

# Modulhandbuch für den Master-Studiengang Physik an der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg – Fassung vom 05.03.14

<b>Modul-Nr.</b>	<b>Titel des Moduls</b>
Modul 1	Festkörperphysik
Modul 2	Spektroskopische Methoden der modernen Physik
Modul 3	Statistik und Quantenstatistik
Modul 4	Fortgeschrittene Quantenmechanik
Modul 5	Oberseminar
Modul 6	Forschungspraktische Arbeit
Modul 7	Masterarbeit
Module 8-9	Physikalisches Wahlpflichtfach im Rahmen der Vertiefungsrichtung
Module 10-11	Nichtphysikalisches Wahlpflichtfach

**Studiengang:**

Physik (M. Sc.)

**Modul 1:**

Festkörperphysik

**Ziele des Moduls und zu erwerbende Kompetenzen:**

Ziel der Lehrveranstaltung ist die Vermittlung von vertieften Kenntnissen auf dem Gebiet der Festkörperphysik.

Das angebotene Modul baut auf die „Einführung in die Festkörperphysik“ auf und behandelt Festkörpereigenschaften, die durch das Elektronensystem definiert werden.

Besonderes Augenmerk wird gelegt auf das Verständnis und die Interpretation der wichtigsten elektronischen Festkörpereigenschaften.

**Inhalte:**

- Elektronen im Festkörper
  - Fermi-Gas, Fermi-Statistik
  - spezifische Wärme der Metallelektronen
  - Abschirmung im Fermi-Gas, Mott-Übergang
  - Glühemission
  - Magnetismus durch Elektronenspins
- Elektronische Bänder
  - Näherungen quasifreies Elektron / „stark gebundenes“ Elektron
  - Bandstrukturen
- Ladungstransport
  - effektive Masse
  - Ströme in Bändern
  - Streuung von Ladungsträgern
  - thermoelektrische Effekte
  - Wiedemann-Franz-Gesetz
- Dielektrische Eigenschaften
  - dielektrische Funktion, harmonische Oszillatoren
  - Longitudinale und transversale Eigenschwingungen
  - Oberflächenwellen eines Dielektrikums
  - Reflexionsvermögen des dielektrischen Halbraums
  - Interband-Übergänge
  - Exzitonen
- Halbleiter
  - intrinsischen Halbleiter
  - Dotierung von Halbleitern
  - p-n-Übergang, Schottky-Kontakt
  - Halbleiterheterostrukturen und Übergitter
  - wichtige Halbleiterbauelemente
- Magnetismus
  - Austauschwechselwirkung
  - Bandmodell für den Ferromagnetismus
  - Antiferromagnetismus
  - Spinwellen

**Verwendbarkeit des Moduls:**

Pflichtmodul für den Master-Studiengang Physik; anrechenbar für Bachelor- und Masterstudiengänge anderer Fakultäten, deren Studienordnung dies erlaubt.

**Lehrformen:**

Vorlesung (3 SWS) und Selbststudium

**Voraussetzung für die Teilnahme:**

keine

<b>Dauer des Moduls:</b> ein Semester	
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt 150 h	
Präsenzzeit	42 h
(Vorlesung)	(42 h)
Selbststudium	108 h
<b>Häufigkeit des Angebotes:</b> jedes Studienjahr	
<b>Leistungsnachweise/Credits:</b> Studienleistungen: Vorlesung Gesamtzahl der Credits für das Modul: 5	
<b>Modulprüfung:</b> Form der Modulprüfung: Klausur (90 min) oder mündliche Prüfung (30 min); Form wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben, Modulnote = Note der Klausur oder mündlichen Prüfung (5 CP)	
<b>Modulverantwortlicher:</b> Fakultät für Naturwissenschaften, Institut für Experimentelle Physik, Prof. Dr. J. Christen	

<b>Studiengang:</b> Physik (M. Sc.)						
<b>Modul 2:</b> Spektroskopische Methoden der modernen Physik						
<b>Ziele des Moduls und zu erwerbende Kompetenzen:</b> Das Modul gibt einen Überblick über moderne spektroskopische Methoden, die in verschiedensten Gebieten der Physik, Chemie, Material- und Biowissenschaften Anwendung finden. Es werden die wichtigsten Verfahren vorgestellt, unter besonderer Berücksichtigung hochfrequenzspektroskopischer Methoden. Die Studenten werden mit den physikalischen Voraussetzungen, den Zielstellungen sowie Einsatzmöglichkeiten vertraut gemacht. Sie erlangen die Fähigkeit, zu erkennen, mit welchen spektroskopischen Methoden sie spezifische Fragestellungen lösen können, und sind mit den Stärken, Einschränkungen und Grenzen der Methoden vertraut.						
<b>Inhalt</b> Das Modul enthält eine Einführung in die wichtigsten spektroskopischen Methoden der experimentellen Physik. Zu diesen Methoden gehören unter anderem <ul style="list-style-type: none"> <li>• Magnetische Kernresonanz</li> <li>• Infrarotspektroskopie, einschließlich FTIR</li> <li>• Fluoreszenzspektroskopie</li> <li>• dielektrische Spektroskopie</li> <li>• UV/VIS-Spektroskopie</li> </ul> Es werden die physikalischen Grundlagen der einzelnen Methoden und einige Anwendungsgebiete vorgestellt. Darüber hinaus sollen die Studenten einer Übersicht über die Grundzüge ausgewählter weiterer spektroskopischer Methoden (z.B. EPR, ESR, Röntgen-, Raman-, Mössbauer-Sp.) erhalten. Das Modul gibt einen kurzen Überblick über räumlich aufgelöste und bildgebende Verfahren (z.B. Röntgentomographie, NMR-Tomographie).						
<b>Verwendbarkeit des Moduls:</b> Pflichtmodul im Master-Studiengang Physik, anrechenbar auch für Bachelor- und Masterstudiengänge anderer Fakultäten, deren Studienordnung dies erlaubt						
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung (3SWS) und Selbststudium						
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> keine						
<b>Dauer des Moduls:</b> ein Semester						
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt 150 h <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 80%;">Präsenzzeit</td> <td style="text-align: right;">42 h</td> </tr> <tr> <td>(Vorlesung)</td> <td style="text-align: right;">(42 h)</td> </tr> <tr> <td>Selbststudium</td> <td style="text-align: right;">108 h</td> </tr> </table>	Präsenzzeit	42 h	(Vorlesung)	(42 h)	Selbststudium	108 h
Präsenzzeit	42 h					
(Vorlesung)	(42 h)					
Selbststudium	108 h					
<b>Häufigkeit des Angebotes:</b> jährlich						
<b>Leistungsnachweise/ Credits:</b> Modulprüfung Gesamtzahl der Credits für das Modul: 5						
<b>Modulprüfung</b> mündlich (30 min) oder schriftlich (90 min). Form wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben Modulnote = Note der Prüfung (5 CP)						
<b>Modulverantwortlicher:</b> Fakultät für Naturwissenschaften, Institut für Experimentalphysik, Prof. R. Stannarius						

<b>Studiengang:</b> Physik (M. Sc.)								
<b>Modul 3:</b> Statistik und Quantenstatistik								
<b>Ziele des Moduls und zu erwerbende Kompetenzen:</b> Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> <li>• erwerben Grundwissen über die Gesamtheiten der statistischen Physik und ihre Anwendungsmöglichkeiten</li> <li>• verstehen, wie der Zeitpfeil zustande kommt</li> <li>• können die grundsätzlichen Schwächen der klassischen Statistik benennen und die Notwendigkeit einer Quantenstatistik darlegen</li> <li>• verstehen die Konsequenzen der Ununterscheidbarkeit quantenmechanischer Teilchen</li> <li>• lernen die Grundeigenschaften idealer Quantengase kennen</li> </ul>								
<b>Inhalte:</b> klassische Statistik: Gesamtheiten der klassischen Statistik und ihre Anwendungen; Auswahl von Vertiefungsthemen (beispielsweise Onsager-Relationen, Fowlersche Sattelpunktmethode, Phasenübergänge, Landau-Theorie, kritische Exponenten, Yang-Lee-Theorem, Boltzmann-Gleichung); Quantenstatistik: Dichteoperator, Bosonen, Fermionen, Gesamtheiten in der Quantenstatistik, ideale Quantengase, entartetes Fermigas, Bose-Einstein-Kondensation, weiterführende Themen (z.B. Bohr-van-Leeuwen-Theorem, Grundlagen magnetischer Erscheinungen, Ising-Modell)								
<b>Verwendbarkeit des Moduls:</b> Pflichtmodul für den Master-Studiengang Physik; anrechenbar für Bachelor- und Masterstudiengänge anderer Fakultäten, deren Studienordnung dies erlaubt								
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung (4SWS), Übungen (2SWS), Selbststudium								
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> keine								
<b>Dauer des Moduls:</b> ein Semester								
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt 270 h <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 80%;">Präsenzzeit</td> <td style="text-align: right;">84 h</td> </tr> <tr> <td>(Vorlesung)</td> <td style="text-align: right;">(56 h)</td> </tr> <tr> <td>(Übungen)</td> <td style="text-align: right;">(28 h)</td> </tr> <tr> <td>Selbststudium</td> <td style="text-align: right;">186 h</td> </tr> </table>	Präsenzzeit	84 h	(Vorlesung)	(56 h)	(Übungen)	(28 h)	Selbststudium	186 h
Präsenzzeit	84 h							
(Vorlesung)	(56 h)							
(Übungen)	(28 h)							
Selbststudium	186 h							
<b>Häufigkeit des Angebotes:</b> jedes Studienjahr								
<b>Leistungsnachweise/Credits:</b> Studienleistungen: Vorlesung und Übungen Gesamtzahl der Credits für das Modul: 9								
<b>Modulprüfung:</b> benotete Klausur (120 min) , Notenskala gemäß Prüfungsordnung								
<b>Modulverantwortlicher:</b> Fakultät der Naturwissenschaften, Institut für Theoretische Physik, Prof. K. Kassner								

