconductivity, spezielle Materialien, Sommerschulprogramme, Forschungsnahe<br>Veröffentlichungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                              |                                                   |                                                                                                                             |                       |                    |                      |
| Zugangsvoraussetzungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                              |                                                   |                                                                                                                             |                       |                    |                      |
| Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul<br>bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                              |                                                   | Kenntnisse auf dem Niveau des Moduls Ex-<br>perimentalphysik „Physik kondensierter Ma-<br>terie“ des Bachelor-Studiengangs. |                       |                    |                      |
| Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                              |                                                   | Unterrichtssprache Englisch<br>Prüfungssprache Deutsch oder Englisch                                                        |                       |                    |                      |
| Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                              |                                                   | 6/ΣLP (siehe §17, Abs. 5 PO)                                                                                                |                       |                    |                      |
| Häufigkeit des Angebots                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                              |                                                   | In der Regel jährlich                                                                                                       |                       |                    |                      |
| Begründung der Anwesenheitspflicht Veranstaltungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                              |                                                   |                                                                                                                             |                       |                    |                      |
| Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                              |                                                   | Prof. Dr. G. Jakob, Prof. Dr. M. Jourdan                                                                                    |                       |                    |                      |
| Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                              |                                                   | M.Sc. Physik, M.Sc. Angewandte Physik                                                                                       |                       |                    |                      |
| Sonstiges                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                              |                                                   | Sprache: Englisch                                                                                                           |                       |                    |                      |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                           |                                                   |                                                                                                                   |                       |                    |                      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------|----------------------|
| Modul AdvMat                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | „Einführung fortschrittliche Materialien<br>- von weicher zu fester Materie“<br>„Introduction to Advanced Materials - from<br>soft matter to hard matter“ |                                                   |                                                                                                                   |                       | 08.128.7012        |                      |
| Pflicht- oder Wahlpflichtmodul                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | WP                                                                                                                                                        |                                                   |                                                                                                                   |                       |                    |                      |
| Leistungspunkte (LP) und<br>Arbeitsaufwand (workload)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 6 LP = 180 h                                                                                                                                              |                                                   |                                                                                                                   |                       |                    |                      |
| Moduldauer<br>(laut Studienverlaufsplan)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 1                                                                                                                                                         |                                                   |                                                                                                                   |                       |                    |                      |
| Lehrveranstaltungen/<br>Lernformen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Art                                                                                                                                                       | Regelsemester<br>bei Studienbeginn<br>WiSe (SoSe) | Verpflich-<br>tungsgrad                                                                                           | Kontakt-<br>zeit(SWS) | Selbst-<br>studium | Leistungs-<br>punkte |
| Vorlesung mit Übung „Introduction to<br>Advanced Materials - from soft matter<br>to hard matter“ (WP)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                           | 1 (2)                                             | P                                                                                                                 |                       | 138 h              | 6 LP                 |
| Vorlesung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | V                                                                                                                                                         |                                                   |                                                                                                                   | 3 SWS                 |                    |                      |
| Übung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Ü                                                                                                                                                         |                                                   |                                                                                                                   | 1 SWS                 |                    |                      |
| Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                           |                                                   |                                                                                                                   |                       |                    |                      |
| Anwesenheit                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                           |                                                   |                                                                                                                   |                       |                    |                      |
| Aktive Teilnahme                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | gemäß §5 Abs. 3                                                                                                                                           |                                                   |                                                                                                                   |                       |                    |                      |
| Studienleistung(en)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben und/oder Projekten                                                                                            |                                                   |                                                                                                                   |                       |                    |                      |
| Modulprüfung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Klausur (Umfang 120 Min., Bearbeitungszeit maximal 180 Min.),<br>mündliche Prüfung (30 Min), Hausarbeit oder eigener Vortrag                              |                                                   |                                                                                                                   |                       |                    |                      |
| Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                           |                                                   |                                                                                                                   |                       |                    |                      |
| Den Studierenden sollen die Grundlagen der Physik und Chemie harter und weicher Materie nahe gebracht werden. Insbesondere soll ein Verständnis darüber erzielt werden, wie die Größe, die nanoskopische Anordnung sowie die Wechselwirkungsenergie der atomaren, molekularen und makromolekularen bzw. kolloidalen Bausteine die Materialeigenschaften bestimmt. Als universelle Analyse-methode wird Streuung eingeführt, was sich sowohl zur Untersuchung von harter, als auch von weicher Materie eignet. Für die weiche Materie erfolgt überdies eine Einführung in die Rheologie. An einem oder an mehreren speziellen Themen soll ein vertieftes Verständnis für ein forschungsnahes Spezialgebiet der kondensierten Materie entstehen, das eine gute Grundlage darstellt, eine Masterarbeit erfolgreich durchführen zu können. |                                                                                                                                                           |                                                   |                                                                                                                   |                       |                    |                      |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                           |                                                   |                                                                                                                   |                       |                    |                      |
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Einführung in Kristallstrukturen, Gitterschwingungen und Gitterdefekte</li><li>• Einführung in weiche Materie inklusive Polymere</li><li>• Einführung in Streuung mit Photonen, Neutronen und Elektronen zur Untersuchung von Kristallen, Polymeren und magnetischen Systemen</li><li>• Einführung in die Rheologie von Polymeren</li><li>• Einführung in den Magnetismus</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                           |                                                   |                                                                                                                   |                       |                    |                      |
| Literatur                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                           |                                                   |                                                                                                                   |                       |                    |                      |
| C. Kittel: Einführung in die Festkörperphysik, R. Gross: Festkörperphysik, R. A. J. Jones: Soft Condensed Matter, M. Rubinstein & R. H. Colby: Polymer Physics; S. Blundell: Magnetism in Condensed Matter                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                           |                                                   |                                                                                                                   |                       |                    |                      |
| Zugangsvoraussetzungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                           |                                                   |                                                                                                                   |                       |                    |                      |
| Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                           |                                                   | Kenntnisse auf dem Niveau des Moduls Experimentalphysik „Physik kondensierter Materie“ des Bachelor-Studiengangs. |                       |                    |                      |
| Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                           |                                                   | Unterrichtssprache Englisch<br>Prüfungssprache Deutsch oder Englisch                                              |                       |                    |                      |
| Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                           |                                                   | 6/ΣLP (siehe §17, Abs. 5 PO)                                                                                      |                       |                    |                      |
| Häufigkeit des Angebots                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                           |                                                   | Jedes Wintersemester                                                                                              |                       |                    |                      |
| Begründung der Anwesenheitspflicht Veranstaltungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                           |                                                   |                                                                                                                   |                       |                    |                      |
| Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                           |                                                   | Prof. Dr. M. Kläui                                                                                                |                       |                    |                      |

|                                                    |                                                                                                                                                                            |             |
|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| Modul AdvMat                                       | „Einführung fortschrittliche Materialien<br>- von weicher zu fester Materie“<br><i>„Introduction to Advanced Materials - from<br/>         soft matter to hard matter“</i> | 08.128.7012 |
| Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen | M.Sc. Physik, B.Sc. und M.Sc. Angewandte Physik                                                                                                                            |             |
| Sonstiges                                          | Sprache: Englisch                                                                                                                                                          |             |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                              |                                                   |                                                                                                                   |                       |                    |                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------|----------------------|
| Modul 7014                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Quanten-Spintronik<br><i>Quantum Spintronics</i>                                                                             |                                                   |                                                                                                                   |                       | 08.128.7014        |                      |
| Pflicht- oder Wahlpflichtmodul                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | WP                                                                                                                           |                                                   |                                                                                                                   |                       |                    |                      |
| Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 6 LP = 180 h                                                                                                                 |                                                   |                                                                                                                   |                       |                    |                      |
| Moduldauer<br>(laut Studienverlaufsplan)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 1                                                                                                                            |                                                   |                                                                                                                   |                       |                    |                      |
| Lehrveranstaltungen/<br>Lernformen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Art                                                                                                                          | Regelsemester<br>bei Studienbeginn<br>WiSe (SoSe) | Verpflich-<br>tungsgrad                                                                                           | Kontakt-<br>zeit(SWS) | Selbst-<br>studium | Leistungs-<br>punkte |
| Vorlesung mit Übung „Quantum Spin-<br>tronics“ (WP)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                              | 1 o. 2                                            | P                                                                                                                 |                       | 138 h              | 6 LP                 |
| Vorlesung (WP)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | V                                                                                                                            |                                                   |                                                                                                                   | 3 SWS                 |                    |                      |
| Übung (WP)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Ü                                                                                                                            |                                                   |                                                                                                                   | 1 SWS                 |                    |                      |
| Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                              |                                                   |                                                                                                                   |                       |                    |                      |
| Anwesenheit                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                              |                                                   |                                                                                                                   |                       |                    |                      |
| Aktive Teilnahme                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | gemäß §5 Abs. 3                                                                                                              |                                                   |                                                                                                                   |                       |                    |                      |
| Studienleistung(en)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben und/oder Projekten                                                               |                                                   |                                                                                                                   |                       |                    |                      |
| Modulprüfung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Klausur (Umfang 120 Min., Bearbeitungszeit maximal 180 Min.),<br>mündliche Prüfung (30 Min), Hausarbeit oder eigener Vortrag |                                                   |                                                                                                                   |                       |                    |                      |
| Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                              |                                                   |                                                                                                                   |                       |                    |                      |
| Den Studierenden sollen die physikalischen Grundlagen des Magnetismus von klassischen makroskopischen Beschreibungen bis zum quantenmechanischen Einzelspin nahe gebracht werden. Insbesondere soll ein Verständnis erzielt werden, wie einzelne Elektronen im Festkörper durch die Austauschkopplung zu einer makroskopischen Magnetisierung führen. Die Dynamik von Spins wird klassisch als auch quantenmechanisch besprochen und Methoden zur Messung werden erklärt. Auf der Anwendungsseite wird energiesparende Magnetoelektronik für Speicher, Sensorik und Logik eingeführt und Spin-basierte Qubits werden erklärt. Studenten werden die Konzepte von emergenten Phänomenen und den Übergang von klassischen und quantenmechanischen Effekten im Beispiel des Spin verstehen und das Anwendungspotential abschätzen können. An einem oder an mehreren speziellen Themen soll ein vertieftes Verständnis für ein forschungsnahes Spezialgebiet der kondensierten Materie entstehen, das eine gute Grundlage darstellt, eine Masterarbeit erfolgreich durchführen zu können. |                                                                                                                              |                                                   |                                                                                                                   |                       |                    |                      |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                              |                                                   |                                                                                                                   |                       |                    |                      |
| Einzel-Spins und resultierende magnetische Momente, Spin Ensembles und thermodynamische Effekte, Kopplung von Spins, Spindynamik, Mikromagnetismus, Spin Torque Effekte, Spin Transport und Magnetowiderstandseffekte, Realisierung von QuBits mit Spins, Messmethoden für Spins, Anwendungen von Spin.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                              |                                                   |                                                                                                                   |                       |                    |                      |
| Literatur                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                              |                                                   |                                                                                                                   |                       |                    |                      |
| Speziellere Lehrbücher der kondensierten Materie, Lehrbücher zu Magnetismus, S. Blundell: Magnetism in Condensed Matter, J. M. D. Coey: Magnetism and Magnetic Materials, J. Stöhr & H. c. Siegmann: Magnetism – from fundamentals to nanoscale dynamics, speziellen Materialien, Sommerschulprogramme, Forschungsnahe Veröffentlichungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                              |                                                   |                                                                                                                   |                       |                    |                      |
| Zugangsvoraussetzungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                              |                                                   |                                                                                                                   |                       |                    |                      |
| Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                              |                                                   | Kenntnisse auf dem Niveau des Moduls Experimentalphysik „Physik kondensierter Materie“ des Bachelor-Studiengangs. |                       |                    |                      |
| Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                              |                                                   | Unterrichtssprache Englisch<br>Prüfungssprache Deutsch oder Englisch                                              |                       |                    |                      |
| Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                              |                                                   | 6/ΣLP (siehe §17, Abs. 5 PO)                                                                                      |                       |                    |                      |
| Häufigkeit des Angebots                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                              |                                                   | In der Regel jährlich                                                                                             |                       |                    |                      |
| Begründung der Anwesenheitspflicht Veranstaltungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                              |                                                   |                                                                                                                   |                       |                    |                      |
| Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                              |                                                   | Prof. Dr. M. Kläui                                                                                                |                       |                    |                      |
| Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                              |                                                   | M.Sc. Physik, M.Sc. Angewandte Physik                                                                             |                       |                    |                      |
| Sonstiges                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                              |                                                   | Sprache: Englisch                                                                                                 |                       |                    |                      |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                              |                                                   |                         |                                                                      |                    |                      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------|----------------------------------------------------------------------|--------------------|----------------------|
| Modul 7010                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Weiche Materie an Oberflächen<br>Soft Materials at Interfaces                                                                |                                                   |                         |                                                                      | 08.128.7010        |                      |
| Pflicht- oder Wahlpflichtmodul                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | WP                                                                                                                           |                                                   |                         |                                                                      |                    |                      |
| Leistungspunkte (LP) und<br>Arbeitsaufwand (workload)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 6 LP = 180 h                                                                                                                 |                                                   |                         |                                                                      |                    |                      |
| Moduldauer<br>(laut Studienverlaufsplan)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 1                                                                                                                            |                                                   |                         |                                                                      |                    |                      |
| Lehrveranstaltungen/<br>Lernformen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Art                                                                                                                          | Regelsemester<br>bei Studienbeginn<br>WiSe (SoSe) | Verpflich-<br>tungsgrad | Kontakt-<br>zeit(SWS)                                                | Selbst-<br>studium | Leistungs-<br>punkte |
| Vorlesung mit Übung „Soft Materials at<br>Interfaces“ (WP)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                              | 1 o. 2                                            | P                       |                                                                      | 138 h              | 6 LP                 |
| Vorlesung (WP)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | V                                                                                                                            |                                                   |                         | 3 SWS                                                                |                    |                      |
| Übung (WP)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Ü                                                                                                                            |                                                   |                         | 1 SWS                                                                |                    |                      |
| Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                              |                                                   |                         |                                                                      |                    |                      |
| Anwesenheit                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                              |                                                   |                         |                                                                      |                    |                      |
| Aktive Teilnahme                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | gemäß §5 Abs. 3                                                                                                              |                                                   |                         |                                                                      |                    |                      |
| Studienleistung(en)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben und/oder Projekten                                                               |                                                   |                         |                                                                      |                    |                      |
| Modulprüfung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Klausur (Umfang 120 Min., Bearbeitungszeit maximal 180 Min.),<br>mündliche Prüfung (30 Min), Hausarbeit oder eigener Vortrag |                                                   |                         |                                                                      |                    |                      |
| Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                              |                                                   |                         |                                                                      |                    |                      |
| <p>Der Kurs führt in die physikalischen Prinzipien ein, die der Struktur und Dynamik von weicher Materie in der Nähe von festen, flüssigen und gasförmigen Oberflächen zugrunde liegen. Grenzflächen weicher Materie sind allgegenwärtig in der Natur und in der Technologie, Beispiele sind OLED Anzeigen an Mobiltelefonen, Seifenblasen, und viele biologische Materialien.</p> <p>Ein besonderer Schwerpunkt liegt auf der Beschreibung der Verbindungen zwischen intermolekularen Kräften, der Struktur auf molekularen Skalen, und den physikalischen Materialeigenschaften. Weiterhin führt der Kurs in experimentelle Techniken zur Untersuchung der Grenzflächen auf den relevanten Zeit- und Längenskalen. Hier werden insbesondere Streumethoden und Rastersondenmikroskopie behandelt, die komplementäre Informationen im Real und Fourierraum liefern.</p> <p>Der Kurs wird die Studierenden in die Lage versetzen, viele physikalischen Phänomene in unserem Umfeld zu verstehen, und ihnen grundlegendes Wissen darüber vermitteln, wie die Eigenschaften moderner weicher Materialien für spezifische Anwendungen optimiert werden können. Anhand von Beispielen soll dieses Verständnis vertieft werden und Brücken zu anderen Bereichen der Physik geschlagen werden.</p> |                                                                                                                              |                                                   |                         |                                                                      |                    |                      |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                              |                                                   |                         |                                                                      |                    |                      |
| <p>Die konkreten Inhalte können je nach Dozent leicht variieren. Typische Themen sind</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Thermodynamik von Grenzflächen</li><li>• Oberflächenspannung</li><li>• Selbstorganisation dünner Filme in weicher Materie</li><li>• Geladene fest/flüssig Grenzflächen und die Helmholtzsche Doppelschicht</li><li>• Grenzflächenkräfte und kolloidale Stabilität</li><li>• Grenzflächen-induzierte Phasenübergänge</li><li>• Adsorption und Benetzung</li><li>• Oberflächenaktive Substanzen und Emulsionen</li><li>• Grenzflächen-induziertes Erstarren und Oberflächen-Schmelzen</li><li>• Flüssigkeiten in nanoporösen Materialien</li><li>• Röntgenstreuung und Spektroskopie</li><li>• Rastersonden-Techniken und Kraftmessungen</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                              |                                                   |                         |                                                                      |                    |                      |
| Zugangsvoraussetzungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                              |                                                   |                         |                                                                      |                    |                      |
| Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                              |                                                   |                         |                                                                      |                    |                      |
| Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                              |                                                   |                         | Unterrichtssprache Englisch<br>Prüfungssprache Deutsch oder Englisch |                    |                      |
| Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                              |                                                   |                         | 6/ΣLP (siehe §17, Abs. 5 PO)                                         |                    |                      |
| Häufigkeit des Angebots                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                              |                                                   |                         | Einmal im Jahr                                                       |                    |                      |