<b>Studiengang:</b> Physik (M. Sc.)								
<b>Modul 4:</b> Fortgeschrittene Quantenmechanik								
<b>Ziele des Moduls und zu erwerbende Kompetenzen:</b> Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> <li>• erkennen, dass Naturgesetze nicht streng deduktiv ableitbar sind</li> <li>• begreifen die Unmöglichkeit von reinen Einteilchensystemen im Rahmen einer konsistent relativistischen Physik</li> <li>• verstehen die Herkunft des Elektronenspins</li> <li>• vertiefen ihr Verständnis des quantenmechanischen Messprozesses</li> <li>• machen erste Bekanntschaft mit der Vereinheitlichung von spezieller Relativitätstheorie und Quantenmechanik</li> <li>• verstehen die Notwendigkeit der Quantisierung von Feldgrößen</li> </ul>								
<b>Inhalte:</b> Diracsche Theorie des Elektrons: Grundlagen relativistischer Physik, Grundprinzipien der Aufstellung von quantenmechanischen Wellengleichungen, Dirac-Gleichung ohne und mit elektromagnetischem Feld, Dirac-Gleichung des Wasserstoffatoms; weiterführende Themen nach Wahl des Dozenten (z.B. Feldquantisierung oder Streutheorie)								
<b>Verwendbarkeit des Moduls:</b> Pflichtmodul für den Master-Studiengang Physik; anrechenbar für Bachelor- und Masterstudiengänge anderer Fakultäten, deren Studienordnung dies erlaubt.								
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung (2SWS), Übungen (1SWS), Selbststudium								
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> keine								
<b>Dauer des Moduls:</b> ein Semester								
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt 150 h <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 80%;">Präsenzzeit</td> <td style="text-align: right;">42 h</td> </tr> <tr> <td>(Vorlesung)</td> <td style="text-align: right;">(28 h)</td> </tr> <tr> <td>(Übungen)</td> <td style="text-align: right;">(14 h)</td> </tr> <tr> <td>Selbststudium</td> <td style="text-align: right;">108 h</td> </tr> </table>	Präsenzzeit	42 h	(Vorlesung)	(28 h)	(Übungen)	(14 h)	Selbststudium	108 h
Präsenzzeit	42 h							
(Vorlesung)	(28 h)							
(Übungen)	(14 h)							
Selbststudium	108 h							
<b>Häufigkeit des Angebotes:</b> jedes Studienjahr								
<b>Leistungsnachweise/Credits:</b> Studienleistungen: Vorlesung und Übungen Gesamtzahl der Credits für das Modul: 5								
<b>Modulprüfung:</b> mündliche Prüfung, Dauer bis zu 30 Minuten, Notenskala gemäß Prüfungsordnung								
<b>Modulverantwortlicher:</b> Fakultät für Naturwissenschaften, Institut für Theoretische Physik, Prof. K. Kassner								



<b>Studiengang:</b> Physik (M. Sc.)
<b>Modul 6:</b> Forschungspraktische Arbeit
<b>Ziele des Moduls und zu erwerbende Kompetenzen:</b> <b>Fachliche Kompetenzen:</b> Die Studierenden erlernen die experimentelle/theoretische Bearbeitung eines aktuellen physikalischen Problems. Sie erlangen ein vertieftes Verständnis über aktuelle Forschung. Die Studierenden sind befähigt, die im Studium erworbenen Kenntnisse und Fähigkeiten auf die konkrete Fragestellung mit den neu erworbenen Methoden und Hilfsmitteln anzuwenden, um so die Aufgabenstellung wissenschaftlich zu bearbeiten. Die Studierenden sind kompetent in der selbstständigen Bearbeitung abgegrenzter Themen aus der Physik unter Anwendung der im Studium erworbenen Fertigkeiten. <b>Soziale Kompetenzen:</b> Die Studierenden erwerben die Fähigkeit wissenschaftlich zu argumentieren und fachlich zu überzeugen.
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einarbeitung in ein Thema der theoretischen oder experimentellen Physik</li> <li>• Planung der Bearbeitung der Fragestellung</li> <li>• Bearbeitung des Themas</li> </ul>
<b>Verwendbarkeit des Moduls:</b> Pflichtmodul für den Master-Studiengang Physik; anrechenbar für Bachelor- und Masterstudiengänge anderer Fakultäten, deren Studienordnung dies erlaubt.
<b>Lehrformen:</b> Wissenschaftliches Projekt
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> keine
<b>Dauer des Moduls:</b> ein Semester
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt 720h Projektarbeit 720 h
<b>Häufigkeit des Angebotes:</b> im Winter- und Sommersemester
<b>Leistungsnachweise/Credits:</b> Studienleistungen: Projektarbeit Gesamtzahl der Credits für das Modul: 24
<b>Modulprüfung:</b> Seminarvortrag (unbenotet)
<b>Modulverantwortlicher:</b> Fakultät für Naturwissenschaften, Institute für Experimentelle und Theoretische Physik, Prof. J. Wiersig



<b>Studiengang:</b> Physik (M. Sc.)						
<b>Modul 7:</b> Masterarbeit						
<b>Ziele des Moduls und zu erwerbende Kompetenzen:</b> <b>Fachliche Kompetenzen:</b> Die Studierenden erlernen die Bearbeitung und Präsentation eines aktuellen physikalischen Problems. Sie kennen die relevanten Methoden zur Bearbeitung des Problems. Sie erlangen ein vertieftes Verständnis über aktuelle Forschung. Die Studierenden sind kompetent in der selbstständigen Bearbeitung, Dokumentation und Präsentation abgegrenzter Themen aus der Physik unter Anwendung der im Studium erworbenen Fertigkeiten. Die Studierenden sind befähigt, die im Studium erworbenen Kenntnisse und Fähigkeiten auf die konkrete Fragestellung mit den neu erworbenen Methoden und Hilfsmitteln anzuwenden, um so die Aufgabenstellung wissenschaftlich zu bearbeiten. <b>Soziale Kompetenzen:</b> Die Studierenden sind in der Lage, die Ergebnisse in adäquater Form schriftlich und mündlich zu präsentieren und wissenschaftlich zu diskutieren.						
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einarbeitung in ein Thema der theoretischen oder experimentellen Physik</li> <li>• Planung der Bearbeitung der Fragestellung</li> <li>• Bearbeitung des Themas</li> <li>• Dokumentation der Ergebnisse durch Abfassen der Masterarbeit</li> <li>• Präsentation der Ergebnisse in einem Vortrag und wissenschaftliche Diskussion</li> </ul>						
<b>Verwendbarkeit des Moduls:</b> Pflichtmodul für den Master-Studiengang Physik; anrechenbar für Bachelor- und Masterstudiengänge anderer Fakultäten, deren Studienordnung dies erlaubt.						
<b>Lehrformen:</b> Masterarbeit						
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Forschungspraktische Arbeit und 60 CP im Master-Studiengang Physik						
<b>Dauer des Moduls:</b> ein Semester						
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt 900 h <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 80%;">Projektarbeit</td> <td style="text-align: right;">600 h</td> </tr> <tr> <td>Abfassen der Arbeit</td> <td style="text-align: right;">250 h</td> </tr> <tr> <td>Vorbereitung Präsentation</td> <td style="text-align: right;">50 h</td> </tr> </table>	Projektarbeit	600 h	Abfassen der Arbeit	250 h	Vorbereitung Präsentation	50 h
Projektarbeit	600 h					
Abfassen der Arbeit	250 h					
Vorbereitung Präsentation	50 h					
<b>Häufigkeit des Angebotes:</b> im Winter- und Sommersemester						
<b>Leistungsnachweise/Credits:</b> Studienleistungen: Projektarbeit, schriftliche Arbeit und Präsentation Gesamtzahl der Credits für das Modul: 30						
<b>Modulprüfung:</b> Form der Modulprüfung: Schriftliche Arbeit (von zwei Gutachtern/Prüfern bewertet) und Verteidigung Modulnote = Arithmetisches Mittel der Noten der beiden Gutachten und der Verteidigung gemäß Prüfungsordnung						
<b>Modulverantwortlicher:</b> Fakultät für Naturwissenschaften, Institute für Experimentelle und Theoretische Physik, Prof. J. Wiersig						