|                                                           |                                                                             |                    |
|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| <b>Modul 7010</b>                                         | <b>Weiche Materie an Oberflächen</b><br><i>Soft Materials at Interfaces</i> | <b>08.128.7010</b> |
| <b>Begründung der Anwesenheitspflicht Veranstaltungen</b> |                                                                             |                    |
| <b>Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter</b>            | Prof. Dr. Hans-Jürgen Butt, Prof. Dr. Thomas Palberg, Prof. Dr. F. Schmid   |                    |
| <b>Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen</b> | M.Sc. Physik, M.Sc. Angewandte Physik                                       |                    |
| <b>Sonstiges</b>                                          | Sprache: Englisch                                                           |                    |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                           |                                                   |                         |                       |                    |                      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------|-----------------------|--------------------|----------------------|
| Modul 752                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Nicht-Gleichgewichtsphänomenen in Quantenmaterie<br><i>Nonequilibrium phenomena in quantum matter</i>                     |                                                   |                         |                       | 08.128.752         |                      |
| Pflicht- oder Wahlpflichtmodul                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | WP                                                                                                                        |                                                   |                         |                       |                    |                      |
| Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 6 LP = 180 h                                                                                                              |                                                   |                         |                       |                    |                      |
| Moduldauer<br>(laut Studienverlaufsplan)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 1                                                                                                                         |                                                   |                         |                       |                    |                      |
| Lehrveranstaltungen/<br>Lernformen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Art                                                                                                                       | Regelsemester<br>bei Studienbeginn<br>WiSe (SoSe) | Verpflich-<br>tungsgrad | Kontakt-<br>zeit(SWS) | Selbst-<br>studium | Leistungs-<br>punkte |
| Vorlesung mit Übung „Nonequilibrium phenomena in quantum matter“ (WP)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                           | 1 o. 2                                            | P                       |                       | 138 h              | 6 LP                 |
| Vorlesung (WP)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | V                                                                                                                         |                                                   |                         | 3 SWS                 |                    |                      |
| Übung (WP)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Ü                                                                                                                         |                                                   |                         | 1 SWS                 |                    |                      |
| Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                           |                                                   |                         |                       |                    |                      |
| Anwesenheit                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                           |                                                   |                         |                       |                    |                      |
| Aktive Teilnahme                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | gemäß §5 Abs. 3                                                                                                           |                                                   |                         |                       |                    |                      |
| Studienleistung(en)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben und/oder Projekten                                                            |                                                   |                         |                       |                    |                      |
| Modulprüfung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Klausur (Umfang 120 Min., Bearbeitungszeit maximal 180 Min.), mündliche Prüfung (30 Min), Hausarbeit oder eigener Vortrag |                                                   |                         |                       |                    |                      |
| Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                           |                                                   |                         |                       |                    |                      |
| <p>Das Modul befasst sich mit Nicht-Gleichgewichtsphänomenen in Festkörpern, mit Fokus auf Systeme mit makroskopischen Quantengrundzuständen wie Supraleitung, Ladungs-/Spin-dichtewellen, Ferro- und Antiferromagnetismus. Diese Zustände können, mit dem sogenannten PPump-ProbeAnsatz, durch optische Impulse im Femtosekundenbereich untersucht und manipuliert werden. Die Entwicklungen auf dem Gebiet der Femtosekunden-Laser-Technologie und Spektroskopischen Methoden in den letzten zwei Jahrzehnten haben Untersuchungen des Femtosekunden-Umschaltens der Magnetisierung, Beobachtungen von Higgs-Moden in Supraleitern sowie Licht-induzierte Verstärkung der Supraleitung ermöglicht.</p> <p>Nach der Einführung des allgemeinen Prinzips der PPump-ProbeSpektroskopie werden mehrere Fallstudien diskutiert. Hier werden verschiedene experimentelle Techniken (THz-Spektroskopie, ultraschnelle Elektronenbeugung, zeitaufgelöste Photoemission usw.) angewendet, um einen der oben genannten makroskopischen Quantenzustände zu untersuchen. Auf diese Weise werden die Grundlagen der nichtlinearen Optik, die neuartige laserbasierte Techniken (die sowohl im Labor als auch in Großforschungs-Einrichtungen im Einsatz sind) ermöglicht und verschiedene Materialklassen mit faszinierenden Funktionseigenschaften behandelt.</p> <p>Das Modul soll einen breiten Überblick über Techniken und Nichtgleichgewichtsphänomene in korrelierten Festkörpern geben und somit eine solide Grundlage für Masterarbeiten in mehreren Bereichen der Festkörperphysik darstellen.</p> |                                                                                                                           |                                                   |                         |                       |                    |                      |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                           |                                                   |                         |                       |                    |                      |
| Grundlagen der nichtlinearen Optik & Ultraschnelle Laser; Prinzipien der Femtosekunden-Echtzeitspektroskopie und Modulationstechniken; Femtosekunden-Thermo-Modulation in Metallen; THz-Erzeugung und THz-Zeitbereichsspektroskopie; Grundlagen der Supraleitung; Elektrodynamik der Systeme mit gebrochener Symmetrie; Dynamik der supraleitenden Energielücke; Mikrowellen-induzierte Verstärkung der Supraleitung; Kollektive (Higgs) Moden in Supraleitern; Grundlagen der Ladungs- und Spin-dichtewellen; Zeitaufgelöste Photoelektronen Spektroskopie; Femtosekunden-Röntgen- und Elektronenbeugung; Magnetisierungsdynamik und optisch-induziertes Schalten der Magnetisierung.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                           |                                                   |                         |                       |                    |                      |
| Literatur                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                           |                                                   |                         |                       |                    |                      |
| B.E.A. Saleh, M.C. Teich: Fundamentals of Photonics, Wiley, 1991; Kittel: Introduction to Solid State physics; M. Dressel and G. Grüner: Electrodynamics of Solids; S. Blundell: MMagnetism in Condensed Matter"; Oxford Master Series in Physics; M. Tinkham: Introduction to Superconductivity; G. Grüner: Density waves in solids; spezielle Übersichtsartikel, Forschungsnahe Veröffentlichungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                           |                                                   |                         |                       |                    |                      |
| Zugangsvoraussetzungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                           |                                                   |                         |                       |                    |                      |

|                                                                                                             |                                                                                                                   |                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| <b>Modul 752</b>                                                                                            | <b>Nicht-Gleichgewichtsphänomenen in Quantenmaterie</b><br><i>Nonequilibrium phenomena in quantum matter</i>      | <b>08.128.752</b> |
| <b>Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls</b> | Kenntnisse auf dem Niveau des Moduls Experimentalphysik „Physik kondensierter Materie“ des Bachelor-Studiengangs. |                   |
| <b>Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)</b>                                                         | Unterrichtssprache Englisch<br>Prüfungssprache Deutsch oder Englisch                                              |                   |
| <b>Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote</b>                                                          | 6/ $\Sigma$ LP (siehe §17, Abs. 5 PO)                                                                             |                   |
| <b>Häufigkeit des Angebots</b>                                                                              | Normalerweise jedes dritte Semester.                                                                              |                   |
| <b>Begründung der Anwesenheitspflicht Veranstaltungen</b>                                                   |                                                                                                                   |                   |
| <b>Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter</b>                                                              | Prof. Dr. J. Demsar                                                                                               |                   |
| <b>Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen</b>                                                   | M.Sc. Physik, M.Sc. Angewandte Physik                                                                             |                   |
| <b>Sonstiges</b>                                                                                            | Sprache: Englisch                                                                                                 |                   |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                           |                                                   |                                                                                                                   |                       |                    |                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------|----------------------|
| Modul Q-Ex-1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Quantenoptik<br><i>Quantum Optics</i>                                                                                     |                                                   |                                                                                                                   |                       | 08.128.729         |                      |
| Pflicht- oder Wahlpflichtmodul                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | WP                                                                                                                        |                                                   |                                                                                                                   |                       |                    |                      |
| Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 6 LP = 180 h                                                                                                              |                                                   |                                                                                                                   |                       |                    |                      |
| Moduldauer<br>(laut Studienverlaufsplan)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 1                                                                                                                         |                                                   |                                                                                                                   |                       |                    |                      |
| Lehrveranstaltungen/<br>Lernformen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Art                                                                                                                       | Regelsemester<br>bei Studienbeginn<br>WiSe (SoSe) | Verpflich-<br>tungsgrad                                                                                           | Kontakt-<br>zeit(SWS) | Selbst-<br>studium | Leistungs-<br>punkte |
| Vorlesung mit Übung „Quantenoptik“ (WP), häufig gemeinsame, integrierte Theorie-Experimentphysik Veranstaltung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                           | 1 (2)                                             | P                                                                                                                 |                       | 138 h              | 6 LP                 |
| Vorlesung (WP)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | V                                                                                                                         |                                                   |                                                                                                                   | 3 SWS                 |                    |                      |
| Übung (WP)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Ü                                                                                                                         |                                                   |                                                                                                                   | 1 SWS                 |                    |                      |
| Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                           |                                                   |                                                                                                                   |                       |                    |                      |
| Anwesenheit                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                           |                                                   |                                                                                                                   |                       |                    |                      |
| Aktive Teilnahme                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | gemäß §5 Abs. 3                                                                                                           |                                                   |                                                                                                                   |                       |                    |                      |
| Studienleistung(en)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben und/oder Projekten                                                            |                                                   |                                                                                                                   |                       |                    |                      |
| Modulprüfung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Klausur (Umfang 120 Min., Bearbeitungszeit maximal 180 Min.), mündliche Prüfung (30 Min), Hausarbeit oder eigener Vortrag |                                                   |                                                                                                                   |                       |                    |                      |
| 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.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                           |                                                   |                                                                                                                   |                       |                    |                      |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                           |                                                   |                                                                                                                   |                       |                    |                      |
| Grundlegende Einführungsveranstaltung zur experimentellen Quantenoptik. Interdisziplinärer, integrierter Kurs häufig gemeinsam abgehalten von Vertretern der Experimentalphysik und der Quantentheorie.<br>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> |                                                                                                                           |                                                   |                                                                                                                   |                       |                    |                      |
| 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>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                           |                                                   |                                                                                                                   |                       |                    |                      |
| Zugangsvoraussetzungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                           |                                                   |                                                                                                                   |                       |                    |                      |
| Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                           |                                                   | Experimentalphysik 5a „Atom- und Quantenphysik“, Theoretische Physik „Quantenmechanik“ des Bachelor-Studiengangs. |                       |                    |                      |

|                                                           |                                                                      |                   |
|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|-------------------|
| <b>Modul Q-Ex-1</b>                                       | <b>Quantenoptik</b><br><i>Quantum Optics</i>                         | <b>08.128.729</b> |
| <b>Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)</b>       | Unterrichtssprache Englisch<br>Prüfungssprache Deutsch oder Englisch |                   |
| <b>Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote</b>        | 6/ $\Sigma$ LP (siehe §17, Abs. 5 PO)                                |                   |
| <b>Häufigkeit des Angebots</b>                            | Jedes Wintersemester                                                 |                   |
| <b>Begründung der Anwesenheitspflicht Veranstaltungen</b> |                                                                      |                   |
| <b>Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter</b>            | Prof. Dr. J. Walz                                                    |                   |
| <b>Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen</b> | M.Sc. Physik, M.Sc. Angewandte Physik                                |                   |
| <b>Sonstiges</b>                                          | Sprache: Englisch                                                    |                   |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                              |                                                   |                                                                                                                                                                     |                       |                    |                      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------|----------------------|
| Modul Q-Ex-2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Photonik<br>Photonics                                                                                                        |                                                   |                                                                                                                                                                     |                       | 08.128.803         |                      |
| Pflicht- oder Wahlpflichtmodul                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | WP                                                                                                                           |                                                   |                                                                                                                                                                     |                       |                    |                      |
| Leistungspunkte (LP) und<br>Arbeitsaufwand (workload)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 6 LP = 180 h                                                                                                                 |                                                   |                                                                                                                                                                     |                       |                    |                      |
| Moduldauer<br>(laut Studienverlaufsplan)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 1                                                                                                                            |                                                   |                                                                                                                                                                     |                       |                    |                      |
| Lehrveranstaltungen/<br>Lernformen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Art                                                                                                                          | Regelsemester<br>bei Studienbeginn<br>WiSe (SoSe) | Verpflich-<br>tungsgrad                                                                                                                                             | Kontakt-<br>zeit(SWS) | Selbst-<br>studium | Leistungs-<br>punkte |
| Vorlesung mit Übung „Photonik“ (WP)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                              | 2 (1)                                             | P                                                                                                                                                                   |                       | 138 h              | 6 LP                 |
| Vorlesung (WP)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | V                                                                                                                            |                                                   |                                                                                                                                                                     | 3 SWS                 |                    |                      |
| Übung (WP)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Ü                                                                                                                            |                                                   |                                                                                                                                                                     | 1 SWS                 |                    |                      |
| Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                              |                                                   |                                                                                                                                                                     |                       |                    |                      |
| Anwesenheit                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                              |                                                   |                                                                                                                                                                     |                       |                    |                      |
| Aktive Teilnahme                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | gemäß §5 Abs. 3                                                                                                              |                                                   |                                                                                                                                                                     |                       |                    |                      |
| Studienleistung(en)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben und/oder Projekten                                                               |                                                   |                                                                                                                                                                     |                       |                    |                      |
| Modulprüfung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Klausur (Umfang 120 Min., Bearbeitungszeit maximal 180 Min.),<br>mündliche Prüfung (30 Min), Hausarbeit oder eigener Vortrag |                                                   |                                                                                                                                                                     |                       |                    |                      |
| 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.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                              |                                                   |                                                                                                                                                                     |                       |                    |                      |
| 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> |                                                                                                                              |                                                   |                                                                                                                                                                     |                       |                    |                      |
| 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>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                              |                                                   |                                                                                                                                                                     |                       |                    |                      |
| Zugangsvoraussetzungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                              |                                                   |                                                                                                                                                                     |                       |                    |                      |
| Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                              |                                                   | Experimentalphysik 3 „Wellen- und Quantenphysik“, Experimentalphysik 5a „Atom- und Quantenphysik“, Theoretische Physik „Quantenmechanik“ des Bachelor-Studiengangs. |                       |                    |                      |

|                                                           |                                                                      |                   |
|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|-------------------|
| <b>Modul Q-Ex-2</b>                                       | <b>Photonik</b><br><i>Photonics</i>                                  | <b>08.128.803</b> |
| <b>Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)</b>       | Unterrichtssprache Englisch<br>Prüfungssprache Deutsch oder Englisch |                   |
| <b>Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote</b>        | 6/ $\Sigma$ LP (siehe §17, Abs. 5 PO)                                |                   |
| <b>Häufigkeit des Angebots</b>                            | Jedes Sommersemester                                                 |                   |
| <b>Begründung der Anwesenheitspflicht Veranstaltungen</b> |                                                                      |                   |
| <b>Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter</b>            | Prof. Dr. K. Wendt, Prof. Dr. J. Walz                                |                   |
| <b>Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen</b> | M.Sc. Physik, M.Sc. Angewandte Physik                                |                   |
| <b>Sonstiges</b>                                          | Sprache: Englisch                                                    |                   |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                              |                                                   |                         |                       |                    |                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------|-----------------------|--------------------|----------------------|
| Modul Q-Ex-3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Quanteninformation<br><i>Quantum Information</i>                                                                             |                                                   |                         |                       | 08.128.804         |                      |
| Pflicht- oder Wahlpflichtmodul                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | WP                                                                                                                           |                                                   |                         |                       |                    |                      |
| Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 6 LP = 180 h                                                                                                                 |                                                   |                         |                       |                    |                      |
| Moduldauer<br>(laut Studienverlaufsplan)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 1                                                                                                                            |                                                   |                         |                       |                    |                      |
| Lehrveranstaltungen/<br>Lernformen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Art                                                                                                                          | Regelsemester<br>bei Studienbeginn<br>WiSe (SoSe) | Verpflich-<br>tungsgrad | Kontakt-<br>zeit(SWS) | Selbst-<br>studium | Leistungs-<br>punkte |
| Vorlesung mit Übungen „Quantenin-<br>formation“ (WP), häufig gemeinsame,<br>integrierte Theorie-Experimentphysik<br>Veranstaltung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                              | 2 (1)                                             | P                       |                       | 138 h              | 6 LP                 |
| Vorlesung (WP)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | V                                                                                                                            |                                                   |                         | 3 SWS                 |                    |                      |
| Übung (WP)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Ü                                                                                                                            |                                                   |                         | 1 SWS                 |                    |                      |
| Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                              |                                                   |                         |                       |                    |                      |
| Anwesenheit                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                              |                                                   |                         |                       |                    |                      |
| Aktive Teilnahme                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | gemäß §5 Abs. 3                                                                                                              |                                                   |                         |                       |                    |                      |
| Studienleistung(en)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben und/oder Projekten                                                               |                                                   |                         |                       |                    |                      |
| Modulprüfung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Klausur (Umfang 120 Min., Bearbeitungszeit maximal 180 Min.),<br>mündliche Prüfung (30 Min), Hausarbeit oder eigener Vortrag |                                                   |                         |                       |                    |                      |
| Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                              |                                                   |                         |                       |                    |                      |
| Aufbauend auf Wissen aus der Quantenmechanik sowie aus der Atom- und Quantenphysik sollen mit den Studie-<br>renden die grundlegenden theoretischen Konzepte der Quanteninformation und des Quantenrechnens erarbeitet<br>werden. Auf der experimentellen Seite soll den Studierenden die Anwendung und Umsetzung dieser Konzepte im<br>Rahmen der Quantenoptik anhand von experimentellen Plattformen nahe gebracht werden.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                              |                                                   |                         |                       |                    |                      |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                              |                                                   |                         |                       |                    |                      |
| Weiterführende Veranstaltung im Bereich der Quantenoptik, Atomphysik und deren speziellen Anwendung in der<br>Quanteninformation. Der Kurs ist separat belegbar, Konzepte aus Quantenoptik und Vielteilchenphysik werden<br>angewendet. Interdisziplinärer, integrierter Kurs, häufig gemeinsam abgehalten von Vertretern der Experimental-<br>physik und der Quantentheorie.<br>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<br/>Quantencomputer, Neutralatome in optischen Gittern, Festkörper und supraleitende Quantenprozessoren</li></ul> |                                                                                                                              |                                                   |                         |                       |                    |                      |
| 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>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                              |                                                   |                         |                       |                    |                      |

|                                                                                                             |                                                                                                                   |                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| <b>Modul Q-Ex-3</b>                                                                                         | <b>Quanteninformation</b><br><i>Quantum Information</i>                                                           | <b>08.128.804</b> |
| <b>Zugangsvoraussetzungen</b>                                                                               |                                                                                                                   |                   |
| <b>Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls</b> | Experimentalphysik 5a „Atom- und Quantenphysik“, Theoretische Physik „Quantenmechanik“ des Bachelor-Studiengangs. |                   |
| <b>Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)</b>                                                         | Unterrichtssprache Englisch<br>Prüfungssprache Deutsch oder Englisch                                              |                   |
| <b>Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote</b>                                                          | 6/ $\Sigma$ LP (siehe §17, Abs. 5 PO)                                                                             |                   |
| <b>Häufigkeit des Angebots</b>                                                                              | Jedes Sommersemester                                                                                              |                   |
| <b>Begründung der Anwesenheitspflicht Veranstaltungen</b>                                                   |                                                                                                                   |                   |
| <b>Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter</b>                                                              | Prof. Dr. F. Schmidt-Kaler                                                                                        |                   |
| <b>Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen</b>                                                   | M.Sc. Physik, M.Sc. Angewandte Physik                                                                             |                   |
| <b>Sonstiges</b>                                                                                            | Sprache: Englisch                                                                                                 |                   |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                           |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------|----------------------|
| Modul Q-Ex-4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Fundamentale Präzisionsmessungen<br><i>Precision fundamental physics</i>                                                  |                                                   |                                                                      |                       | 08.128.805         |                      |
| Pflicht- oder Wahlpflichtmodul                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | WP                                                                                                                        |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 6 LP = 180 h                                                                                                              |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Moduldauer<br>(laut Studienverlaufsplan)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 1                                                                                                                         |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Lehrveranstaltungen/<br>Lernformen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Art                                                                                                                       | Regelsemester<br>bei Studienbeginn<br>WiSe (SoSe) | Verpflich-<br>tungsgrad                                              | Kontakt-<br>zeit(SWS) | Selbst-<br>studium | Leistungs-<br>punkte |
| Vorlesung mit Übung „Fundamentale Präzisionsmessungen“ (WP)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                           | 1 (2)                                             | P                                                                    |                       | 138 h              | 6 LP                 |
| Vorlesung (WP)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | V                                                                                                                         |                                                   |                                                                      | 3 SWS                 |                    |                      |
| Übung (WP)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Ü                                                                                                                         |                                                   |                                                                      | 1 SWS                 |                    |                      |
| Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                           |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Anwesenheit                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                           |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Aktive Teilnahme                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | gemäß §5 Abs. 3                                                                                                           |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Studienleistung(en)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben und/oder Projekten                                                            |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Modulprüfung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Klausur (Umfang 120 Min., Bearbeitungszeit maximal 180 Min.), mündliche Prüfung (30 Min), Hausarbeit oder eigener Vortrag |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| 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.                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                           |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| 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> |                                                                                                                           |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Literatur                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                           |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Lehrbücher der Atomphysik</li><li>• Sommerschulprogramme</li><li>• forschungsnahe Veröffentlichungen</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                           |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Zugangsvoraussetzungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                           |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                           |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                           |                                                   | Unterrichtssprache Englisch<br>Prüfungssprache Deutsch oder Englisch |                       |                    |                      |
| Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                           |                                                   | 6/ΣLP (siehe §17, Abs. 5 PO)                                         |                       |                    |                      |
| Häufigkeit des Angebots                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                           |                                                   | Jedes Wintersemester                                                 |                       |                    |                      |
| Begründung der Anwesenheitspflicht Veranstaltungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                           |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                           |                                                   | Prof. Dr. J. Walz                                                    |                       |                    |                      |

|                                                           |                                                                                 |                   |
|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| <b>Modul Q-Ex-4</b>                                       | <b>Fundamentale Präzisionsmessungen</b><br><i>Precision fundamental physics</i> | <b>08.128.805</b> |
| <b>Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen</b> | M.Sc. Physik, M.Sc. Angewandte Physik                                           |                   |
| <b>Sonstiges</b>                                          | Sprache: Englisch                                                               |                   |