## Vertiefungsrichtungen

<b>Halbleiterphysik</b>	<b>Nichtlinearität und Strukturbildung</b>	<b>Soft Matter und Biophysik</b>	<b>Quanten und Felder</b>
Angebot: in der Regel drei Teilmodule pro Semester	Angebot: in der Regel drei Teilmodule pro Semester	Angebot: in der Regel drei Teilmodule pro Semester	Angebot: in der Regel drei Teilmodule pro Semester
Physik der Halbleiterbauelemente I	Selbstorganisation und Musterbildung	Grundlagen der Biophysik	Einführung in die Festkörpertheorie
Physik der Halbleiterbauelemente II	Selbstorganisation in der Biophysik	Selbstorganisation in der Biophysik	Physik der Halbleiter-Quantenstrukturen
Physik der Solarzelle	Asymptotische Analyse	Praktikum Biophysik	Quantenstatistik II
Moderne Messmethoden der Halbleiterphysik	Theorie des Kristallwachstums	Physikalische Aspekte von Membranen	Greensche Funktionen
Röntgenbeugung I	Phasenübergänge und kritische Phänomene	Grundlagen der Magnetresonanz	Vielteilchensysteme
Röntgenbeugung II	Komplexe Fluide	Dynamik klassischer Spinsysteme	Quantenoptik
Optische Eigenschaften von Halbleitern	Modelle komplexer Systeme	Grundlagen stochastischer Prozesse in biophysikalischen Systemen	Allgemeine Relativitätstheorie
Halbleiterepitaxie	Kosmologie	Soft Matter	Kosmologie
Theoretische Halbleiteroptik	Computational Physics	Spiking Neuron Models	Theoretische Halbleiteroptik

Grau hinterlegte Module werden in zwei Vertiefungsrichtungen angeboten.

<b>Studiengang:</b> Physik (M. Sc.)
<b>Module 8-9 :</b> Vertiefungsrichtung Halbleiterphysik (Physikalisches Wahlpflichtfach)
<b>Ziele des Moduls und zu erwerbende Kompetenzen:</b> <b>Fachliche Kompetenzen:</b> Ausbildungsergebnisse und Kompetenzen: Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> <li>• lernen die grundlegenden Konzepte der Halbleiterepitaxie und ihre Anwendungsmöglichkeiten kennen</li> <li>• lernen die Struktur-Eigenschaftsbeziehungen in dimensionsreduzierten Quantenstrukturen sowie Methoden zu deren Berechnung verstehen</li> <li>• lernen die grundlegenden Funktionsprinzipien von Halbleiterbauelementen für die Elektronik, Optoelektronik und Sensorik kennen</li> <li>• werden mit den Schritten der Bauelementetechnologie vertraut gemacht</li> <li>• lernen experimentelle Untersuchungsmethoden zur Analyse von Halbleiter-Quantenstrukturen kennen</li> <li>• lernen die Wirkung von Vielteilchenteilcheneffekten in Festkörpern kennen</li> <li>• erhalten einen Überblick über die relevante Fachliteratur</li> </ul> <b>Soziale Kompetenzen:</b> Die Absolventinnen und Absolventen erwerben die Fähigkeiten <ul style="list-style-type: none"> <li>• wissenschaftlich zu argumentieren und fachlich zu überzeugen,</li> <li>• physikalische Probleme und deren Lösungen kompetent und verständlich darzustellen.</li> </ul>
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kombination von drei Lehrveranstaltungen aus der Vertiefungsrichtung Halbleiterphysik zur Erlangung eines vertieften Verständnisses der optischen, elektronischen und strukturellen Eigenschaften von Halbleitern und Halbleiterheterostrukturen;</li> <li>• das Lehrveranstaltungsangebot reicht von der Herstellung, der Charakterisierung, der theoretischen Beschreibung bis hin zur Anwendung von Halbleitern und anderen Quantenstrukturen in modernen Bauelementen der Elektronik, Optoelektronik und Sensorik;</li> </ul> Angebotene Lehrveranstaltungen: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Physik der Halbleiterbauelemente I und II</li> <li>• Physik der Solarzelle</li> <li>• Moderne Meßmethoden der Halbleiterphysik mit Forschungspraktikum</li> <li>• Röntgenbeugung I und II</li> <li>• Optische Eigenschaften von Halbleitern</li> <li>• Halbleiterepitaxie</li> <li>• Theoretische Halbleiteroptik</li> </ul>
<b>Verwendbarkeit des Moduls:</b> Wahlpflichtmodul für den Master-Studiengang Physik, Teilmodule anrechenbar für Bachelor- und Masterstudiengänge anderer Fakultäten, deren Studienordnung dies erlaubt.
<b>Lehrformen:</b> 3 Vorlesungen (6 SWS), 2 Übungen (3 SWS) und Selbststudium
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> keine
<b>Dauer des Moduls:</b> zwei Semester
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt 360 h Präsenzzeit 126 h Selbststudium 234 h
<b>Häufigkeit des Angebotes:</b> jährlich mindestens 6 der 9 Wahlmöglichkeiten

**Leistungsnachweise/Credits:**

Studienleistungen: unbenoteter Schein jeweils am Ende der Lehrveranstaltung als Zulassungsvoraussetzungen für die Modulprüfung;  
Gesamtzahl der Credits für das Modul: 12 (aufgeteilt in 4 und 8 für die beiden Semester)

**Modulprüfung:**

Form der Modulprüfung: mündliche Prüfung (60 min)

Modulnote = Note der mündlichen Prüfung (12 CP)

**Modulverantwortlicher:**

Fakultät für Naturwissenschaften, Institut für Experimentelle Physik, Prof. J. Christen

**Studiengang:**

Physik (M. Sc.)

**Modul:**

Vertiefungsrichtung „Halbleiterphysik“

Teilmodul „Physik der Halbleiterbauelemente I“

**Ziele des Moduls und zu erwerbende Kompetenzen:****Fachliche Kompetenzen:**

Die Absolventinnen und Absolventen erlangen folgende fachliche Kompetenzen:

- Kenntnisse grundlegender Begriffe und Inhalte der Festkörper- und insbesondere der Halbleiterphysik
- sichere Anwendung physikalischer Methoden und Verfahren
- Fähigkeit zur wissenschaftlichen Analyse physikalischer Problemstellungen der Halbleiterphysik, Nutzung von effizienten Lösungsmethoden
- Anwendung angemessener mathematischer Hilfsmittel auf physikalische Fragestellungen
- Abstraktionsvermögen, logisches Denken, Erfassen komplexer Zusammenhänge
- Arbeit mit deutsch- und englischsprachigen Fachbüchern

**Soziale Kompetenzen:**

Die Absolventinnen und Absolventen erwerben die Fähigkeiten

- wissenschaftlich zu argumentieren und fachlich zu überzeugen
- physikalische Probleme und deren Lösungen kompetent und verständlich darzustellen.

**Inhalte:**

- Physikalische Grundlagen von Halbleitern
  1. Kristallstruktur
  2. Energiebänder, Zustandsdichte, Verteilungsfunktionen, Massenwirkungsgesetz, Eigen- und Störleitung
  3. Ladungstransport, Streumechanismen, Ballistischer Transport
  4. Phononen, Optische Eigenschaften
  5. ballistischer Transport
  6. Grundlegende Beispiele
- Einfache Unipolare Bauelemente
  1. Der Metall-Halbleiter-Kontakt (allgem.)
  2. Schottky-Kontakte, Prinzip der negativen Elektronenaffinität, Verarmungsschichten
  3. Schottky-Dioden, MIS-Dioden und CCDs
  4. Ohmsche Kontakte
- Bipolare Bauelemente
  1. p-n-Dioden
  2. Reale Dioden
  3. Heteroübergänge und Übergitter
  4. Bipolartransistoren

**Verwendbarkeit des Moduls:**

Lehrveranstaltung im Wahlpflichtmodul „Halbleiterphysik“ für den Master-Studiengang Physik; anrechenbar für Bachelor- und Masterstudiengänge anderer Fakultäten, deren Studienordnung dies erlaubt.

**Lehrformen:**

Vorlesungen/Übungen (3 SWS) und Selbststudium

**Voraussetzung für die Teilnahme:**

keine

Kenntnisse in Festkörperphysik wünschenswert	
<b>Dauer des Moduls:</b> ein Semester	
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt 120 h	
Präsenzzeit	42 h
(Vorlesung)	(28 h)
(Übung)	(14 h)
Selbststudium	78 h
<b>Häufigkeit des Angebotes:</b> ca. einmal in drei aufeinanderfolgenden Semestern	
<b>Leistungsnachweise/Credits:</b> Studienleistungen: Besuch der Vorlesungen und Selbststudium Anzahl der Credits für das Teilmodul: 4	
<b>Modulprüfung:</b> Ist in der Modulbeschreibung der Vertiefungsrichtung festgelegt	
<b>Modulverantwortlicher:</b> Fakultät für Naturwissenschaften, Institut für Experimentelle Physik, Prof. J. Christen/Dr. F. Bertram	

<b>Studiengang:</b> Physik (M. Sc.)	
<b>Modul:</b> Vertiefungsrichtung „Halbleiterphysik“ Teilmodul „Physik der Halbleiterbauelemente II“	
<b>Ziele des Moduls und zu erwerbende Kompetenzen:</b>	
<b>Fachliche Kompetenzen:</b> Die Absolventinnen und Absolventen erlangen folgende fachliche Kompetenzen: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kenntnisse grundlegender Begriffe und Inhalte der Festkörper- und insbesondere der Halbleiterphysik</li> <li>• sichere Anwendung physikalischer Methoden und Verfahren</li> <li>• Fähigkeit zur wissenschaftlichen Analyse physikalischer Problemstellungen der Halbleiterphysik, Nutzung von effizienten Lösungsmethoden</li> <li>• Anwendung angemessener mathematischer Hilfsmittel auf physikalische Fragestellungen</li> <li>• Abstraktionsvermögen, logisches Denken, Erfassen komplexer Zusammenhänge</li> <li>• Arbeit mit deutsch- und englischsprachigen Fachbüchern</li> </ul>	
<b>Soziale Kompetenzen:</b> Die Absolventinnen und Absolventen erwerben die Fähigkeiten <ul style="list-style-type: none"> <li>• wissenschaftlich zu argumentieren und fachlich zu überzeugen</li> <li>• physikalische Probleme und deren Lösungen kompetent und verständlich darzustellen.</li> </ul>	
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Feldeffekt-Transistoren <ul style="list-style-type: none"> <li>- JFET</li> <li>- MESFET</li> <li>- MISFET/MOSFET</li> </ul> </li> <li>• Optoelektronik <ul style="list-style-type: none"> <li>- Festkörperphysikalische Grundlagen (Bandstruktur, Exzitonen, Störstellen, exzitoniche Komplexe, Quantenelektrodynamik) der Absorption und Emission von Photonen in Halbleitern und ihre technologische Anwendung in Bauelementen der Optoelektronik, Photonik und integrierten Optik. Technologie und Schaltungstechnik von Licht emittierenden und Licht detektierenden Halbleiterbauelementen: Lumineszenzdiode (LED), Photoleiter, photovoltaische Detektoren, Solarzellen.</li> </ul> </li> <li>• Laserdioden <ul style="list-style-type: none"> <li>- Halbleiter-Laser (Fabry-Perot, DBR, DFB, surface emitting, microcavity, GRINSH)</li> </ul> </li> </ul>	
<b>Verwendbarkeit des Moduls:</b> Lehrveranstaltung im Wahlpflichtmodul „Halbleiterphysik“ für den Master-Studiengang Physik; anrechenbar für Bachelor- und Masterstudiengänge anderer Fakultäten, deren Studienordnung dies erlaubt.	
<b>Lehrformen:</b> Vorlesungen/Übungen (3 SWS) und Selbststudium	
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> keine Kenntnisse in Festkörperphysik sowie der Besuch der Vorlesung Physik der Halbleiterbauelemente I wünschenswert	
<b>Dauer des Moduls:</b> ein Semester	
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt 120 h	
Präsenzzeit	42 h
(Vorlesung)	(28 h)
(Übung)	(14 h)
Selbststudium	78 h

**Häufigkeit des Angebotes:**

ca. einmal in drei aufeinanderfolgenden Semestern

**Leistungsnachweise/Credits:**

Studienleistungen: Besuch der Vorlesungen und Selbststudium

Anzahl der Credits für das Teilmodul: 4

**Modulprüfung:**

Ist in der Modulbeschreibung der Vertiefungsrichtung festgelegt

**Modulverantwortlicher:**

Fakultät für Naturwissenschaften, Institut für Experimentelle Physik, Prof. J. Christen/Dr. F. Bertram



<b>Studiengang:</b> Physik (M. Sc.), Nachhaltige Energiesysteme (M. Sc.)								
<b>Modul:</b> Vertiefungsrichtung „Halbleiterphysik“ Teilmodul „Physik der Solarzelle“								
<b>Ziele des Moduls und zu erwerbende Kompetenzen:</b> <b>Fachliche Kompetenzen:</b> Die Absolventinnen und Absolventen erlangen folgende fachliche Kompetenzen: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kenntnisse grundlegender Begriffe und Konzepte der Photovoltaik</li> <li>• Kenntnisse über die Wirkungsweise einkristalliner, polykristalliner und amorpher Si-Solarzellen, Zellen aus Verbindungshalbleitern und von Mehrfachsolarzellen</li> <li>• Grundkenntnisse über die wesentlichen Herstellungsverfahren</li> </ul> <b>Soziale Kompetenzen:</b> Die Absolventinnen und Absolventen erwerben die Fähigkeiten <ul style="list-style-type: none"> <li>• Probleme der Photovoltaik und deren Lösungen kompetent und verständlich darzustellen.</li> </ul>								
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung / Halbleitereigenschaften <ul style="list-style-type: none"> <li>- Halbleitereigenschaften</li> <li>- Generation und Rekombination von Ladungsträgern</li> <li>- Metall-Halbleiterkontakt</li> <li>- Halbleiter Heterostruktur, Anderson Modell</li> <li>- Stromerzeugung – belichtete Diode, Gärtner Modell</li> <li>- Auswahlkriterien für Solarzellen, Optimierung, Shockley-Queisser Limit</li> <li>- wichtige Halbleiter für die Photovoltaik</li> </ul> </li> <li>• Silizium Solarzellen <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kristallherstellung, Design von Solarzellen, Solarzellherstellung</li> <li>- Degeneration von amorphen Solarzellen</li> </ul> </li> <li>• Mehrfachsolarzellen <ul style="list-style-type: none"> <li>- Konzepte, Wirkungsgrad, Realisierung</li> </ul> </li> </ul>								
<b>Verwendbarkeit des Moduls:</b> Lehrveranstaltung im Wahlpflichtmodul „Halbleiterphysik“ für den Master-Studiengang Physik Lehrveranstaltung im Studiengang Nachhaltige Energiesysteme; anrechenbar für Bachelor- und Masterstudiengänge anderer Fakultäten, deren Studienordnung dies erlaubt.								
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung/Übung (3 SWS) und Selbststudium								
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> keine Kenntnisse in Festkörperphysik vorteilhaft								
<b>Dauer des Moduls:</b> ein Semester								
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt 120 h <table> <tr> <td>Präsenzzeit</td> <td>42 h</td> </tr> <tr> <td>(Vorlesung)</td> <td>(28 h)</td> </tr> <tr> <td>(Übung)</td> <td>(14 h)</td> </tr> <tr> <td>Selbststudium</td> <td>78 h</td> </tr> </table>	Präsenzzeit	42 h	(Vorlesung)	(28 h)	(Übung)	(14 h)	Selbststudium	78 h
Präsenzzeit	42 h							
(Vorlesung)	(28 h)							
(Übung)	(14 h)							
Selbststudium	78 h							
<b>Häufigkeit des Angebotes:</b> ca. einmal in zwei aufeinanderfolgenden Semestern, vorzugsweise Sommersemester								
<b>Leistungsnachweise/Credits:</b> Studienleistungen: Präsenzschein Anzahl der Credits für das Teilmodul: 4								
<b>Modulprüfung:</b>								

Ist in der Modulbeschreibung der Vertiefungsrichtung festgelegt

**Modulverantwortlicher:**

Fakultät für Naturwissenschaften, Institut für Experimentelle Physik, Prof. A. Krost/ Dr. H. Witte