## 4.2 Ingenieurwissenschaften und Angewandte Module

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                              |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------|----------------------|
| Modul 730                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Statistik, Datenanalyse und Simulation<br><i>Statistics, Data Analysis and Simulation</i>                                    |                                                   |                                                                      |                       | 08.128.730         |                      |
| Pflicht- oder Wahlpflichtmodul                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | P / WP                                                                                                                       |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 6 LP = 180 h                                                                                                                 |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Moduldauer<br>(laut Studienverlaufsplan)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 1                                                                                                                            |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Lehrveranstaltungen/<br>Lernformen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Art                                                                                                                          | Regelsemester<br>bei Studienbeginn<br>WiSe (SoSe) | Verpflich-<br>tungsgrad                                              | Kontakt-<br>zeit(SWS) | Selbst-<br>studium | Leistungs-<br>punkte |
| Vorlesung mit Übung „Statistik, Daten-<br>analyse und Simulation“ (WP)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                              | 2 (1)                                             | P                                                                    |                       | 138 h              | 6 LP                 |
| Vorlesung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | V                                                                                                                            |                                                   |                                                                      | 3 SWS                 |                    |                      |
| Übung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Ü                                                                                                                            |                                                   |                                                                      | 1 SWS                 |                    |                      |
| Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                              |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Anwesenheit                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                              |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Aktive Teilnahme                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | gemäß §5 Abs. 3                                                                                                              |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Studienleistung(en)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben und/oder Projekten                                                               |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Modulprüfung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Klausur (Umfang 120 Min., Bearbeitungszeit maximal 180 Min.),<br>mündliche Prüfung (30 Min), Hausarbeit oder eigener Vortrag |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                              |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Das Modul 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 das Modul 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. |                                                                                                                              |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| 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>                                                                                                                                       |                                                                                                                              |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Zugangsvoraussetzungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                              |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                              |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                              |                                                   | Unterrichtssprache Englisch<br>Prüfungssprache Deutsch oder Englisch |                       |                    |                      |
| Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                              |                                                   | 6/ΣLP (siehe §17, Abs. 5 PO)                                         |                       |                    |                      |
| Häufigkeit des Angebots                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                              |                                                   | Jedes Sommersemester                                                 |                       |                    |                      |
| Begründung der Anwesenheitspflicht Veranstaltungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                              |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                              |                                                   | Prof. Dr. M. Schott                                                  |                       |                    |                      |
| Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                              |                                                   | B.Sc. und M.Sc. Angewandte Physik, M.Sc. Physik                      |                       |                    |                      |
| Sonstiges                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                              |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                     |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------|----------------------|
| Modul FPGA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | FPGA Programmierung<br>FPGA Programming             |                                                   |                                                                      |                       | 08.079.20590       |                      |
| Pflicht- oder Wahlpflichtmodul                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | WP                                                  |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Leistungspunkte (LP) und<br>Arbeitsaufwand (workload)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 6 LP = 180 h                                        |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Moduldauer<br>(laut Studienverlaufsplan)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 1                                                   |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Lehrveranstaltungen/<br>Lernformen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Art                                                 | Regelsemester<br>bei Studienbeginn<br>WiSe (SoSe) | Verpflich-<br>tungsgrad                                              | Kontakt-<br>zeit(SWS) | Selbst-<br>studium | Leistungs-<br>punkte |
| Vorlesung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | V                                                   | 2 (1)                                             | P                                                                    | 3                     | 138                | 6 LP                 |
| Übungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Ü                                                   |                                                   |                                                                      | 1                     |                    |                      |
| Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                     |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Anwesenheit                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                     |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Aktive Teilnahme                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Erfolgreiche Bearbeitung der Übungsaufgaben.        |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Studienleistung(en)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                     |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Modulprüfung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Klausur (120 Min.) oder mündliche Prüfung (20 Min.) |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                     |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Die Teilnehmer sollen am Ende des Kurses in der Lage sein, unter Benutzung der entsprechenden Werkzeuge eine eigene Schaltung (z.B. eine einfache CPU) in einem FPGA umzusetzen und die von den Werkzeugen eingesetzten Techniken und Algorithmen zu verstehen.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                     |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                     |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Funktionen und Anwendungen von programmierbaren Logikbausteinen (FPGAs) werden besprochen. Der Entwurf, die Synthese und die Simulation von digitalen Schaltungen in einer Hardwarebeschreibungssprache (z.B. VHDL) werden sowohl in der Vorlesung als auch in der praktischen Übung mit FPGAs behandelt. Im einzelnen sind folgende Themen vorgesehen. <ul style="list-style-type: none"><li>• CMOS, Gatter, kombinatorische Logik</li><li>• Register, Takt, Pipelines</li><li>• Simulation und Synthese</li><li>• Place and Route</li><li>• Schnelle Schaltungen</li><li>• VHDL Design Patterns</li><li>• Synchronisation</li><li>• Speicher und vordefinierte Logikblöcke (IP)</li><li>• Busse und andere Interfaces</li></ul> |                                                     |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Zugangsvoraussetzungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                     |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                     |                                                   | Kenntnisse im Bereich der Programmierung                             |                       |                    |                      |
| Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                     |                                                   | Unterrichtssprache Englisch<br>Prüfungssprache Deutsch oder Englisch |                       |                    |                      |
| Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                     |                                                   | 6/ΣLP (siehe §17, Abs. 5 PO)                                         |                       |                    |                      |
| Häufigkeit des Angebots                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                     |                                                   | Jedes Sommersemester                                                 |                       |                    |                      |
| Begründung der Anwesenheitspflicht Veranstaltungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                     |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                     |                                                   | Prof. Dr. Berger (Physik)                                            |                       |                    |                      |
| Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                     |                                                   | B.Sc. und M.Sc. Angewandte Physik                                    |                       |                    |                      |
| Sonstiges                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                     |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                     |                                                   |                                                                      |                  |               |                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|------------------|---------------|-----------------|
| Modul TechV                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Technik des Vakuums und der tiefen Temperaturen<br><i>Techniques of vacuum and low temperatures</i> |                                                   |                                                                      |                  | 08.128.22130  |                 |
| Pflicht- oder Wahlpflichtmodul                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | WP                                                                                                  |                                                   |                                                                      |                  |               |                 |
| Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 6 LP = 180 h                                                                                        |                                                   |                                                                      |                  |               |                 |
| Moduldauer<br>(laut Studienverlaufsplan)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 1                                                                                                   |                                                   |                                                                      |                  |               |                 |
| Lehrveranstaltungen/<br>Lernformen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Art                                                                                                 | Regelsemester<br>bei Studienbeginn<br>WiSe (SoSe) | Verpflichtungsgrad                                                   | Kontaktzeit(SWS) | Selbststudium | Leistungspunkte |
| Vorlesung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | V                                                                                                   | 1 (2)                                             | P                                                                    | 3                | 138           | 6 LP            |
| Übungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Ü                                                                                                   |                                                   |                                                                      | 1                |               |                 |
| Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                     |                                                   |                                                                      |                  |               |                 |
| Anwesenheit                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                     |                                                   |                                                                      |                  |               |                 |
| Aktive Teilnahme                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Erfolgreiche Bearbeitung der Übungsaufgaben.                                                        |                                                   |                                                                      |                  |               |                 |
| Studienleistung(en)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                     |                                                   |                                                                      |                  |               |                 |
| Modulprüfung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Klausur (120 Min.) oder mündliche Prüfung (30 Min.)                                                 |                                                   |                                                                      |                  |               |                 |
| Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                     |                                                   |                                                                      |                  |               |                 |
| In Technik und Grundlagenforschung geht es um die Einhaltung geeigneter experimenteller Bedingungen, insbesondere was die Einhaltung geeigneter Temperatur- Vakuumbedingungen angeht. Selbstständige Arbeit bzw. Forschung erfordert ein Verständnis der physikalischen Grundlagen, in diesem Falle von kinetischer Gasttheorie und (weitgehend) klassischer Thermodynamik. Ziel des Moduls ist es, dass die Student:innen komplexe Apparaturen im Hinblick auf die genannten Aspekte analysieren und (in gewissen Grenzen) auch bereits planen können. Dies wird an zahlreichen Beispielen erläutert.                                                                                                                      |                                                                                                     |                                                   |                                                                      |                  |               |                 |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                     |                                                   |                                                                      |                  |               |                 |
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Thermodynamik / kin. Gasttheorie / Strahlung</li><li>• Transportprozesse / Sorption / Desorption / Strömung</li><li>• Technische Komponenten: Pumpen / Ventile / Messgeräte / Massenseparatoren / Werkstoffe/ etc.</li><li>• Beispiele zur Erzeugung “angemessener“ Vakuumbedingungen in großen und kleinen Experimenten.</li><li>• Thermodynamik der Refrigeratoren (Linde-Prozess u.a., Entmischer, adiabatische, Laserkühlung)</li><li>• Technische Komponenten: Temperaturmessung / Steuventile / Coldboxen / Mischkühler / Dewars / Transportleitungen, Anlagenbau, etc.,..</li><li>• Physik bei tiefen Temperaturen – Möglichkeiten und Grenzen (z.B. Supraleitung)</li></ul> |                                                                                                     |                                                   |                                                                      |                  |               |                 |
| Zugangsvoraussetzungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                     |                                                   | Experimentalphysik 1-3 des Bachelor-Studiengangs.                    |                  |               |                 |
| Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                     |                                                   |                                                                      |                  |               |                 |
| Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                     |                                                   | Unterrichtssprache Englisch<br>Prüfungssprache Deutsch oder Englisch |                  |               |                 |
| Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                     |                                                   | 6/ΣLP (siehe §17, Abs. 5 PO)                                         |                  |               |                 |
| Häufigkeit des Angebots                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                     |                                                   | Jedes Wintersemester                                                 |                  |               |                 |
| Begründung der Anwesenheitspflicht Veranstaltungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                     |                                                   |                                                                      |                  |               |                 |
| Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                     |                                                   | Kurt Aulenbacher                                                     |                  |               |                 |
| Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                     |                                                   | B.Sc. und M.Sc. Angewandte Physik                                    |                  |               |                 |
| Sonstiges                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                     |                                                   |                                                                      |                  |               |                 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------|----------------------|
| Modul Med                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Medizin- und Strahlenphysik<br><i>Medical Physics and Physics of Radiation</i> |                                                   |                                                                      |                       | 08.128.22079       |                      |
| Pflicht- oder Wahlpflichtmodul                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | WP                                                                             |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Leistungspunkte (LP) und<br>Arbeitsaufwand (workload)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 6 LP = 180 h                                                                   |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Moduldauer<br>(laut Studienverlaufsplan)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 1                                                                              |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Lehrveranstaltungen/<br>Lernformen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Art                                                                            | Regelsemester<br>bei Studienbeginn<br>WiSe (SoSe) | Verpflich-<br>tungsgrad                                              | Kontakt-<br>zeit(SWS) | Selbst-<br>studium | Leistungs-<br>punkte |
| Vorlesung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | V                                                                              | 1 (2)                                             | P                                                                    | 3                     | 138                | 6 LP                 |
| Übungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Ü                                                                              |                                                   |                                                                      | 1                     |                    |                      |
| Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Anwesenheit                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Aktive Teilnahme                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Erfolgreiche Teilnahme (Lösung der Übungsaufgaben)                             |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Studienleistung(en)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Modulprüfung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Klausur (120 Min.) oder mündliche Prüfung (30 Min.)                            |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Der Kurs vermittelt die Grundlagen der Physik von bildgebenden Verfahren sowie Arten der Strahlungstherapie. Neben der theoretischen Betrachtungen können lernen die Studierenden zudem, die Wirkung bei der Anwendung ionisierender Strahlung in Diagnostik und Therapie für die verschiedenen Verfahren und Strahlenarten kennen und ihre Bedeutung einzuschätzen. Unter Zuhilfenahme der Begrifflichkeiten im Strahlenschutz (Dosisgrößen) können die Wirkungen bewertet werden. So soll die Bedeutung unterschiedlicher Maßnahmen zum Strahlenschutz sowohl bei der Strahlendiagnostik als auch bei der Strahlentherapie erkannt werden. |                                                                                |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| - Bildgebende Verfahren in der Medizinphysik: Röntgenstrahlung, CT, PET, MRT - Grundlagen der Strahlungstherapie - Strahlenphysikalische Grundlادن: Wechselwirkung von Strahlung mit Materie - Strahlen wirkung in der Diagnostik - Dosimetrie und Dosismessverfahren zur Steuerung und Überwachung - Streustrahlung,Sekundärwirkungen - Strahlenschutzmaßnahmen in der Diagnostik: Wirkung, Einschränkungen, Grenzen                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Zugangsvoraussetzungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                |                                                   | Experimentalphysik 1-3 des Bachelor-Studiengangs.                    |                       |                    |                      |
| Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                |                                                   | Unterrichtssprache Englisch<br>Prüfungssprache Deutsch oder Englisch |                       |                    |                      |
| Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                |                                                   | 6/ΣLP (siehe §17, Abs. 5 PO)                                         |                       |                    |                      |
| Häufigkeit des Angebots                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                |                                                   | Jedes Wintersemester                                                 |                       |                    |                      |
| Begründung der Anwesenheitspflicht Veranstaltungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                |                                                   | T.B.A.                                                               |                       |                    |                      |
| Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                |                                                   | B.Sc. und M.Sc. Angewandte Physik                                    |                       |                    |                      |
| Sonstiges                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                               |                                                   |                                                                     |                  |               |                 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|------------------|---------------|-----------------|
| Modul Big Data                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Big Data<br>Big Data                                                          |                                                   |                                                                     |                  | 08.079.548    |                 |
| Pflicht- oder Wahlpflichtmodul                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | WP                                                                            |                                                   |                                                                     |                  |               |                 |
| Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 6 LP = 180 h                                                                  |                                                   |                                                                     |                  |               |                 |
| Moduldauer<br>(laut Studienverlaufsplan)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 1                                                                             |                                                   |                                                                     |                  |               |                 |
| Lehrveranstaltungen/<br>Lernformen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Art                                                                           | Regelsemester<br>bei Studienbeginn<br>WiSe (SoSe) | Verpflichtungsgrad                                                  | Kontaktzeit(SWS) | Selbststudium | Leistungspunkte |
| Vorlesung mit Übung „Big Data“                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                               | 1 (2)                                             | P                                                                   |                  | 138 h         | 6 LP            |
| Vorlesung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | V                                                                             |                                                   |                                                                     | 2 SWS            |               |                 |
| Übung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Ü                                                                             |                                                   |                                                                     | 2 SWS            |               |                 |
| Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                               |                                                   |                                                                     |                  |               |                 |
| Anwesenheit                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                               |                                                   |                                                                     |                  |               |                 |
| Aktive Teilnahme                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Erfolgreiche Bearbeitung der Übungsaufgaben                                   |                                                   |                                                                     |                  |               |                 |
| Studienleistung(en)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                               |                                                   |                                                                     |                  |               |                 |
| Modulprüfung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | In der Regel Klausur (120 Min.), ansonsten mündliche Prüfung (20-30 Minuten). |                                                   |                                                                     |                  |               |                 |
| Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                               |                                                   |                                                                     |                  |               |                 |
| Datensätze aus dem Bereich „Big Data“ lassen sich im Allgemeinen durch weitaus mehr charakterisieren als den reinen Speicheraufwand. In diesem Modul lernen Studierende, welche besonderen Herausforderungen sich aus der Beschaffenheit der Daten für deren Aufbereitung, Verarbeitung und Interpretation ergeben und wie sich diese Herausforderungen bewältigen lassen. Insbesondere erlernen die Studierenden grundlegende Techniken für den Entwurf und die Implementierung effizienter Verarbeitungsmethoden für Big Data in verteilten Rechnerumgebungen sowie Analysemethoden für die komplexitätstheoretische Bewertung unterschiedlicher Lösungsansätze. |                                                                               |                                                   |                                                                     |                  |               |                 |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                               |                                                   |                                                                     |                  |               |                 |
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Grenzen der Aussagekraft großer Datenmengen</li><li>• Skalierbarkeit von Soft- und Hardware</li><li>• verteilte Dateisysteme</li><li>• Map-Reduce-Programmiermodell</li><li>• Komplexitätsanalyse von Map-Reduce-Programmen</li><li>• graphbasierte Workflow-Modelle als Erweiterung des einfachen Map-Reduce-Ansatzes (z. B. Apache Spark)</li><li>• Anwendungsbeispiele für Big-Data-Methoden (z. B. Webseitenbewertung durch PageRank, Ähnlichkeitsbestimmung hochdimensionaler Daten durch MinHashing, Clustering-Verfahren, Recommender-Systeme)</li></ul>                                                            |                                                                               |                                                   |                                                                     |                  |               |                 |
| Literatur                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                               |                                                   |                                                                     |                  |               |                 |
| Leskovec J., Rajaraman A., Ullman J. Mining of Massive Datasets. 3rd Ed. Cambridge University Press. 2020.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                               |                                                   |                                                                     |                  |               |                 |
| Zugangsvoraussetzungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                               |                                                   |                                                                     |                  |               |                 |
| Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                               |                                                   | Kenntnisse im Bereich der Programmierung und Statistik              |                  |               |                 |
| Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                               |                                                   | Unterrichtssprache Deutsch<br>Prüfungssprache Deutsch oder Englisch |                  |               |                 |
| Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                               |                                                   | 6/ΣLP (siehe §17, Abs. 5 PO)                                        |                  |               |                 |
| Häufigkeit des Angebots                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                               |                                                   | Wintersemester                                                      |                  |               |                 |
| Begründung der Anwesenheitspflicht Veranstaltungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                               |                                                   |                                                                     |                  |               |                 |
| Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                               |                                                   | Dozierende der Informatik                                           |                  |               |                 |
| Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                               |                                                   | B.Sc. Informatik, M.Sc. Angewandte Physik                           |                  |               |                 |
| Sonstiges                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                               |                                                   |                                                                     |                  |               |                 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                               |                                                   |                                                                     |                       |                    |                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------|----------------------|
| Modul Data Mining                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Data Mining<br><i>Data Mining</i>                                             |                                                   |                                                                     |                       | 08.079.540         |                      |
| Pflicht- oder Wahlpflichtmodul                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | WP                                                                            |                                                   |                                                                     |                       |                    |                      |
| Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 6 LP = 180 h                                                                  |                                                   |                                                                     |                       |                    |                      |
| Moduldauer<br>(laut Studienverlaufsplan)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 1                                                                             |                                                   |                                                                     |                       |                    |                      |
| Lehrveranstaltungen/<br>Lernformen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Art                                                                           | Regelsemester<br>bei Studienbeginn<br>WiSe (SoSe) | Verpflich-<br>tungsgrad                                             | Kontakt-<br>zeit(SWS) | Selbst-<br>studium | Leistungs-<br>punkte |
| Vorlesung mit Übung „Data Mining“                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                               | 1 (2)                                             | P                                                                   |                       | 138 h              | 6 LP                 |
| Vorlesung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | V                                                                             |                                                   |                                                                     | 2 SWS                 |                    |                      |
| Übung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Ü                                                                             |                                                   |                                                                     | 2 SWS                 |                    |                      |
| Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                               |                                                   |                                                                     |                       |                    |                      |
| Anwesenheit                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                               |                                                   |                                                                     |                       |                    |                      |
| Aktive Teilnahme                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Erfolgreiche Bearbeitung der Übungsaufgaben                                   |                                                   |                                                                     |                       |                    |                      |
| Studienleistung(en)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                               |                                                   |                                                                     |                       |                    |                      |
| Modulprüfung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | In der Regel Klausur (120 Min.), ansonsten mündliche Prüfung (20-30 Minuten). |                                                   |                                                                     |                       |                    |                      |
| Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                               |                                                   |                                                                     |                       |                    |                      |
| Nach Absolvierung des Moduls sollen Studierende in der Lage sein <ul style="list-style-type: none"><li>• die innere Arbeitsweise wichtiger Algorithmen für Data Mining, insbesondere für: Pattern Mining, Clustering, Graph Mining und statistisches relationales Lernen, deren Vor- und Nachteile sowie deren theoretische und praktische Eigenschaften erklären zu können,</li><li>• Problemstellungen aus Anwendungsgebieten auf typische Data Mining Tasks abbilden und adäquate Methoden auswählen zu können,</li><li>• Maße für die Messung der Performance von Algorithmen des Data Mining richtig einzusetzen sowie Output und Ergebnisse der Algorithmen bewerten, richtig einordnen und kritisch interpretieren zu können,</li><li>• die Performance von Algorithmen des Data Mining sowie deren Modelle fehlerfrei und ohne verfälschte, optimistisch oder pessimistisch verzerrte Schätzungen in korrekten experimentellen Versuchsaufbauten evaluieren und vergleichen zu können, und die Performance von Algorithmen mit adäquaten Methoden optimieren zu können</li></ul> |                                                                               |                                                   |                                                                     |                       |                    |                      |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                               |                                                   |                                                                     |                       |                    |                      |
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Pattern Mining: Itemsets, APriori, FPGrowth, Borders, Free und Closed Sets, Constraint-Based Mining, Episode Rules</li><li>• Clustering: k-Means, hierarchisches Clustering, modell-basiertes Clustering (EM)</li><li>• Graph Mining: Grundlagen, AGM, gSpan</li><li>• Stream Mining: Concept Drift, CountMinSketch</li><li>• Pattern Mining auf Datenströmen: Moment Algorithmus, Closed Enumeration Tree (CET), SWIM Algorithmus</li><li>• Clustering auf Datenströmen: BIRCH Algorithmus, Clustering Features (CFs), CluStream, DenStream, ClusTree, StreamKM++</li><li>• Graph Stream Mining: Graph Coresets, AdaGraphMiner</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                               |                                                   |                                                                     |                       |                    |                      |
| Zugangsvoraussetzungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                               |                                                   |                                                                     |                       |                    |                      |
| Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                               |                                                   |                                                                     |                       |                    |                      |
| Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                               |                                                   | Unterrichtssprache Deutsch<br>Prüfungssprache Deutsch oder Englisch |                       |                    |                      |
| Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                               |                                                   | 6/ΣLP (siehe §17, Abs. 5 PO)                                        |                       |                    |                      |
| Häufigkeit des Angebots                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                               |                                                   | Wintersemester                                                      |                       |                    |                      |
| Begründung der Anwesenheitspflicht Veranstaltungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                               |                                                   |                                                                     |                       |                    |                      |
| Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                               |                                                   | Dozierende der Informatik                                           |                       |                    |                      |
| Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                               |                                                   | B.Sc. Informatik, M.Sc. Angewandte Physik                           |                       |                    |                      |
| Sonstiges                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                               |                                                   |                                                                     |                       |                    |                      |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                        |                                                   |                                                                     |                       |                    |                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------|----------------------|
| Modul Machine Learning                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Machine Learning für die Physik<br><i>Machine Learning for Physics</i>                                 |                                                   |                                                                     |                       | 08.128.830         |                      |
| Pflicht- oder Wahlpflichtmodul                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | WP                                                                                                     |                                                   |                                                                     |                       |                    |                      |
| Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 6 LP = 180 h                                                                                           |                                                   |                                                                     |                       |                    |                      |
| Moduldauer<br>(laut Studienverlaufsplan)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 1                                                                                                      |                                                   |                                                                     |                       |                    |                      |
| Lehrveranstaltungen/<br>Lernformen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Art                                                                                                    | Regelsemester<br>bei Studienbeginn<br>WiSe (SoSe) | Verpflich-<br>tungsgrad                                             | Kontakt-<br>zeit(SWS) | Selbst-<br>studium | Leistungs-<br>punkte |
| Vorlesung mit Übung „Machine Learning für die Physik“                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                        | 2 (1)                                             | P                                                                   |                       | 138 h              | 6 LP                 |
| Vorlesung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | V                                                                                                      |                                                   |                                                                     | 2 SWS                 |                    |                      |
| Praktikum                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Ü                                                                                                      |                                                   |                                                                     | 2 SWS                 |                    |                      |
| Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                        |                                                   |                                                                     |                       |                    |                      |
| Anwesenheit                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                        |                                                   |                                                                     |                       |                    |                      |
| Aktive Teilnahme                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Erfolgreiche Bearbeitung der Übungsaufgaben                                                            |                                                   |                                                                     |                       |                    |                      |
| Studienleistung(en)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                        |                                                   |                                                                     |                       |                    |                      |
| Modulprüfung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Klausur (Umfang 90-120 Min., Bearbeitungszeit maximal 180 Min.)<br>oder mündliche Prüfung (20-30 Min.) |                                                   |                                                                     |                       |                    |                      |
| Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                        |                                                   |                                                                     |                       |                    |                      |
| Nach Absolvierung des Moduls sollen Studierende in der Lage sein <ul style="list-style-type: none"><li>• die innere Arbeitsweise wichtiger Algorithmen für (vor allem: überwachtes) maschinelles Lernen, deren Vor- und Nachteile sowie deren theoretische und praktische Eigenschaften erklären zu können,</li><li>• Problemstellungen aus Anwendungsgebieten auf typische Machine Learning Tasks abbilden und adäquate Methoden auswählen zu können,</li><li>• Maße für die Messung der Performance von Algorithmen des Machine Learning richtig einzusetzen sowie Output und Ergebnisse der Algorithmen bewerten, richtig einordnen und kritisch interpretieren zu können,</li><li>• die Performance von Algorithmen des maschinellen Lernens sowie deren Modelle fehlerfrei und ohne verfälschte, optimistisch oder pessimistisch verzerrte Schätzungen in korrekten experimentellen Versuchsaufbauten evaluieren und vergleichen zu können, und die Performance von Algorithmen mit adäquaten Methoden optimieren zu können</li></ul> |                                                                                                        |                                                   |                                                                     |                       |                    |                      |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                        |                                                   |                                                                     |                       |                    |                      |
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Entscheidungsbäume: Repräsentation, Lernen, Overfitting, Pruning</li><li>• Ensembles: Boosting, Bagging, Random Forests</li><li>• Evaluierung und Validierung: Testprotokolle, Hold-Out, Kreuzvalidierung, Fehlermaße, Lossfunktionen</li><li>• Lineare Modelle: lineare Regression, Ridge Regression, logistische Regression</li><li>• neuronale Netzwerke: Perceptron, Multi-Layer Perceptron, Back-Propagation</li><li>• instanz-basiertes Lernen: k-NN, lokal gewichtetes Lernen, RBF Netzwerke, Case-Based Reasoning</li><li>• Bayes'sches Lernen: Naive Bayes, Bayessche Netze, Repräsentation, d-Separierung, Inferenz, Junction Tree Algorithmus, Lernen</li><li>• Deep Learning: Representation Learning, Convolutional Neural Networks (CNNs), Autoencoders, Generative Adversarial Networks (GANs), Long Short-Term Memory Networks (LSTMs), Dropout, Batch Normalization, Ausblick: Trustworthy AI und Explainable AI (XAI)</li></ul>                                                  |                                                                                                        |                                                   |                                                                     |                       |                    |                      |
| Zugangsvoraussetzungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                        |                                                   |                                                                     |                       |                    |                      |
| Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                        |                                                   |                                                                     |                       |                    |                      |
| Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                        |                                                   | Unterrichtssprache Deutsch<br>Prüfungssprache Deutsch oder Englisch |                       |                    |                      |
| Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                        |                                                   | 6/ΣLP (siehe §17, Abs. 5 PO)                                        |                       |                    |                      |
| Häufigkeit des Angebots                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                        |                                                   | Sommersemester                                                      |                       |                    |                      |
| Begründung der Anwesenheitspflicht Veranstaltungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                        |                                                   |                                                                     |                       |                    |                      |
| Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                        |                                                   | Dozierende der Physik                                               |                       |                    |                      |
| Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                        |                                                   | M.Sc. Angewandte Physik                                             |                       |                    |                      |

|                        |                                                                        |            |
|------------------------|------------------------------------------------------------------------|------------|
| Modul Machine Learning | Machine Learning für die Physik<br><i>Machine Learning for Physics</i> | 08.128.830 |
| Sonstiges              |                                                                        |            |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                        |                                                   |                                                                     |                       |                    |                      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------|----------------------|
| Modul Modellierung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Lineare Modellierung<br><i>Linear Modeling</i>                                                         |                                                   |                                                                     |                       | 08.079.314         |                      |
| Pflicht- oder Wahlpflichtmodul                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | WP                                                                                                     |                                                   |                                                                     |                       |                    |                      |
| Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 6 LP = 180 h                                                                                           |                                                   |                                                                     |                       |                    |                      |
| Moduldauer<br>(laut Studienverlaufsplan)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 1                                                                                                      |                                                   |                                                                     |                       |                    |                      |
| Lehrveranstaltungen/<br>Lernformen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Art                                                                                                    | Regelsemester<br>bei Studienbeginn<br>WiSe (SoSe) | Verpflich-<br>tungsgrad                                             | Kontakt-<br>zeit(SWS) | Selbst-<br>studium | Leistungs-<br>punkte |
| Vorlesung mit Übung „Modellierung I“                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                        | 1 (2)                                             | P                                                                   |                       | 138 h              | 6 LP                 |
| Vorlesung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | V                                                                                                      |                                                   |                                                                     | 2 SWS                 |                    |                      |
| Übung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Ü                                                                                                      |                                                   |                                                                     | 2 SWS                 |                    |                      |
| Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                        |                                                   |                                                                     |                       |                    |                      |
| Anwesenheit                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                        |                                                   |                                                                     |                       |                    |                      |
| Aktive Teilnahme                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Erfolgreiche Bearbeitung der Übungsaufgaben                                                            |                                                   |                                                                     |                       |                    |                      |
| Studienleistung(en)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                        |                                                   |                                                                     |                       |                    |                      |
| Modulprüfung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Klausur (Umfang 90-120 Min., Bearbeitungszeit maximal 180 Min.)<br>oder mündliche Prüfung (20-30 Min.) |                                                   |                                                                     |                       |                    |                      |
| Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                        |                                                   |                                                                     |                       |                    |                      |
| Die Veranstaltung verbindet die Theorie mathematischer Modellierung mit der praktischen Umsetzung im Rechner. Betrachtet werden im wesentlichen lineare Modelle: Theorie: Die Studierenden verstehen die Struktur und die Anwendungsmöglichkeiten linearer mathematischer Modelle, sowie den approximativen Abgleich von linearen Modellen mit unpräzisen Daten mittels quadratischer Variationsansätze (least-squares). Sie verstehen auch die grundlegenden Probleme, die damit einhergehen (schlecht gestellte Probleme, Regularisierung, Charakteristiken von Rauschen, Ausdruckskraft linearer Modelle). Praxis: Die Studierenden sind in der Lage, die o.g. abstrakten Werkzeuge konkret in eine effiziente Implementation auf dem Computer umzusetzen. Dabei verstehen Sie, wie Information digital repräsentiert wird (Auflösungslimits, Aliasing) und sich die mathematischen Strukturen im Rechner abbilden lassen, insbesondere in Hinblick auf die Modellierung geometrischer und dynamischer Phänomene. Die Studierenden können projekt- und teamorientiert arbeiten.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                        |                                                   |                                                                     |                       |                    |                      |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                        |                                                   |                                                                     |                       |                    |                      |
| Die Vorlesung behandelt lineare Modellierung, inklusive differentieller Modelle und quadratischer Optimierung. <ul style="list-style-type: none"><li>• Wiederholung: mathematische Werkzeuge aus dem Grundstudium (Vektorräume, Funktionenräume, multivariate quadratische Polynome).</li><li>• Inverse Probleme: Analyse mittels Basistransformation (SVD), Regularisierung.</li><li>• Least-Squares: Grundlagen, Total-Least-Squares, Zusammenhang mit Matrixfaktorisierung, robuste Statistik mit nicht-quadratischen Modellen und deren Implementation mittels „iteratively-reweighted least-squares“.</li><li>• Datenstrukturen: für geometrische und dynamische Modellierung (Gitter, Meshes, Punktwolken, implizite Flächen).</li><li>• Signaltheorie: Abtastung und Rekonstruktion, (Anti-) Aliasing, Design linearer Basen. Irreguläre Abtastung.</li><li>• Differentielle Modellierung: Differentialgleichungen (DGLs, PDGLs), Funktionale über differentielle Eigenschaften, Modellierung und Analyse dynamischer Systeme.</li><li>• Diskretisierung: elementare Verfahren zur numerischen Behandlung.</li><li>• Variationsansätze: Modellierung durch Aufstellen und Minimieren von Energiefunktionalen. Beispiele für (vor allem quadratische) Funktionale und deren Anwendung für die Approximation von Messdaten und Regularisierung von Lösungen, Lösung durch direkte Optimierung und Charakterisierung der Lösung durch die Euler-Lagrange-Gleichung, „harte“ Zwangsbedingungen durch Langrange-Multiplikatoren.</li></ul> |                                                                                                        |                                                   |                                                                     |                       |                    |                      |
| Zugangsvoraussetzungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                        |                                                   |                                                                     |                       |                    |                      |
| Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                        |                                                   | Kenntnisse im Bereich der Mathematik, Lineare Algebra und Statistik |                       |                    |                      |
| Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                        |                                                   | Unterrichtssprache Deutsch<br>Prüfungssprache Deutsch oder Englisch |                       |                    |                      |
| Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                        |                                                   | 6/ΣLP (siehe §17, Abs. 5 PO)                                        |                       |                    |                      |
| Häufigkeit des Angebots                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                        |                                                   | Wintersemester                                                      |                       |                    |                      |
| Begründung der Anwesenheitspflicht Veranstaltungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                        |                                                   |                                                                     |                       |                    |                      |