<b>Studiengang:</b> Physik (M. Sc.)		
<b>Modul:</b> Vertiefungsrichtung „Halbleiterphysik“ Teilmodul „Moderne Messmethoden der Halbleiterphysik“		
<b>Ziele des Moduls und zu erwerbende Kompetenzen:</b>		
<b>Fachliche Kompetenzen:</b> Die Absolventinnen und Absolventen erlangen folgende fachliche Kompetenzen: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Beherrschung der Konzepte der grundlegenden elektronischen Messmethoden und Prinzipien: „sampling“, „lock-in“, „box-car“, „heterodyne“,...</li> <li>• Beherrschung der Grundlagen von dynamischen Prozessen und deren Messung</li> <li>• Beherrschung der Funktionsprinzipien von Raster-Verfahren</li> <li>• Sichere Anwendung der wesentlichen modernen Halbleitermessmethoden</li> </ul>		
<b>Soziale Kompetenzen:</b> Die Absolventinnen und Absolventen erwerben die Fähigkeiten <ul style="list-style-type: none"> <li>• Probleme der Halbleitermesstechnik und deren Lösungen kompetent und verständlich darzustellen.</li> </ul>		
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausgehend von den etablierten elektrischen und optischen Standardmeßverfahren der Halbleiterphysik und Technik wie Leitfähigkeits-, Beweglichkeits- und Ladungsträgerkonzentrationsmessungen (magneto-elektrische und magneto-optische Verfahren),</li> <li>• der Analyse flacher und tiefer Störstellen (CV, DLTS, ESR, ENDOR) sowie Lumineszenz- (PL), Anregungsspektroskopie (PLE) und zeitaufgelöste Lumineszenz (pico- und femto-sekunden Spektroskopie) werden</li> <li>• bildgebende rastermikroskopische Verfahren mit bis zu atomarer Auflösung wie Rasterelektronenmikroskopie (EDX, WDX, EBIC/EBIV), Raster-Tunnel-Mikroskopie (STM, BEEM) und Raster-Sonden-Mikroskopie (AFM, LFM, MFM) vorgestellt.</li> <li>• Zukunftsweisende neuartige Kombinationen dieser Rastertechniken mit elektrischen und optischen Verfahren wie der Rasterkathodolumineszenzmikroskopie, Raster-Mikrophotolumineszenz sowie dem SNOM (scanning near field optical microscopy) werden besprochen.</li> </ul>		
<b>Verwendbarkeit des Moduls:</b> Lehrveranstaltung im Wahlpflichtmodul „Halbleiterphysik“ für den Master-Studiengang Physik; anrechenbar für Bachelor- und Masterstudiengänge anderer Fakultäten, deren Studienordnung dies erlaubt.		
<b>Lehrformen:</b> 3 SWS (Vorlesung/Übung) und Selbststudium		
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Kenntnisse in Festkörperphysik vorteilhaft		
<b>Dauer des Moduls:</b> ein Semester		
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 120 h;		
Präsenzzeit	42 h	
Vorlesung	(28 h)	
Praktikum	(14 h)	14-tägig
Selbststudium	78 h	
<b>Häufigkeit des Angebotes:</b> ca. einmal in drei aufeinanderfolgenden Semestern		
<b>Leistungsnachweise/Credits:</b> Studienleistungen: Präsenzschein Gesamtzahl der Credits für das Modul: 4		
<b>Modulprüfung:</b> Ist in der Modulbeschreibung der Vertiefungsrichtung festgelegt		

**Modulverantwortlicher:**

Fakultät für Naturwissenschaften, Institut für Experimentelle Physik (FNW, IEP), Prof. J. Christen

<b>Studiengang:</b> Physik (M. Sc.)								
<b>Modul:</b> Vertiefungsrichtung „Halbleiterphysik“ Teilmodul „Röntgenbeugung I“								
<b>Ziele des Moduls und zu erwerbende Kompetenzen:</b> <b>Fachliche Kompetenzen:</b> Die Absolventinnen und Absolventen erlangen folgende fachliche Kompetenzen: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kenntnisse über die wesentlichen Untersuchungsmethoden mittels Röntgenstrahlen</li> <li>• Kenntnisse über die strukturellen Eigenschaften von Schichten und Schichtsystemen</li> <li>• können die erworbenen Kenntnisse kommunizieren und kompetent und verständlich darstellen.</li> </ul>								
<b>Inhalte:</b> Teil I: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Thomsonstreuung</li> <li>• Röntgenquellen</li> <li>• Fourieranalyse</li> <li>• direkte und reziproke Gitter</li> <li>• Röntgenreflektometrie</li> <li>• perfekte und raue Oberflächen und Grenzflächen</li> </ul>								
<b>Verwendbarkeit des Moduls:</b> Teilmodul der Vertiefungsrichtungen „Halbleiterphysik“ im Master-Studiengang Physik; anrechenbar für Bachelor- und Masterstudiengänge anderer Fakultäten, deren Studienordnung dies erlaubt								
<b>Lehrformen:</b> Vorlesungen/Übungen (3 SWS) und Selbststudium								
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> keine Festkörperphysik erwünscht								
<b>Dauer des Moduls:</b> ein Semester								
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt 120 h <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 80%;">Präsenzzeit</td> <td style="text-align: right;">42 h</td> </tr> <tr> <td>(Vorlesung)</td> <td style="text-align: right;">(28 h)</td> </tr> <tr> <td>(Übung)</td> <td style="text-align: right;">(14 h)</td> </tr> <tr> <td>Selbststudium</td> <td style="text-align: right;">78 h</td> </tr> </table>	Präsenzzeit	42 h	(Vorlesung)	(28 h)	(Übung)	(14 h)	Selbststudium	78 h
Präsenzzeit	42 h							
(Vorlesung)	(28 h)							
(Übung)	(14 h)							
Selbststudium	78 h							
<b>Häufigkeit des Angebotes:</b> ca. einmal in drei aufeinanderfolgenden Semestern								
<b>Leistungsnachweise/Credits:</b> Studienleistungen: Präsenzschein Anzahl der Credits für das Teilmodul: 4								
<b>Modulprüfung:</b> Ist in der Modulbeschreibung der Vertiefungsrichtung festgelegt								
<b>Modulverantwortlicher:</b> Fakultät für Naturwissenschaften, Institut für Experimentelle Physik, Prof. A. Krost/Dr. A. Dadgar								

<b>Studiengang:</b> Physik (M. Sc.)								
<b>Modul:</b> Vertiefungsrichtung „Halbleiterphysik“ Teilmodul „Röntgenbeugung II“								
<b>Ziele des Moduls und zu erwerbende Kompetenzen:</b> <b>Fachliche Kompetenzen:</b> Die Absolventinnen und Absolventen erlangen folgende fachliche Kompetenzen: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kenntnisse über die wesentlichen Untersuchungsmethoden mittels Röntgenstrahlen</li> <li>• Kenntnisse über die strukturellen Eigenschaften von Schichten und Schichtsystemen</li> <li>• können die erworbenen Kenntnisse kommunizieren und kompetent und verständlich darstellen.</li> </ul>								
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Röntgendiffraktometer</li> <li>• optische Komponenten</li> <li>• kinematische Streuung an Ein- und Mehrfachsichten</li> <li>• dynamische Röntgenbeugung</li> <li>• Röntgenfluoreszenz</li> </ul>								
<b>Verwendbarkeit des Moduls:</b> Teilmodul der Vertiefungsrichtungen „Halbleiterphysik“ im Master-Studiengang Physik; anrechenbar für Bachelor- und Masterstudiengänge anderer Fakultäten, deren Studienordnung dies erlaubt								
<b>Lehrformen:</b> Vorlesungen/Übungen (3 SWS) und Selbststudium								
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> keine Festkörperphysik erwünscht								
<b>Dauer des Moduls:</b> ein Semester								
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt 120 h <table> <tr> <td>Präsenzzeit</td> <td>42 h</td> </tr> <tr> <td>(Vorlesung)</td> <td>(28 h)</td> </tr> <tr> <td>(Übung)</td> <td>(14 h)</td> </tr> <tr> <td>Selbststudium</td> <td>78 h</td> </tr> </table>	Präsenzzeit	42 h	(Vorlesung)	(28 h)	(Übung)	(14 h)	Selbststudium	78 h
Präsenzzeit	42 h							
(Vorlesung)	(28 h)							
(Übung)	(14 h)							
Selbststudium	78 h							
<b>Häufigkeit des Angebotes:</b> ca. einmal in drei aufeinanderfolgenden Semestern								
<b>Leistungsnachweise/Credits:</b> Studienleistungen: Präsenzschein Anzahl der Credits für das Teilmodul: 4								
<b>Modulprüfung:</b> Ist in der Modulbeschreibung der Vertiefungsrichtung festgelegt								
<b>Modulverantwortlicher:</b> Fakultät für Naturwissenschaften, Institut für Experimentelle Physik, Prof. A. Krost/Dr. A. Dadgar								