|                                                           |                                                       |                   |
|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-------------------|
| <b>Modul Modellierung</b>                                 | <b>Lineare Modellierung</b><br><i>Linear Modeling</i> | <b>08.079.314</b> |
| <b>Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter</b>            | Dozierende der Informatik                             |                   |
| <b>Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen</b> | B.Sc. Informatik, M.Sc. Angewandte Physik             |                   |
| <b>Sonstiges</b>                                          |                                                       |                   |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                               |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------|----------------------|
| Modul Simulation                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Simulationsprogramme<br><i>Simulation Tools</i>                                                                               |                                                   |                                                                      |                       | 08.128.860         |                      |
| Pflicht- oder Wahlpflichtmodul                                                                                                                                                                                                                                                                            | WP                                                                                                                            |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)                                                                                                                                                                                                                                                        | 6 LP = 180 h                                                                                                                  |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Moduldauer<br>(laut Studienverlaufsplan)                                                                                                                                                                                                                                                                  | 1                                                                                                                             |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Lehrveranstaltungen/<br>Lernformen                                                                                                                                                                                                                                                                        | Art                                                                                                                           | Regelsemester<br>bei Studienbeginn<br>WiSe (SoSe) | Verpflich-<br>tungsgrad                                              | Kontakt-<br>zeit(SWS) | Selbst-<br>studium | Leistungs-<br>punkte |
| Vorlesung mit Übung „Simulation Tools“                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                               | 2 (1)                                             | P                                                                    |                       | 138 h              | 6 LP                 |
| Vorlesung                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | V                                                                                                                             |                                                   |                                                                      | 3 SWS                 |                    |                      |
| Übung                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Ü                                                                                                                             |                                                   |                                                                      | 1 SWS                 |                    |                      |
| Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                               |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Anwesenheit                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                               |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Aktive Teilnahme                                                                                                                                                                                                                                                                                          | gemäß §5 Abs. 3                                                                                                               |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Studienleistung(en)                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben und/oder Projekten                                                                |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Modulprüfung                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Klausur (Umfang 120 Min., Bearbeitungszeit maximal 180 Min.), mündliche Prüfung (30 Min), Hausarbeit und/oder eigener Vortrag |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                               |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Studierende sind in der Lage die wichtigsten Simulations-Tools zu verwenden für den Entwurf und das Verständnis der Physik von elektronischen Schaltungen, optischen Aufbauten, Vakuumsystemen, elektrischen und magnetischen Felder, thermischer Leitfähigkeit u.s.w.                                    |                                                                                                                               |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                               |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Erlernen der wichtigsten Simulationstools in der Physik, insbesondere <ul style="list-style-type: none"><li>• Elektronik-Simulation (z.B. LTSpice)</li><li>• Optische Simulation (z.B. Zemax)</li><li>• Simulation von Vakuumsystemen (z.B. MolFlow)</li><li>• Multi-Physik Pakete (e.g COMSOL)</li></ul> |                                                                                                                               |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Zugangsvoraussetzungen                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                               |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                               |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                               |                                                   | Unterrichtssprache Englisch<br>Prüfungssprache Deutsch oder Englisch |                       |                    |                      |
| Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                               |                                                   | 6/ΣLP (siehe §17, Abs. 5 PO)                                         |                       |                    |                      |
| Häufigkeit des Angebots                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                               |                                                   | Sommersemester                                                       |                       |                    |                      |
| Begründung der Anwesenheitspflicht Veranstaltungen                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                               |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                               |                                                   | Prof. Dr. Randolph Pohl                                              |                       |                    |                      |
| Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                               |                                                   | M.Sc. Angewandte Physik                                              |                       |                    |                      |
| Sonstiges                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                               |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                       |                                                   |                    |                              |               |                 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------|------------------------------|---------------|-----------------|
| Modul 4.2 Physikalische Chemie                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Modern Methods of Physical Chemistry                                  |                                                   |                    |                              | 09.032.22.630 |                 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Modern Methods of Physical Chemistry                                  |                                                   |                    |                              |               |                 |
| Pflicht- oder Wahlpflichtmodul                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | WP                                                                    |                                                   |                    |                              |               |                 |
| Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 6 LP = 180 h                                                          |                                                   |                    |                              |               |                 |
| Moduldauer<br>(laut Studienverlaufsplan)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 1                                                                     |                                                   |                    |                              |               |                 |
| Lehrveranstaltungen/<br>Lernformen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Art                                                                   | Regelsemester<br>bei Studienbeginn<br>WiSe (SoSe) | Verpflichtungsgrad | Kontaktzeit(SWS)             | Selbststudium | Leistungspunkte |
| Vorlesung mit Übung „Moderne Methoden der physikalischen Chemie“                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                       | 1 o. 2.                                           | P                  |                              | 138 h         | 6               |
| Vorlesung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | V                                                                     |                                                   |                    | 3 SWS                        | 103,5         | 4,5             |
| Übung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Ü                                                                     |                                                   |                    | 1 SWS                        | 34,5          | 1,5             |
| Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                       |                                                   |                    |                              |               |                 |
| Anwesenheit                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                       |                                                   |                    |                              |               |                 |
| Aktive Teilnahme                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | gemäß §5 Abs. 3                                                       |                                                   |                    |                              |               |                 |
| Studienleistung(en)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                       |                                                   |                    |                              |               |                 |
| Modulprüfung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | In der Regel Klausur (120 min), alternativ mündliche Prüfung (30 min) |                                                   |                    |                              |               |                 |
| Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                       |                                                   |                    |                              |               |                 |
| Aufbauend auf den Grundkenntnissen der Physikalischen Chemie (Thermodynamik, Elektrochemie, Quantenmechanik, Kinetik und Spektroskopie) und Physik, werden in diesem Modul moderne und aktuelle Methoden der physikalischen Chemie zur Charakterisierung molekularer Vorgänge vorgestellt, insbesondere auch bildgebende Verfahren, wie sie in weiten Bereichen der Materialwissenschaften, Chemie und modernen Medizin angewendet werden. Nach erfolgreicher Absolvierung des Moduls sollten die Studierenden moderne mikroskopische und molekulare Charakterisierungsmethoden der physikalischen Chemie kennen, die Grundlagen verstehen und mögliche Anwendungsgebiete benennen können. Die Studierenden sollten in der Lage sein, zu verschiedenen experimentellen Fragestellungen die jeweils passenden Methoden auszuwählen und entsprechende Messdaten interpretieren zu können, um so erfolgreich neuen Phänomenen zielführend auf den Grund zu gehen. |                                                                       |                                                   |                    |                              |               |                 |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                       |                                                   |                    |                              |               |                 |
| 1. Grundlagen moderner mikroskopischer Methoden mit Beispielen aus ihrem Anwendungsbereich. Themen sind: <ul style="list-style-type: none"><li>Abbildende Mikroskopieverfahren (konfokale Mikroskopie, Rastersondenmikroskopie, Elektronenmikroskopie)</li><li>Aktuelle Themen der modernen molekularen Spektroskopie, z.B. Einzelmolekülspektroskopie FRET</li><li>Mikroskopieverfahren zur Analyse dynamischer Prozesse und intermolekularer Wechselwirkungen (FRAP)</li><li>Moderne Methoden zur Charakterisierung molekularer physikalisch-chemischer Parameter (NanoSPR)</li></ul> 2. Vertiefende bzw. ergänzende Themen aus dem Bereich der Vorlesung mit praktischen Übungen und Anwendungen                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                       |                                                   |                    |                              |               |                 |
| Zugangsvoraussetzungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                       |                                                   |                    |                              |               |                 |
| Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                       |                                                   |                    |                              |               |                 |
| Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                       |                                                   |                    | Deutsch oder Englisch        |               |                 |
| Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                       |                                                   |                    | 6/ΣLP (siehe §17, Abs. 5 PO) |               |                 |
| Häufigkeit des Angebots                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                       |                                                   |                    | Jedes Semester               |               |                 |
| Begründung der Anwesenheitspflicht Veranstaltungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                       |                                                   |                    |                              |               |                 |
| Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                       |                                                   |                    | Dozierende der Chemie        |               |                 |
| Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                       |                                                   |                    | M.Sc. Angewandte Physik      |               |                 |
| Sonstiges                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                       |                                                   |                    |                              |               |                 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                       |                                                   |                              |                  |               |                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|------------------------------|------------------|---------------|-----------------|
| Modul 5.2 Molekulare Photochemie                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Molecular Photochemistry<br><i>Molecular Photochemistry</i>           |                                                   |                              |                  | 09.032.22.650 |                 |
| Pflicht- oder Wahlpflichtmodul                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | WP                                                                    |                                                   |                              |                  |               |                 |
| Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 6 LP = 180 h                                                          |                                                   |                              |                  |               |                 |
| Moduldauer<br>(laut Studienverlaufsplan)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 1                                                                     |                                                   |                              |                  |               |                 |
| Lehrveranstaltungen/<br>Lernformen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Art                                                                   | Regelsemester<br>bei Studienbeginn<br>WiSe (SoSe) | Verpflichtungsgrad           | Kontaktzeit(SWS) | Selbststudium | Leistungspunkte |
| Vorlesung mit Übung „Molekulare Photochemie“                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                       | 1 (2)                                             | P                            |                  | 138 h         | 6               |
| Vorlesung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | V                                                                     |                                                   |                              | 3 SWS            | 103,5         | 4,5             |
| Übung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Ü                                                                     |                                                   |                              | 1 SWS            | 34,5          | 1,5             |
| Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                       |                                                   |                              |                  |               |                 |
| Anwesenheit                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                       |                                                   |                              |                  |               |                 |
| Aktive Teilnahme                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | gemäß §5 Abs. 3                                                       |                                                   |                              |                  |               |                 |
| Studienleistung(en)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                       |                                                   |                              |                  |               |                 |
| Modulprüfung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | In der Regel Klausur (120 min), alternativ mündliche Prüfung (30 min) |                                                   |                              |                  |               |                 |
| Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                       |                                                   |                              |                  |               |                 |
| Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"><li>• können strukturiert Wissen zu den genannten Begriffen wiedergeben,</li><li>• können die grundlegenden Konzepte und Methoden beschreiben,</li><li>• können Teilinhalte eigenständig zu erarbeiten und zu vertiefen,</li><li>• können Zusammenhänge und Verknüpfungen von Themen und Inhalten innerhalb des Faches und mit verwandten Teildisziplinen herstellen,</li><li>• können die erlernten Inhalte auf unbekannte Aufgabenstellungen übertragen,</li><li>• erlangen einen umfassenden Überblick zur Querschnittsdisziplin der Photochemie, wobei grundlegende Konzepte und Trends der aktuellen Forschung gleichermaßen im Fokus stehen.</li></ul> |                                                                       |                                                   |                              |                  |               |                 |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                       |                                                   |                              |                  |               |                 |
| Elektronentransfer, Grundlagen der Photochemie, Photophysik und Photochemie von Metallkomplexen und organischen Chromophoren, Photokinetik, optische Spektroskopie, Photokatalyse, solare Energieumwandlung, natürliche und künstliche Photosynthese, photochemische Sonden, supramolekulare Photochemie, organische Photoreaktionen, Isomerisierungen, Umlagerungen, Fragmentierungen, Photochemie in biologischen Systemen                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                       |                                                   |                              |                  |               |                 |
| Zugangsvoraussetzungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                       |                                                   |                              |                  |               |                 |
| Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                       |                                                   |                              |                  |               |                 |
| Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                       |                                                   | Deutsch oder Englisch        |                  |               |                 |
| Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                       |                                                   | 6/ΣLP (siehe §17, Abs. 5 PO) |                  |               |                 |
| Häufigkeit des Angebots                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                       |                                                   | Wintersemester               |                  |               |                 |
| Begründung der Anwesenheitspflicht Veranstaltungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                       |                                                   |                              |                  |               |                 |
| Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                       |                                                   | Dozierende der Chemie        |                  |               |                 |
| Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                       |                                                   | M.Sc. Angewandte Physik      |                  |               |                 |
| Sonstiges                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                       |                                                   |                              |                  |               |                 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                       |                                                   |                              |                  |               |                 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|------------------------------|------------------|---------------|-----------------|
| Modul 5.1 Elektronen in Molekülen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Electrons in Molecules<br><i>Electrons in Molecules</i>               |                                                   |                              |                  | 09.032.22.640 |                 |
| Pflicht- oder Wahlpflichtmodul                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | WP                                                                    |                                                   |                              |                  |               |                 |
| Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 6 LP = 180 h                                                          |                                                   |                              |                  |               |                 |
| Moduldauer<br>(laut Studienverlaufsplan)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 1                                                                     |                                                   |                              |                  |               |                 |
| Lehrveranstaltungen/<br>Lernformen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Art                                                                   | Regelsemester<br>bei Studienbeginn<br>WiSe (SoSe) | Verpflichtungsgrad           | Kontaktzeit(SWS) | Selbststudium | Leistungspunkte |
| Vorlesung mit Übung „Elektronen in Molekülen“                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                       | 1 (2)                                             | P                            |                  | 138 h         | 6               |
| Vorlesung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | V                                                                     |                                                   |                              | 3 SWS            | 103,5         | 4,5             |
| Übung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Ü                                                                     |                                                   |                              | 1 SWS            | 34,5          | 1,5             |
| Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                       |                                                   |                              |                  |               |                 |
| Anwesenheit                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                       |                                                   |                              |                  |               |                 |
| Aktive Teilnahme                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | gemäß §5 Abs. 3                                                       |                                                   |                              |                  |               |                 |
| Studienleistung(en)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                       |                                                   |                              |                  |               |                 |
| Modulprüfung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | In der Regel Klausur (120 min), alternativ mündliche Prüfung (30 min) |                                                   |                              |                  |               |                 |
| Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                       |                                                   |                              |                  |               |                 |
| Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"><li>• können strukturiert Wissen zu den genannten Begriffen wiedergeben,</li><li>• können die grundlegenden Konzepte und Methoden beschreiben,</li><li>• können Teilinhalte eigenständig erarbeiten und vertiefen,</li><li>• können die erlernten Inhalte auf unbekannte Aufgabenstellungen übertragen,</li><li>• können Zusammenhänge und Verknüpfungen von Themen und Inhalten innerhalb des Faches und mit verwandten Teildisziplinen herstellen,</li><li>• haben ein Verständnis für die Bedeutung der Elektronenstruktur molekularer Systeme in den Naturwissenschaften erlangt.</li></ul> |                                                                       |                                                   |                              |                  |               |                 |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                       |                                                   |                              |                  |               |                 |
| Magnetische Eigenschaften von organischen Molekülen oder Koordinationsverbindungen mit einem oder mehreren paramagnetischen Zentren. Grundlegende Konzepte, Anwendungsbeispiele aus der Bio-Anorganischen Chemie, Spin- Crossover-Verbindungen, Einzelmolekülmagnete. Elektrische Eigenschaften molekularer Verbindungen: Elektronentransfer in diskreten und Leitfähigkeit in ausgedehnten Systemen. Anwendungsbeispiele aus der Bio-Anorganischen Chemie. Einführung in die molekulare Spintronik für eine ressourcenschonende Datenverarbeitung.                                                                                                |                                                                       |                                                   |                              |                  |               |                 |
| Zugangsvoraussetzungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                       |                                                   |                              |                  |               |                 |
| Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                       |                                                   |                              |                  |               |                 |
| Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                       |                                                   | Deutsch oder Englisch        |                  |               |                 |
| Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                       |                                                   | 6/ΣLP (siehe §17, Abs. 5 PO) |                  |               |                 |
| Häufigkeit des Angebots                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                       |                                                   | Wintersemester               |                  |               |                 |
| Begründung der Anwesenheitspflicht Veranstaltungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                       |                                                   |                              |                  |               |                 |
| Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                       |                                                   | Dozierende der Chemie        |                  |               |                 |
| Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                       |                                                   | M.Sc. Angewandte Physik      |                  |               |                 |
| Sonstiges                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                       |                                                   |                              |                  |               |                 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                        |                                                   |                                                                     |                  |               |                 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|------------------|---------------|-----------------|
| Modul Quantencomputer Programmierung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Quantencomputer Programmierung<br><i>Quantum Computer Programming</i>                                  |                                                   |                                                                     |                  | 08.128.890    |                 |
| Pflicht- oder Wahlpflichtmodul                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | WP                                                                                                     |                                                   |                                                                     |                  |               |                 |
| Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 6 LP = 180 h                                                                                           |                                                   |                                                                     |                  |               |                 |
| Moduldauer<br>(laut Studienverlaufsplan)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 1                                                                                                      |                                                   |                                                                     |                  |               |                 |
| Lehrveranstaltungen/<br>Lernformen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Art                                                                                                    | Regelsemester<br>bei Studienbeginn<br>WiSe (SoSe) | Verpflichtungsgrad                                                  | Kontaktzeit(SWS) | Selbststudium | Leistungspunkte |
| Vorlesung mit Übung „Mathematische Grundlagen “                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                        | 1 (2)                                             | P                                                                   |                  | 138 h         | 6 LP            |
| Vorlesung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | V                                                                                                      |                                                   |                                                                     | 1 SWS            |               |                 |
| Übung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Ü                                                                                                      |                                                   |                                                                     | 3 SWS            |               |                 |
| Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                        |                                                   |                                                                     |                  |               |                 |
| Anwesenheit                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                        |                                                   |                                                                     |                  |               |                 |
| Aktive Teilnahme                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Erfolgreiche Bearbeitung der Übungsaufgaben                                                            |                                                   |                                                                     |                  |               |                 |
| Studienleistung(en)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                        |                                                   |                                                                     |                  |               |                 |
| Modulprüfung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Klausur (Umfang 90-120 Min., Bearbeitungszeit maximal 180 Min.)<br>oder mündliche Prüfung (20-30 Min.) |                                                   |                                                                     |                  |               |                 |
| Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                        |                                                   |                                                                     |                  |               |                 |
| Die Studierenden erwerben Kenntnisse, um mit Quantencomputern zu arbeiten. Sie lernen unterschiedliche Qubit-Plattformen kennen, basierend beispielsweise auf supraleitenden Schaltkreisen, auf gespeicherten Ionen oder auf neutralen Atomen. Der Zugriff auf diverse Quantenprozessoren in verschiedenen geeigneten Programmiersprachen wird gezeigt, sodass die Studierenden selbständig Programme zu Algorithmen für unterschiedliche Anwendungsfälle erarbeiten können. Die besonderen Fähigkeiten und auch das zukünftige Potential von Quantencomputern wird dadurch dargestellt, dass die Ergebnisse der Quantencomputer-Rechnungen ausgewertet und bewertet werden. Neben dem Zugriff auf Quantencomputer lernen die Studierenden auch Emulatoren von Quantenprozessoren auf klassischer Hardware kennen. |                                                                                                        |                                                   |                                                                     |                  |               |                 |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                        |                                                   |                                                                     |                  |               |                 |
| Übung in der Benutzung von Quantencomputern anhand von typischen Anwendungsfällen. <ul style="list-style-type: none"><li>• Einführung in Gatter-basiertes Quantencomputing</li><li>• Elementare Gatter Operationen und Qubit Messungen</li><li>• Quantenzustands-Tomographie</li><li>• Einführung in Programmiersprachen: open-qasm, qiskit, ocean, pennylane, usw.</li><li>• Die selbständig zu bearbeitenden Beispiele umfassen die Erzeugung von Bell-Zuständen, die Teleportation, den Deutsch-Jozsa Algorithmus, die Grover Suche, den “variational quantum eigensolver,” usw.</li><li>• Quantencomputer mit kontinuierlichen Variablen</li><li>• Optimierungsaufgaben wie Max-cut, QAOA, adiabatischer Quantencomputer, usw.</li></ul>                                                                       |                                                                                                        |                                                   |                                                                     |                  |               |                 |
| Literatur                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                        |                                                   |                                                                     |                  |               |                 |
| Whurley / F.E. Smith: Quantum Computing for dummies, Wiley-Vch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                        |                                                   |                                                                     |                  |               |                 |
| Zugangsvoraussetzungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                        |                                                   |                                                                     |                  |               |                 |
| Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                        |                                                   |                                                                     |                  |               |                 |
| Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                        |                                                   | Unterrichtssprache Deutsch<br>Prüfungssprache Deutsch oder Englisch |                  |               |                 |
| Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                        |                                                   | 6/ΣLP (siehe §17, Abs. 5 PO)                                        |                  |               |                 |
| Häufigkeit des Angebots                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                        |                                                   | Wintersemester                                                      |                  |               |                 |
| Begründung der Anwesenheitspflicht Veranstaltungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                        |                                                   |                                                                     |                  |               |                 |
| Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                        |                                                   | Prof. Dr. F. Schmidt-Kaler                                          |                  |               |                 |
| Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                        |                                                   | M.Sc. Angewandte Physik                                             |                  |               |                 |
| Sonstiges                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                        |                                                   |                                                                     |                  |               |                 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                           |                                                   |                         |                       |                    |                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------|-----------------------|--------------------|----------------------|
| Modul FE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Finite Elemente<br><i>Finite Elements</i> |                                                   |                         |                       | M.09.065.830       |                      |
| Pflicht- oder Wahlpflichtmodul                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | P                                         |                                                   |                         |                       |                    |                      |
| Leistungspunkte (LP) und<br>Arbeitsaufwand (workload)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 6 LP = 180 h                              |                                                   |                         |                       |                    |                      |
| Moduldauer<br>(laut Studienverlaufsplan)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 1                                         |                                                   |                         |                       |                    |                      |
| Lehrveranstaltungen/<br>Lernformen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Art                                       | Regelsemester<br>bei Studienbeginn<br>WiSe (SoSe) | Verpflich-<br>tungsgrad | Kontakt-<br>zeit(SWS) | Selbst-<br>studium | Leistungs-<br>punkte |
| Vorlesung und Übung „Programmierung der Finite-Elemente-Methode“<br>Vorlesung<br>Übungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | V<br>Ü                                    | 1 (2)                                             | P                       | 2 SWS<br>2 SWS        | 138 h              | 6 LP                 |
| Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                           |                                                   |                         |                       |                    |                      |
| Anwesenheit                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                           |                                                   |                         |                       |                    |                      |
| Aktive Teilnahme                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Gemäß § 5 Abs. 3                          |                                                   |                         |                       |                    |                      |
| Studienleistung(en)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                           |                                                   |                         |                       |                    |                      |
| Modulprüfung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Projektarbeit                             |                                                   |                         |                       |                    |                      |
| Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                           |                                                   |                         |                       |                    |                      |
| Die Studierenden erhalten einen Überblick über die Finite-Elemente-Methode. Darüber hinaus lernen sie, diese Methode in einer höheren Programmiersprache (Python oder Julia) zu programmieren und ihre Programme zur Lösung realer Probleme anzuwenden.                                                                                                                                                                                    |                                           |                                                   |                         |                       |                    |                      |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                           |                                                   |                         |                       |                    |                      |
| Dieses Modul umfasst: <ul style="list-style-type: none"><li>• Einführung in die Grundlagen der Finite-Elemente-Methode in einer Dimension (Lösung elliptischer und parabolischer Gleichungen)</li><li>• Erweiterung der Finite-Elemente-Methode auf zwei Dimensionen mit besonderem Fokus auf Probleme der Wärmeleitung und Festkörpermechanik (Elastizität)</li><li>• Nichtlinearitäten, Netzgenerierung, unstrukturierte Netze</li></ul> |                                           |                                                   |                         |                       |                    |                      |
| Zugangsvoraussetzungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                           |                                                   |                         |                       |                    |                      |
| Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                           |                                                   |                         |                       |                    |                      |
| Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                           |                                                   | Englisch/Deutsch        |                       |                    |                      |
| Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                           |                                                   | 6/120                   |                       |                    |                      |
| Häufigkeit des Angebots                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                           |                                                   | Jedes Wintersemester    |                       |                    |                      |
| Begründung der Anwesenheitspflicht Veranstaltungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                           |                                                   |                         |                       |                    |                      |
| Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                           |                                                   | Dr. Anton Popov         |                       |                    |                      |
| Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                           |                                                   | M.Sc. Angewandte Physik |                       |                    |                      |
| Sonstiges                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                           |                                                   |                         |                       |                    |                      |

### 4.3 Theoretische Physik

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                   |                                                                                                         |                         |                                                                              |                    |                      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------|--------------------|----------------------|
| Modul ThPh                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Theoretische Physik<br><i>Theoretical Physics</i> |                                                                                                         |                         |                                                                              | M.08.128.22055     |                      |
| Pflicht- oder Wahlpflichtmodul                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | P                                                 |                                                                                                         |                         |                                                                              |                    |                      |
| Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 8 LP = 240 h                                      |                                                                                                         |                         |                                                                              |                    |                      |
| Moduldauer<br>(laut Studienverlaufsplan)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 2                                                 |                                                                                                         |                         |                                                                              |                    |                      |
| Lehrveranstaltungen/<br>Lernformen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Art                                               | Regelsemester<br>bei Studienbeginn<br>WiSe (SoSe)                                                       | Verpflich-<br>tungsgrad | Kontakt-<br>zeit(SWS)                                                        | Selbst-<br>studium | Leistungs-<br>punkte |
| Vorlesung mit Übung „Statistische<br>Physik und Thermodynamik“<br>Vorlesung<br>Übung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | V<br>Ü                                            | 1 (2)                                                                                                   | P                       | 2 SWS<br>1 SWS                                                               | 88 h               | 4 LP                 |
| Vorlesung mit Übung „Elektrodyna-<br>mik“<br>Vorlesung<br>Übung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | V<br>Ü                                            | 2 (1)                                                                                                   | P                       | 2 SWS<br>1 SWS                                                               | 88 h               | 4 LP                 |
| Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                   |                                                                                                         |                         |                                                                              |                    |                      |
| Anwesenheit                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                   |                                                                                                         |                         |                                                                              |                    |                      |
| Aktive Teilnahme                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                   | Bearbeitung von Übungsaufgaben entsprechend der zu Beginn der Lehrveranstaltung mitgeteilten Kriterien. |                         |                                                                              |                    |                      |
| Studienleistung(en)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                   |                                                                                                         |                         |                                                                              |                    |                      |
| Modulprüfung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                   | Je eine Klausur (Umfang 120 Min., Bearbeitungszeit maximal 180 Min.) pro Vorlesung                      |                         |                                                                              |                    |                      |
| Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                   |                                                                                                         |                         |                                                                              |                    |                      |
| Die Studierenden beherrschen die grundlegenden Konzepte, Methoden und Denkweisen der theoretischen Physik; verstehen das Wechselspiel von Theoretischer Physik und Experimentalphysik, den Beitrag der Theoretischen Physik zu Begriffsbildung und Begriffsgeschichte, die wichtigsten Arbeitsstrategien und Denkformen der Theore- tischen Physik sowie die Kulturverflechtung und des Kultur- und Zivilisationsbeitrags der Theoretischen Physik; entwickeln die Fähigkeit, die spezifische Rolle der Theorie im Aufbau der Physik, ihr gedankliches Arsenal an Arbeitsstrategien und Denkformen und ihre Kulturverflechtung an schulrelevanten Beispielen zu verdeutlichen.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                   |                                                                                                         |                         |                                                                              |                    |                      |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                   |                                                                                                         |                         |                                                                              |                    |                      |
| Das Modul soll vermitteln, wie theoretische Physiker und Physikerinnen denken. Die Ausbildung in Theoretischer Physik verfolgt ein doppeltes Ziel: zum einen Beherrschung der grundlegenden Konzepte, Methoden und Denkwei- sen, zum anderen Verständnis für die spezifische Rolle der Theorie im Aufbau der Physik, ihr gedankliches Arsenal an Arbeitsstrategien und Denkformen und ihre Kulturverflechtung. Gerade das zweite Ziel ist für die Lehramts- ausbildung fundamental. Es verlangt neben der Behandlung bekannter Einzelthemen entlang der Fachstruktur der Theoretischen Physik (Hauptthemen: Mechanik, Thermodynamik, Elektrodynamik, Quantenmechanik) eine übergeordnete Perspektive, um das Wesen von Physik zu verstehen. <ul style="list-style-type: none"><li>• <i>Statistische Physik und Thermodynamik</i>: Entartungsfunktion und Entropie, Zusammenhang zu Thermodyna- mischen Variablen, Boltzmann- und Maxwell-Verteilung, Bose-Einstein und Fermi- Dirac-Verteilung, Nicht- gleichgewichtsthermodynamik und dissipative Strukturen</li><li>• <i>Elektrodynamik</i>: Kovariante Formulierung der Maxwell Gleichungen, Magnetostatik, Elektrostatik</li></ul> |                                                   |                                                                                                         |                         |                                                                              |                    |                      |
| Zugangsvoraussetzungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                   |                                                                                                         |                         |                                                                              |                    |                      |
| Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                   |                                                                                                         |                         | „Experimentalphysik 1“ und „Experimental- physik 2“ des Bachelor-Studiengang |                    |                      |
| Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                   |                                                                                                         |                         | Unterrichtssprache Deutsch<br>Prüfungssprache Deutsch                        |                    |                      |
| Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                   |                                                                                                         |                         | 8/ΣLP (siehe §17, Abs. 5 PO)                                                 |                    |                      |
| Häufigkeit des Angebots                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                   |                                                                                                         |                         | Jährlich                                                                     |                    |                      |

|                                                           |                                                          |                       |
|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|-----------------------|
| <b>Modul ThPh</b>                                         | <b>Theoretische Physik</b><br><i>Theoretical Physics</i> | <b>M.08.128.22055</b> |
| <b>Begründung der Anwesenheitspflicht Veranstaltungen</b> |                                                          |                       |
| <b>Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter</b>            | Prof. Dr. Stefan Scherer                                 |                       |
| <b>Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen</b> | M.Ed. Physik, M.Sc. Angewandte Physik                    |                       |
| <b>Sonstiges</b>                                          |                                                          |                       |

## 4.4 Praktika

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                    |                                                   |                                                                             |                       |                    |                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------|----------------------|
| Modul FP                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Fortgeschrittenen Praktikum<br>Advanced Laboratory |                                                   |                                                                             |                       | M.08.128.220       |                      |
| Pflicht- oder Wahlpflichtmodul                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | P                                                  |                                                   |                                                                             |                       |                    |                      |
| Leistungspunkte (LP) und<br>Arbeitsaufwand (workload)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 10 LP = 300 h                                      |                                                   |                                                                             |                       |                    |                      |
| Moduldauer<br>(laut Studienverlaufsplan)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 2                                                  |                                                   |                                                                             |                       |                    |                      |
| Lehrveranstaltungen/<br>Lernformen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Art                                                | Regelsemester<br>bei Studienbeginn<br>WiSe (SoSe) | Verpflich-<br>tungsgrad                                                     | Kontakt-<br>zeit(SWS) | Selbst-<br>studium | Leistungs-<br>punkte |
| Fortg. Praktikum Teil 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Pr                                                 | 1                                                 | P                                                                           | 4 SWS                 | 108 h              | 5 LP                 |
| Fortg. Praktikum Teil 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Pr                                                 | 2                                                 | P                                                                           | 4 SWS                 | 108 h              | 5 LP                 |
| Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                    |                                                   |                                                                             |                       |                    |                      |
| Anwesenheit                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                    |                                                   |                                                                             |                       |                    |                      |
| Aktive Teilnahme                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                    |                                                   |                                                                             |                       |                    |                      |
| Studienleistung(en)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Vortestate                                         |                                                   |                                                                             |                       |                    |                      |
| Modulprüfung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Portfolio über die Versuche von Teil (1) und (2)   |                                                   |                                                                             |                       |                    |                      |
| Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                    |                                                   |                                                                             |                       |                    |                      |
| Die Studierenden sollen <ul style="list-style-type: none"><li>• die Planung der Messungen, deren strukturierte Durchführung („Messprozess“) einüben,</li><li>• fortgeschrittenes experimentelles Arbeiten in vielen Bereichen der Physik durch Durchführung anspruchsvoller Versuche in Zweiergruppen unter Anleitung erfahrener Assistenten erlernen,</li><li>• sich mit dem Führen eines Laborbuchs sowie der Datenanalyse, Fehlerrechnung und anspruchsvolleren statistische Auswertung vertraut machen und</li><li>• die den Experimenten zugrunde liegenden theoretischen Hintergründe verstehen und überzeugend darstellen können.</li></ul> Nach Abschluss des Moduls <ul style="list-style-type: none"><li>• können die Studierenden komplexere Messaufbauten justieren, sicher bedienen und deren Funktion überschauen,</li><li>• kennen Strategien, um in komplexeren Messprozessen sicherzustellen, dass die Messung fehlerfrei funktioniert und</li><li>• haben Erfahrungen mit der Suche nach Fehlern und Störungen Messprozessen gesammelt.</li></ul> Ähnlich wie im Praktikum P1 werden Team- und Kommunikationsfähigkeit gefordert. Die sorgfältige Ausarbeitung der Ergebnisse verbessert die Schreibkompetenz und den sicheren Umgang mit Texteditierungssystemen, die in der Wissenschaft verbreitet sind. In vielen Versuchen ist eine Auswertung mit Datenanalyseprogrammen nötig, deren Beherrschung die Studierenden im Praktikum anhand konkreter Probleme erlernen. Messung, statistische Analyse, Beurteilung und Darstellung experimenteller Daten ist die zu erlernende Kernkompetenz, als Vorbereitung zur Abfassung von akademischen Arbeiten und Publikationen. |                                                    |                                                   |                                                                             |                       |                    |                      |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                    |                                                   |                                                                             |                       |                    |                      |
| An 10 Versuchstagen werden physikalische Themen aus den folgenden Bereichen behandelt: <ul style="list-style-type: none"><li>• Atomphysik, Quantenoptik, Festkörperphysik</li><li>• Kernphysik, Elementarteilchenphysik, Detektoren und Teilchennachweis</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                    |                                                   |                                                                             |                       |                    |                      |
| Literatur                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                    |                                                   |                                                                             |                       |                    |                      |
| Versuchsanleitungen mit spezieller Literaturangabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                    |                                                   |                                                                             |                       |                    |                      |
| Zugangsvoraussetzungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                    |                                                   |                                                                             |                       |                    |                      |
| Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                    |                                                   | Experimentalphysik 1-3 und Grundpraktika 1 und 2 des Bachelor-Studiengangs. |                       |                    |                      |
| Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                    |                                                   | Unterrichtssprache Deutsch<br>Prüfungssprache Deutsch                       |                       |                    |                      |
| Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                    |                                                   | 10/ΣLP (siehe §17, Abs. 5 PO)                                               |                       |                    |                      |
| Häufigkeit des Angebots                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                    |                                                   | Jedes Semester                                                              |                       |                    |                      |
| Begründung der Anwesenheitspflicht Veranstaltungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                    |                                                   |                                                                             |                       |                    |                      |

|                                                           |                                                                  |                     |
|-----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|---------------------|
| <b>Modul FP</b>                                           | <b>Fortgeschrittenen Praktikum</b><br><i>Advanced Laboratory</i> | <b>M.08.128.220</b> |
| <b>Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter</b>            | Prof. Dr. W. Gradl                                               |                     |
| <b>Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen</b> | B.Sc. Physik, B.Sc. und M.Sc. Angewandte Physik                  |                     |
| <b>Sonstiges</b>                                          |                                                                  |                     |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                          |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------|----------------------|
| Modul IndP                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Industriepraktikum<br><i>Internship in Industry</i>      |                                                   |                                                                      |                       | 08.128.22085       |                      |
| Pflicht- oder Wahlpflichtmodul                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | WP                                                       |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 4-6 LP = 120-180 h                                       |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Moduldauer<br>(laut Studienverlaufsplan)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 1                                                        |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Lehrveranstaltungen/<br>Lernformen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Art                                                      | Regelsemester<br>bei Studienbeginn<br>WiSe (SoSe) | Verpflich-<br>tungsgrad                                              | Kontakt-<br>zeit(SWS) | Selbst-<br>studium | Leistungs-<br>punkte |
| Praktikum an einem Unternehmen in<br>der freien Wirtschaft                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Pr                                                       |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Dauer: 3-5 Wochen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                          | 1 o. 2                                            | WP                                                                   | 3-5<br>Wochen         |                    | 4-6                  |
| Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                          |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Anwesenheit                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                          |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Aktive Teilnahme                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Anwesenheitspflicht im Unternehmen (siehe PO §5, Abs. 9) |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Studienleistung(en)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                          |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Modulprüfung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Praktikumsbericht an den betreuenden Hochschullehrer     |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                          |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Die Studierenden sollen <ul style="list-style-type: none"><li>• typische Studieninhalte zur Lösung von Problemen einsetzen, die in der Praxis auftreten</li><li>• ihre Teamfähigkeit durch notwendige Integration in fremde Arbeitsgruppen eines Unternehmens verbessern</li><li>• üben, sich in einem Umfeld außerhalb der Universität zu bewähren</li><li>• Eigeninitiative entwickeln bei der Suche nach Praktikumsstellen und der Recherche über die anbietenden Firmen und Institutionen</li></ul> |                                                          |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                          |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Praktikum in einem Wirtschaftsunternehmen, das nicht unmittelbar mit der Universität Mainz in Verbindung steht. Die Betreuung erfolgt durch einen Hochschullehrer und die Gastfirma. Im Zweifelsfall entscheidet der Prüfungsausschuss über die Zulässigkeit eines Praktikums. Das Praktikum muss mindestens eine Dauer von 3 Wochen (4 LP) haben. Maximal können 6 LP eingebracht werden, was einer Praktikumsdauer von 5 Wochen entspricht.                                                           |                                                          |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Zugangsvoraussetzungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                          |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                          |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                          |                                                   | Unterrichtssprache Englisch<br>Prüfungssprache Deutsch oder Englisch |                       |                    |                      |
| Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                          |                                                   | 4-6/ΣLP (siehe §17, Abs. 5 PO)                                       |                       |                    |                      |
| Häufigkeit des Angebots                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                          |                                                   | Jedes Semester                                                       |                       |                    |                      |
| Begründung der Anwesenheitspflicht Veranstaltungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                          |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |
| Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                          |                                                   | T.B.A.                                                               |                       |                    |                      |
| Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                          |                                                   | B.Sc. und M.Sc. Angewandte Physik                                    |                       |                    |                      |
| Sonstiges                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                          |                                                   |                                                                      |                       |                    |                      |