<b>Studiengang:</b> Physik (M. Sc.)								
<b>Modul :</b> Vertiefungsrichtung „Halbleiterphysik“ Teilmodul „Optische Eigenschaften von Halbleitern“								
<b>Ziele des Moduls und zu erwerbende Kompetenzen:</b> <b>Fachliche Kompetenzen:</b> Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> <li>• können die grundlegenden optischen Eigenschaften von Halbleitern einordnen und Modelle zu ihrer theoretischen Beschreibung sicher anwenden,</li> <li>• lernen die Grundlagen moderner experimenteller Verfahren der optischen Spektroskopie kennen,</li> <li>• sind in der Lage, geeignete Verfahren der optischen Spektroskopie für Forschungsprojekte in der Optoelektronik/Photonik auszuwählen</li> <li>• können einen Beitrag zur Entwicklung neuartiger Bauelemente der Photonik/Optoelektronik leisten</li> </ul>								
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mechanismen der Polarisierung, Dielektrische Funktion und Ellipsometrie,</li> <li>• Fermi's Goldene Regel, Bandstruktur und van Hove-Singularitäten,</li> <li>• Vielteilcheneffekte: Exzitonen, Bandkantenrenormierung, Burstein-Moss-Effekt,</li> <li>• Elektro-optische Effekte, Exzitonen im elektrischen Feld, Modulationsspektroskopie,</li> <li>• Synchrotronstrahlung in der Halbleiterforschung,</li> <li>• Störstellen und Emissionsverhalten von Volumenhalbleitern</li> </ul>								
<b>Verwendbarkeit des Moduls:</b> Lehrveranstaltung im Wahlpflichtmodul „Halbleiterphysik“ für den Master-Studiengang Physik; anrechenbar für Bachelor- und Masterstudiengänge anderer Fakultäten, deren Studienordnung dies erlaubt.								
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung (2 SWS), Übung (1 SWS) und Selbststudium								
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> keine								
<b>Dauer des Moduls:</b> ein Semester								
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt 120 h <table> <tr> <td>Präsenzzeit</td> <td>42 h</td> </tr> <tr> <td>(Vorlesung)</td> <td>(28 h)</td> </tr> <tr> <td>(Seminar)</td> <td>(14 h)</td> </tr> <tr> <td>Selbststudium</td> <td>78 h</td> </tr> </table>	Präsenzzeit	42 h	(Vorlesung)	(28 h)	(Seminar)	(14 h)	Selbststudium	78 h
Präsenzzeit	42 h							
(Vorlesung)	(28 h)							
(Seminar)	(14 h)							
Selbststudium	78 h							
<b>Häufigkeit des Angebotes:</b> ca. einmal in drei aufeinanderfolgenden Semestern								
<b>Leistungsnachweise/Credits:</b> Studienleistungen als Zulassungsvoraussetzungen für die Modulprüfung; Anzahl der Credits für das Teilmodul : 4								
<b>Modulprüfung:</b> Ist in der Modulbeschreibung der Vertiefungsrichtung festgelegt								
<b>Modulverantwortlicher:</b> Fakultät für Naturwissenschaften, Institute für Experimentelle und Theoretische Physik, Prof. R. Goldhahn/Dr. M. Feneberg								

<b>Studiengang:</b> Physik (M. Sc.)
<b>Modul:</b> Vertiefungsrichtung „Halbleiterphysik“ Teilmodul „Halbleiterepitaxie“
<b>Ziele des Moduls und zu erwerbende Kompetenzen:</b> <b>Fachliche Kompetenzen:</b> Die Absolventinnen und Absolventen erlangen folgende fachliche Kompetenzen: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kenntnisse grundlegender Begriffe des Kristallwachstums</li> <li>• Kenntnisse über die wesentlichen Kristallherstellungsverfahren</li> <li>• Grundkenntnisse über die wichtigsten Halbleiteranalysemethoden</li> </ul> <b>Soziale Kompetenzen:</b> Die Absolventinnen und Absolventen erwerben die Fähigkeiten <ul style="list-style-type: none"> <li>• Probleme der Halbleiterepitaxie und deren Lösungen kompetent und verständlich darzustellen.</li> </ul>
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Halbleitereigenschaften / Kristallographie: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Halbleitereigenschaften</li> <li>- wichtige Halbleiterkristallsysteme</li> <li>- Kristallisation</li> </ul> </li> <li>• Verspannungen: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Elastische Eigenschaften von zinkblende und wurztitischen Halbleitern</li> <li>- Verspannung, Relaxation</li> <li>- kritische Schichtdicke</li> </ul> </li> <li>• Analysemethoden <ul style="list-style-type: none"> <li>- Nomarski Mikroskopie, REM, TEM, XRD, PL, AFM, C-V, Hall-Effekt</li> </ul> </li> <li>• Epitaxieverfahren <ul style="list-style-type: none"> <li>- Flüssigphasenepitaxie (LPE)</li> <li>- Hydridgasphasenepitaxie (HVPE)</li> <li>- Molekularstrahlepitaxie (MBE) und in-situ Analyse</li> <li>- Metallorganische Gasphasenepitaxie (MOVPE) und in-situ Analyse</li> </ul> </li> </ul>
<b>Verwendbarkeit des Moduls:</b> Lehrveranstaltung im Wahlpflichtmodul „Halbleiterphysik“ für den Master-Studiengang Physik; anrechenbar für Bachelor- und Masterstudiengänge anderer Fakultäten, deren Studienordnung dies erlaubt.
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung/Übung (3 SWS) und Selbststudium
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> keine Festkörperphysik erwünscht
<b>Dauer des Moduls:</b> ein Semester
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt 120 h Präsenzzeit 42 h (Vorlesung) (42 h) Selbststudium 78 h
<b>Häufigkeit des Angebotes:</b> ca. einmal in zwei aufeinanderfolgenden Semestern
<b>Leistungsnachweise/Credits:</b> Studienleistungen: Präsenzschein Anzahl der Credits für das Teilmodul: 4



**Modulprüfung:**

Ist in der Modulbeschreibung der Vertiefungsrichtung festgelegt

**Modulverantwortlicher:**

Fakultät für Naturwissenschaften, Institut für Experimentelle Physik, Prof. A. Krost/Dr. A. Dadgar

<b>Studiengang:</b> Physik (M. Sc.)								
<b>Modul :</b> Vertiefungsrichtung „Halbleiterphysik“ und „Quanten und Felder“ Teilmodul „Theoretische Halbleiteroptik“								
<b>Ziele des Moduls und zu erwerbende Kompetenzen:</b> <b>Fachliche Kompetenzen:</b> Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> <li>• lernen die grundlegenden Konzepte und Methoden zur theoretischen Beschreibung der optischen Eigenschaften von Halbleitern zu beherrschen,</li> <li>• erlernen die mathematische Formulierung der physikalischen Sachverhalte,</li> </ul> <b>Soziale Kompetenzen:</b> Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> <li>• können die erworbenen Kenntnisse kommunizieren.</li> </ul>								
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Klassische Grundlagen der Licht-Materie Wechselwirkung</li> <li>• Atom im klassischen Lichtfeld</li> <li>• Licht-Materie-Wechselwirkung in Kristallen</li> <li>• Halbleiter-Blochgleichungen</li> <li>• Quanten-Nanostrukturen</li> <li>• Lineare optische Eigenschaften (Exziton, Polariton)</li> </ul>								
<b>Verwendbarkeit des Moduls:</b> Teilmodul der Vertiefungsrichtungen „Halbleiterphysik“ und „Quanten und Felder“ im Master-Studiengang Physik; anrechenbar für Bachelor- und Masterstudiengänge anderer Fakultäten, deren Studienordnung dies erlaubt.								
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung (2 SWS), Übung (1 SWS) und Selbststudium								
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Keine								
<b>Dauer des Moduls:</b> ein Semester								
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt 120 h <table> <tr> <td>Präsenzzeit</td> <td>42 h</td> </tr> <tr> <td>(Vorlesung)</td> <td>(28 h)</td> </tr> <tr> <td>(Übung)</td> <td>(14 h)</td> </tr> <tr> <td>Selbststudium</td> <td>78 h</td> </tr> </table>	Präsenzzeit	42 h	(Vorlesung)	(28 h)	(Übung)	(14 h)	Selbststudium	78 h
Präsenzzeit	42 h							
(Vorlesung)	(28 h)							
(Übung)	(14 h)							
Selbststudium	78 h							
<b>Häufigkeit des Angebotes:</b> ca. einmal in drei aufeinanderfolgenden Semestern								
<b>Leistungsnachweise/Credits:</b> Studienleistungen: Vorlesungen und Übungen, Leistungsnachweis gemäß Festlegung durch Dozent (etwa Mindestpunktzahl in den Übungen oder schriftlicher Leistungsnachweis) Anzahl der Credits für das Teilmodul : 4								
<b>Modulprüfung:</b> Ist in der Modulbeschreibung der Vertiefungsrichtung festgelegt								
<b>Modulverantwortlicher:</b> Fakultät für Naturwissenschaften, Institut für Theoretische Physik, Prof. J. Wiersig								