## 4.5 Erweiterte Kompetenzen

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                          |                                                   |                                                                     |                  |               |                 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|------------------|---------------|-----------------|
| Modul 880                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Erweiterte Kompetenzen<br><i>Extended Competencies</i>                                                                                                                   |                                                   |                                                                     |                  | 08.128.880    |                 |
| Pflicht- oder Wahlpflichtmodul                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | P                                                                                                                                                                        |                                                   |                                                                     |                  |               |                 |
| Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 6-8 LP = 180-240 h                                                                                                                                                       |                                                   |                                                                     |                  |               |                 |
| Moduldauer<br>(laut Studienverlaufsplan)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 2                                                                                                                                                                        |                                                   |                                                                     |                  |               |                 |
| Lehrveranstaltungen/<br>Lernformen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Art                                                                                                                                                                      | Regelsemester<br>bei Studienbeginn<br>WiSe (SoSe) | Verpflichtungsgrad                                                  | Kontaktzeit(SWS) | Selbststudium | Leistungspunkte |
| Zwei der drei folgenden Veranstaltungen sind zu wählen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                          | 1,2                                               |                                                                     |                  | 138           |                 |
| Seminar 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | HS                                                                                                                                                                       |                                                   | P                                                                   | 2 SWS            |               | 4 LP            |
| Seminar 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | HS                                                                                                                                                                       |                                                   | WP                                                                  | 2 SWS            |               | 4 LP            |
| Fächerübergreifende Veranstaltung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                          |                                                   | WP                                                                  | 2 SWS            |               | 2-3 LP          |
| Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                          |                                                   |                                                                     |                  |               |                 |
| Anwesenheit                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | HS                                                                                                                                                                       |                                                   |                                                                     |                  |               |                 |
| Aktive Teilnahme                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Gemäß §5 Abs. 3                                                                                                                                                          |                                                   |                                                                     |                  |               |                 |
| Studienleistung(en)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                          |                                                   |                                                                     |                  |               |                 |
| Modulprüfung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Die Benotung beruht jeweils auf den Vorträgen in Seminar 1 und Seminar 2, bzw. nur dem gewählten Seminar. Die Fächerübergreifenden Veranstaltungen werden nicht benotet. |                                                   |                                                                     |                  |               |                 |
| Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                          |                                                   |                                                                     |                  |               |                 |
| Ziel der Seminare ist das Erlernen und Üben von Vortragskompetenz an Hand der Vorstellung von aktuellen Themen moderner Physik. Im Zentrum stehen das Erlernen und Üben von Präsentationstechniken und Vortragskompetenz und die Auseinandersetzung mit den physikalischen Inhalten. Im zweiten Teil des Seminars erfolgt eine vertiefende Auseinandersetzung mit aktuellen Fragestellungen der physikalischen Forschung. In der fächerübergreifenden Veranstaltung können Veranstaltungen im Rahmen des „Studium Generale“ wie z.B. Sprachkurse, Seminare Philosophie der Physik oder der Naturwissenschaften, sowie Seminare zum wissenschaftlichen Schreiben sowie Praktika („Sommerstudentenprogramme“) an Großforschungseinrichtungen anerkannt werden. |                                                                                                                                                                          |                                                   |                                                                     |                  |               |                 |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                          |                                                   |                                                                     |                  |               |                 |
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Studentische Vorträge über Themen aus einem breiten Spektrum moderner experimenteller und theoretischer Physik.</li><li>• Sprachkurse, Seminare Philosophie der Physik oder der Naturwissenschaften, sowie Seminare zum wissenschaftlichen Schreiben</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                          |                                                   |                                                                     |                  |               |                 |
| Zugangsvoraussetzungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                          |                                                   |                                                                     |                  |               |                 |
| Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                          |                                                   |                                                                     |                  |               |                 |
| Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                          |                                                   | Unterrichtssprache Deutsch<br>Prüfungssprache Deutsch oder Englisch |                  |               |                 |
| Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                          |                                                   | 4 bzw. 8/ΣLP (siehe §17, Abs. 5 PO)                                 |                  |               |                 |
| Häufigkeit des Angebots                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                          |                                                   | Wintersemester                                                      |                  |               |                 |
| Begründung der Anwesenheitspflicht Veranstaltungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                          |                                                   |                                                                     |                  |               |                 |
| Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                          |                                                   | Dozierende der Physik                                               |                  |               |                 |
| Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                          |                                                   | M.Sc. Angewandte Physik                                             |                  |               |                 |
| Sonstiges                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                          |                                                   |                                                                     |                  |               |                 |

## 4.6 Forschungsphase

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                               |                                                   |                                                                                                                                                                                                                         |                       |                    |                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------|----------------------|
| Modul 660                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Spezialisierung<br><i>Specialization</i>                                                      |                                                   |                                                                                                                                                                                                                         |                       | M.08.128.660       |                      |
| Pflicht- oder Wahlpflichtmodul                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | P                                                                                             |                                                   |                                                                                                                                                                                                                         |                       |                    |                      |
| Leistungspunkte (LP) und<br>Arbeitsaufwand (workload)                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 15 LP = 450 h                                                                                 |                                                   |                                                                                                                                                                                                                         |                       |                    |                      |
| Moduldauer<br>(laut Studienverlaufsplan)                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 1                                                                                             |                                                   |                                                                                                                                                                                                                         |                       |                    |                      |
| Lehrveranstaltungen/<br>Lernformen                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Art                                                                                           | Regelsemester<br>bei Studienbeginn<br>WiSe (SoSe) | Verpflich-<br>tungsgrad                                                                                                                                                                                                 | Kontakt-<br>zeit(SWS) | Selbst-<br>studium | Leistungs-<br>punkte |
| Spezialisierung (P)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | F                                                                                             | 3                                                 | P                                                                                                                                                                                                                       | 60 h                  | 390 h              | 15 LP                |
| Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                               |                                                   |                                                                                                                                                                                                                         |                       |                    |                      |
| Anwesenheit                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                               |                                                   |                                                                                                                                                                                                                         |                       |                    |                      |
| Aktive Teilnahme                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Einarbeitung in das Forschungsvorhabens mit mindestens einem wöchentlichen Betreuungsgespräch |                                                   |                                                                                                                                                                                                                         |                       |                    |                      |
| Studienleistung(en)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                               |                                                   |                                                                                                                                                                                                                         |                       |                    |                      |
| Modulprüfung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Abschließender Seminarvortrag vor der Arbeitsgruppe. Das Modul wird nicht benotet.            |                                                   |                                                                                                                                                                                                                         |                       |                    |                      |
| 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> |                                                                                               |                                                   |                                                                                                                                                                                                                         |                       |                    |                      |
| 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.                                                                                                                                                 |                                                                                               |                                                   |                                                                                                                                                                                                                         |                       |                    |                      |
| Zugangsvoraussetzungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                               |                                                   | Alle Lehrveranstaltungen des Masterstudien-<br>gangs im 1. und 2. Semester, eventuell mit<br>Ausnahme der je eines Moduls aus Bereich<br>Physik und Ingenieurwissenschaften sowie<br>des Moduls Erweiterte Kompetenzen. |                       |                    |                      |
| Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul<br>bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                               |                                                   |                                                                                                                                                                                                                         |                       |                    |                      |
| Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                               |                                                   | Unterrichtssprache Deutsch/Englisch<br>Prüfungssprache Deutsch/Englisch                                                                                                                                                 |                       |                    |                      |
| Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                               |                                                   | 0 (Das Modul ist unbenotet.)                                                                                                                                                                                            |                       |                    |                      |
| Häufigkeit des Angebots                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                               |                                                   | Jedes Semester                                                                                                                                                                                                          |                       |                    |                      |
| Begründung der Anwesenheitspflicht Veranstaltungen                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                               |                                                   |                                                                                                                                                                                                                         |                       |                    |                      |
| Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                               |                                                   | Prof. Dr. M. Ostrick                                                                                                                                                                                                    |                       |                    |                      |
| Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                               |                                                   | M.Sc. Physik, M.Sc. Angewandte Physik                                                                                                                                                                                   |                       |                    |                      |
| Sonstiges                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                               |                                                   | Sprache: Englisch                                                                                                                                                                                                       |                       |                    |                      |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                      |                                                   |                                                                         |                       |                    |                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------|----------------------|
| Modul 670                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Methodenkenntnis<br>Methodological Knowledge                                         |                                                   |                                                                         |                       | M.08.128.670       |                      |
| Pflicht- oder Wahlpflichtmodul                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | P                                                                                    |                                                   |                                                                         |                       |                    |                      |
| Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 15 LP = 450 h                                                                        |                                                   |                                                                         |                       |                    |                      |
| Moduldauer<br>(laut Studienverlaufsplan)                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 1                                                                                    |                                                   |                                                                         |                       |                    |                      |
| Lehrveranstaltungen/<br>Lernformen                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Art                                                                                  | Regelsemester<br>bei Studienbeginn<br>WiSe (SoSe) | Verpflich-<br>tungsgrad                                                 | Kontakt-<br>zeit(SWS) | Selbst-<br>studium | Leistungs-<br>punkte |
| Methodenkenntnis (P)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | F                                                                                    | 3                                                 | P                                                                       | 60 h                  | 390 h              | 15 LP                |
| Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                      |                                                   |                                                                         |                       |                    |                      |
| Anwesenheit                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                      |                                                   |                                                                         |                       |                    |                      |
| Aktive Teilnahme                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Erlernen der Methoden mit mindestens einem wöchentlichen Betreuungsgespräch          |                                                   |                                                                         |                       |                    |                      |
| Studienleistung(en)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                      |                                                   |                                                                         |                       |                    |                      |
| Modulprüfung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | abschließender Seminarvortrag vor der Arbeitsgruppe oder Erstellung eines Portfolios |                                                   |                                                                         |                       |                    |                      |
| 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> |                                                                                      |                                                   |                                                                         |                       |                    |                      |
| 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.                                                                                                                 |                                                                                      |                                                   |                                                                         |                       |                    |                      |
| Zugangsvoraussetzungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                      |                                                   | Modul „Spezialisierung“                                                 |                       |                    |                      |
| Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                      |                                                   |                                                                         |                       |                    |                      |
| Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                      |                                                   | Unterrichtssprache Deutsch/Englisch<br>Prüfungssprache Deutsch/Englisch |                       |                    |                      |
| Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                      |                                                   | 15/ΣLP (siehe §17, Abs. 5 PO)                                           |                       |                    |                      |
| Häufigkeit des Angebots                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                      |                                                   | Jedes Semester                                                          |                       |                    |                      |
| Begründung der Anwesenheitspflicht Veranstaltungen                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                      |                                                   |                                                                         |                       |                    |                      |
| Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                      |                                                   | Prof. Dr. M. Ostrick                                                    |                       |                    |                      |
| Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                      |                                                   | M.Sc. Physik, M.Sc. Angewandte Physik                                   |                       |                    |                      |
| Sonstiges                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                      |                                                   | Sprache: Englisch                                                       |                       |                    |                      |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                      |                                                   |                                                                         |                       |                    |                      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------|----------------------|
| Modul 969                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Masterarbeit<br>Master Thesis                                                                                        |                                                   |                                                                         |                       | A.08.128.969       |                      |
| Pflicht- oder Wahlpflichtmodul                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | P                                                                                                                    |                                                   |                                                                         |                       |                    |                      |
| Leistungspunkte (LP) und<br>Arbeitsaufwand (workload)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 30 LP = 900 h                                                                                                        |                                                   |                                                                         |                       |                    |                      |
| Moduldauer<br>(laut Studienverlaufsplan)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 1                                                                                                                    |                                                   |                                                                         |                       |                    |                      |
| Lehrveranstaltungen/<br>Lernformen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Art                                                                                                                  | Regelsemester<br>bei Studienbeginn<br>WiSe (SoSe) | Verpflich-<br>tungsgrad                                                 | Kontakt-<br>zeit(SWS) | Selbst-<br>studium | Leistungs-<br>punkte |
| Masterarbeit (P)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                      | 4                                                 | P                                                                       | 110 h                 | 760 h              | 29 LP                |
| Abschlusskolloquium (P)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                      | 4                                                 | P                                                                       | 2 h                   | 28 h               | 1 LP                 |
| Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                      |                                                   |                                                                         |                       |                    |                      |
| Anwesenheit                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                      |                                                   |                                                                         |                       |                    |                      |
| Aktive Teilnahme                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Erarbeiten der neuen Ergebnisse an der Grenze des Wissens mit min-<br>destens einem wöchentlichen Betreuungsgespräch |                                                   |                                                                         |                       |                    |                      |
| Studienleistung(en)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                      |                                                   |                                                                         |                       |                    |                      |
| Modulprüfung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Schriftliche Master-Arbeit, Abschlusskolloquium vor der Arbeitsgruppe<br>(siehe §17 PO)                              |                                                   |                                                                         |                       |                    |                      |
| Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                      |                                                   |                                                                         |                       |                    |                      |
| Die Studierenden sind befähigt, ein Thema im von ihnen gewählten Spezialgebiet wissenschaftlich zu bearbeiten.<br>Sie sind in Form einer wissenschaftlichen Schrift (Masterarbeit) in der Lage, in dieses Thema einzuführen, ihre<br>Ergebnisse zu schildern und zu dokumentieren und sie im Lichte der relevanten Literatur zu interpretieren und<br>zu diskutieren. Sie sind außerdem befähigt, ihre Masterarbeit als wissenschaftlichen Vortrag zu präsentieren und<br>zu verteidigen und dabei auch Fragen zum Thema sowie zu Randgebieten zu beantworten. |                                                                                                                      |                                                   |                                                                         |                       |                    |                      |
| Inhalte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                      |                                                   |                                                                         |                       |                    |                      |
| Für das Thema der Master-Arbeit aus dem Forschungsvorhaben einer experimentellen oder theoretischen Ar-<br>beitsgruppe erarbeitet der/die Studierende neue Ergebnisse an der Grenze des Wissens.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                      |                                                   |                                                                         |                       |                    |                      |
| Zugangsvoraussetzungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                      |                                                   | Module „Spezialisierung“ und „Methoden-<br>kenntnis“                    |                       |                    |                      |
| Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul<br>bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                      |                                                   |                                                                         |                       |                    |                      |
| Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                      |                                                   | Unterrichtssprache Deutsch/Englisch<br>Prüfungssprache Deutsch/Englisch |                       |                    |                      |
| Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                      |                                                   | 30/ΣLP (siehe §16 und §17, Abs. 5 PO)                                   |                       |                    |                      |
| Häufigkeit des Angebots                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                      |                                                   | Jedes Semester                                                          |                       |                    |                      |
| Begründung der Anwesenheitspflicht Veranstaltungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                      |                                                   |                                                                         |                       |                    |                      |
| Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                      |                                                   | Prof. Dr. M. Ostrick                                                    |                       |                    |                      |
| Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                      |                                                   | M.Sc. Physik, M.Sc. Angewandte Physik                                   |                       |                    |                      |
| Sonstiges                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                      |                                                   | Sprache: Englisch                                                       |                       |                    |                      |