<b>Studiengang:</b> Physik (M. Sc.)
<b>Module 8-9 :</b> Vertiefungsrichtung „Nichtlinearität und Strukturbildung“ (Physikalisches Wahlpflichtfach)
<b>Ziele des Moduls und zu erwerbende Kompetenzen:</b> <b>Fachliche Kompetenzen:</b> Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> <li>• verstehen die Relevanz nichtlinearer Wechselwirkungen bei Selbstorganisationsphänomenen in Physik, Chemie, Biologie und anderen</li> <li>• haben eine Vorstellung von den treibenden Kräften in strukturbildenden Systemen und der Rolle von Nichtgleichgewichtsaspekten</li> <li>• kennen verschiedene Herangehensweisen an Begriff und Inhalt von Komplexität</li> <li>• haben grundlegende Methoden zur mathematischen Behandlung nichtlinearer und komplexer Systeme kennengelernt</li> <li>• kennen experimentelle Untersuchungsmethoden zur Analyse komplexer Systeme</li> </ul> <b>Soziale Kompetenzen:</b> Die Absolventinnen und Absolventen erwerben die Fähigkeiten <ul style="list-style-type: none"> <li>• wissenschaftlich zu argumentieren und fachlich zu überzeugen</li> <li>• physikalische Probleme und deren Lösungen kompetent und verständlich darzustellen.</li> </ul>
<b>Inhalte:</b> Kombination von mindestens drei Themen aus den folgenden Angeboten (je 3 SWS V/Ü, 4 CP): <ul style="list-style-type: none"> <li>• Selbstorganisation und Musterbildung,</li> <li>• Selbstorganisation in der Biophysik,</li> <li>• Asymptotische Analyse,</li> <li>• Theorie des Kristallwachstums,</li> <li>• Phasenübergänge und kritische Phänomene,</li> <li>• Komplexe Fluide,</li> <li>• Modelle komplexer Systeme,</li> <li>• Computational Physics,</li> <li>• Kosmologie</li> </ul>
<b>Verwendbarkeit des Moduls:</b> Wahlpflichtmodul für den Master-Studiengang Physik; anrechenbar auch für Bachelor- und Masterstudiengänge anderer Fakultäten, deren Studienordnung dies erlaubt.
<b>Lehrformen:</b> Vorlesungen/Übungen (9 SWS) sowie Selbststudium
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> keine
<b>Dauer des Moduls:</b> zwei Semester
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt 360 h Präsenzzeit                                      126 h Selbststudium                                      234 h
<b>Häufigkeit des Angebotes:</b> jährlich mindestens 6 der 9 Wahlmöglichkeiten
<b>Leistungsnachweise/Credits:</b> Studienleistungen: Vorlesungen und Übungen, schriftliche Leistungsnachweise jeweils am Ende des Semesters als Zulassungsvoraussetzungen für die Modulprüfung; Gesamtzahl der Credits für das Modul : 12
<b>Modulprüfung:</b> Form der Modulprüfung: mündliche Prüfung (60 min) Modulnote = Note der mündliche Prüfung (12 CP)

**Modulverantwortlicher:**

Fakultät für Naturwissenschaften, Institut für Experimentelle Physik, Prof. R. Stannarius

<b>Studiengang:</b> Physik (M. Sc.)								
<b>Modul :</b> Vertiefungsrichtung „Nichtlinearität und Strukturbildung“ Teilmodul „Selbstorganisation und Musterbildung“								
<b>Ziele des Moduls und zu erwerbende Kompetenzen:</b> Die Lehrveranstaltung beschäftigt sich mit den Grundlagen der Selbstorganisation in Physik, Chemie und Biologie. Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> <li>• werden in die Klassifikation musterbildender Instabilitäten eingeführt</li> <li>• lernen die grundlegenden Konzepte und Methoden der Behandlung solcher Instabilitäten kennen</li> <li>• können musterbildende Mechanismen einordnen und erkennen die geeigneten Beschreibungsverfahren</li> <li>• erwerben das mathematische Handwerkszeug zur quantitativen Beschreibung</li> </ul>								
<b>Inhalte:</b> Die Lehrveranstaltung baut auf dem Modul ‚Einführung in die Nichtlineare Physik‘ im Bachelorstudiengang auf und macht die Studenten mit den wichtigsten Klassen strukturbildender Systeme vertraut. Es wird eine systematische Darstellung dieser Klassen vermittelt und Beispiele aus Bereichen <ul style="list-style-type: none"> <li>• konservative musterbildende Systeme</li> <li>• dissipative Fließgleichgewichte</li> <li>• transiente Muster</li> <li>• Reaktions-Diffusions-Systeme</li> <li>• lokalisierte Fronten</li> </ul> vorgelegt und beschrieben. Die Lehrveranstaltung gibt einen Überblick über die wichtigsten klassischen musterbildenden Systeme. Neben der Einführung in ihre mathematische Behandlung werden einzelne Beispiele vertieft, wie z.B. Rayleigh-Benard-Konvektion als dissipatives Fließgleichgewicht, spinodale Entzweiung als Beispiel transienter Musterbildung, Turingmuster in Reaktions-Diffusions-Systemen und diverse konservative Strukturen in anisotropen Fluiden und Polymeren.								
<b>Verwendbarkeit des Moduls:</b> Teilmodul der Vertiefungsrichtung „Nichtlinearität und Strukturbildung“; anrechenbar für Bachelor- und Masterstudiengänge anderer Fakultäten, deren Studienordnung dies erlaubt.								
<b>Lehrformen:</b> Vorlesungen/Übungen (3 SWS) sowie Selbststudium								
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> keine								
<b>Dauer des Moduls:</b> ein Semester								
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt 120 h <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 80%;">Präsenzzeit</td> <td style="text-align: right;">42 h</td> </tr> <tr> <td>(Vorlesung)</td> <td style="text-align: right;">(28 h)</td> </tr> <tr> <td>(Übungen)</td> <td style="text-align: right;">(14 h)</td> </tr> <tr> <td>Selbststudium</td> <td style="text-align: right;">78 h</td> </tr> </table>	Präsenzzeit	42 h	(Vorlesung)	(28 h)	(Übungen)	(14 h)	Selbststudium	78 h
Präsenzzeit	42 h							
(Vorlesung)	(28 h)							
(Übungen)	(14 h)							
Selbststudium	78 h							
<b>Häufigkeit des Angebotes:</b> ca. einmal in drei aufeinanderfolgenden Semestern								
<b>Leistungsnachweise/Credits:</b> Studienleistungen: Vorlesung und Übungen, schriftlicher Leistungsnachweis jeweils am Ende des Semesters als Zulassungsvoraussetzung für die Modulprüfung Anzahl der Credits für das Teilmodul: 4								
<b>Modulprüfung:</b> Ist in der Modulbeschreibung der Vertiefungsrichtung festgelegt								
<b>Modulverantwortlicher:</b> Fakultät für Naturwissenschaften, Institut für Experimentelle Physik, Prof. R. Stannarius								

<b>Studiengang:</b> Physik (M. Sc.)								
<b>Modul:</b> Vertiefungsrichtungen „Soft Matter und Biophysik“ und „Nichtlinearität und Strukturbildung“ Teilmodul „Selbstorganisation in der Biophysik“								
<b>Ziele des Moduls und zu erwerbende Kompetenzen:</b> Vermittlung der Prinzipien von Selbstorganisation und Strukturbildung in lebenden Systemen. Zusätzlich zu den Grundlagen werden diese Prinzipien an geeigneten Modellsystemen dargestellt. Vermittlung des Konzepts eines „offenen Systems“ und der sich daraus ergebenden Besonderheiten für die Physik lebender Systeme.								
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Definition von selbst-organisierten Systemen</li> <li>• Stationären Strukturen, am Beispiel von Turing-Strukturen und der Phyllotaxis</li> <li>• Dynamische Strukturen in erregbaren Medien Dynamik von räumlich-ausgedehnten erregbaren Systemen: Wellen, Spiralen, Wellenausbreitung</li> <li>• Dynamische Strukturen in biologischen Systemen: Zellaggregation; Chemotaxis; Herzrhythmen und Herzrhythmusstörungen</li> <li>• Einführung in die Dynamik von drei-dimensionalen erregbaren Systemen am biologischen Beispiel des Übergangs von Herzkammerflimmern zu Herzkammerflattern</li> <li>• Struktur und Organisation des Transports in Adernnetzwerken</li> <li>• Methoden der raum-zeitlichen Analyse von selbst-organisierten Systemen</li> </ul>								
<b>Verwendbarkeit des Moduls:</b> Teilmodul der Vertiefungsrichtungen „Soft Matter und Biophysik“ sowie „Nichtlinearität und Strukturbildung“ für den Master-Studiengang Physik; anrechenbar für Bachelor- und Master-Studiengänge anderer Fakultäten, deren Studienordnung dies erlaubt.								
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung (2 SWS), Übung (1 SWS) und Selbststudium								
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> keine								
<b>Dauer des Moduls:</b> ein Semester								
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt 120 h <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 80%;">Präsenzzeit</td> <td style="text-align: right;">42 h</td> </tr> <tr> <td>(Vorlesung)</td> <td style="text-align: right;">(28 h)</td> </tr> <tr> <td>(Übungen)</td> <td style="text-align: right;">(14 h)</td> </tr> <tr> <td>Selbststudium</td> <td style="text-align: right;">78 h</td> </tr> </table>	Präsenzzeit	42 h	(Vorlesung)	(28 h)	(Übungen)	(14 h)	Selbststudium	78 h
Präsenzzeit	42 h							
(Vorlesung)	(28 h)							
(Übungen)	(14 h)							
Selbststudium	78 h							
<b>Häufigkeit des Angebotes:</b> ca. einmal in drei aufeinanderfolgenden Semestern								
<b>Leistungsnachweise/Credits:</b> Teilnahmeschein Anzahl der Credits für das Teilmodul: 4								
<b>Modulprüfung:</b> Ist in der Modulbeschreibung der Vertiefungsrichtung festgelegt								
<b>Modulverantwortlicher:</b> Fakultät für Naturwissenschaften, Institut für Experimentelle Physik, Prof. S. Müller								

<b>Studiengang:</b> Physik (M. Sc.)								
<b>Modul:</b> Vertiefungsrichtung „Nichtlinearität und Strukturbildung“ Teilmodul „Asymptotische Analyse“								
<b>Ziele des Moduls und zu erwerbende Kompetenzen:</b> Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> <li>• lernen den Wert von Näherungen im Gegensatz zu exakten Lösungen einzuschätzen</li> <li>• erfahren das Wechselspiel zwischen analytischen und numerischen Verfahren</li> <li>• erkennen die Relevanz verschiedener Gleichungstypen und mathematischer Konstrukte in der Physik</li> <li>• erlernen sehr allgemein anwendbare Techniken der asymptotischen und störungstheoretischen Analyse</li> <li>• wissen zwischen regulären und singulären Störungen zu unterscheiden</li> <li>• kennen den Unterschied zwischen lokalen und globalen Näherungen</li> <li>• verstehen die Überlegenheit von Näherungsmethoden beim Auffinden qualitativer Aussagen</li> </ul>								
<b>Inhalte:</b> Exakte Lösungsverfahren für gewöhnliche Differentialgleichungen, komplexe Analyse, lokale asymptotische Analyse linearer Differentialgleichungen, asymptotische Entwicklung von Integralen, asymptotische Anpassung, Boundary-Layer-Theorie, WKB-Methode								
<b>Verwendbarkeit des Moduls:</b> Teilmodul der Vertiefungsrichtung „Nichtlinearität und Strukturbildung“ im Master-Studiengang Physik; anrechenbar für Bachelor- und Masterstudiengänge anderer Fakultäten, deren Studienordnung dies erlaubt								
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung (2 SWS), Übungen (1 SWS) und Selbststudium								
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> keine								
<b>Dauer des Moduls:</b> ein Semester								
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt 120 h <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 80%;">Präsenzzeit</td> <td style="text-align: right;">42 h</td> </tr> <tr> <td>(Vorlesung)</td> <td style="text-align: right;">(28 h)</td> </tr> <tr> <td>(Übungen)</td> <td style="text-align: right;">(14 h)</td> </tr> <tr> <td>Selbststudium</td> <td style="text-align: right;">78 h</td> </tr> </table>	Präsenzzeit	42 h	(Vorlesung)	(28 h)	(Übungen)	(14 h)	Selbststudium	78 h
Präsenzzeit	42 h							
(Vorlesung)	(28 h)							
(Übungen)	(14 h)							
Selbststudium	78 h							
<b>Häufigkeit des Angebotes:</b> ca. einmal in drei aufeinanderfolgenden Semestern								
<b>Leistungsnachweise/Credits:</b> Studienleistungen: Vorlesung und Übungen, Leistungsnachweis gemäß Festlegung durch Dozent (etwa Mindestpunktzahl in den Übungen oder schriftlicher Leistungsnachweis) Anzahl der Credits für das Teilmodul: 4								
<b>Modulprüfung:</b> Ist in der Modulbeschreibung der Vertiefungsrichtung festgelegt								
<b>Modulverantwortlicher:</b> Fakultät für Naturwissenschaften, Institut für Theoretische Physik, Prof. K. Kassner								

<b>Studiengang:</b> Physik (M. Sc.)								
<b>Modul:</b> Vertiefungsrichtung „Nichtlinearität und Strukturbildung“ Teilmodul „Theorie des Kristallwachstums“								
<b>Ziele des Moduls und zu erwerbende Kompetenzen:</b> Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> <li>• lernen die Wichtigkeit von Oberflächen in endlichen thermodynamischen Systemen kennen</li> <li>• bekommen eine Vorstellung von der allgemeinen Vorgehensweise bei der Analyse strukturbildender Systeme</li> <li>• kennen Beispiele für lineare Stabilitätsanalysen</li> <li>• sind sich über die Rolle von Instabilitäten bei Strukturbildungsphänomenen im Klaren</li> <li>• sind mit modernen Klassifikationsschemata wie fraktale Struktur oder Multiskalenphänomen vertraut</li> <li>• können den Begriff von Nichtgleichgewichtsphasenübergängen mit Inhalt füllen, verstehen Morphologiediagramme</li> <li>• kennen charakteristische Eigenschaften diffusionsbegrenzt wachsender Strukturen</li> <li>• verstehen das Wachstum von Schneeflocken und seine Beziehung zu Strukturen in industriellen Gußverfahren einschließlich deren Relevanz für die Materialfestigkeit</li> </ul>								
<b>Inhalte:</b> Thermodynamik von Systemen mit Grenzflächen, Oberflächenspannung, elastische Effekte, Grinfeld-Instabilität, Wachstumsformen, diffusionsbegrenzt Wachstum, Mullins-Sekerka-Instabilität, freies Wachstum, gerichtete Erstarrung, Ivantsov-Lösung, Selektionstheorie dendritischen Wachstums (Beispiel einer singulären Störungstheorie)								
<b>Verwendbarkeit des Moduls:</b> Teilmodul der Vertiefungsrichtung „Nichtlinearität und Strukturbildung“ im Master-Studiengang Physik; anrechenbar für Bachelor- und Masterstudiengänge anderer Fakultäten, deren Studienordnung dies erlaubt.								
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung (2SWS), Übungen (1SWS) und Selbststudium								
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> keine								
<b>Dauer des Moduls:</b> ein Semester								
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt 120 h <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 80%;">Präsenzzeit</td> <td style="text-align: right;">42 h</td> </tr> <tr> <td>(Vorlesung)</td> <td style="text-align: right;">(28 h)</td> </tr> <tr> <td>(Übungen)</td> <td style="text-align: right;">(14 h)</td> </tr> <tr> <td>Selbststudium</td> <td style="text-align: right;">78 h</td> </tr> </table>	Präsenzzeit	42 h	(Vorlesung)	(28 h)	(Übungen)	(14 h)	Selbststudium	78 h
Präsenzzeit	42 h							
(Vorlesung)	(28 h)							
(Übungen)	(14 h)							
Selbststudium	78 h							
<b>Häufigkeit des Angebotes:</b> ca. einmal in drei aufeinanderfolgenden Semestern								
<b>Leistungsnachweise/Credits:</b> Studienleistungen: Vorlesung und Übungen, Leistungsnachweis gemäß Festlegung durch Dozent (etwa Mindestpunktzahl in den Übungen oder schriftlicher Leistungsnachweis) Anzahl der Credits für das Teilmodul: 4								
<b>Modulprüfung:</b> Ist in der Modulbeschreibung der Vertiefungsrichtung festgelegt								
<b>Modulverantwortlicher:</b> Fakultät für Naturwissenschaften, Institut für Theoretische Physik, Prof. K. Kassner								



<b>Studiengang:</b> Physik (M. Sc.)								
<b>Modul :</b> Vertiefungsrichtung „Nichtlinearität und Strukturbildung“ Teilmodul „Phasenübergänge und kritische Phänomene“								
<b>Ziele des Moduls und zu erwerbende Kompetenzen:</b> Die Lehrveranstaltung beschäftigt sich mit der Theorie der Phasenübergänge und der kritischen Phänomene in physikalischen und nichtphysikalischen Systemen. Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> <li>• lernen die Charakteristika wichtiger Phasenübergänge und kritischer Phänomene kennen</li> <li>• erwerben den mathematischen und numerischen Apparat zur Analyse von Phasenübergängen</li> <li>• verstehen den Zusammenhang zwischen Symmetrien, Dimensionalität und Universalität kritischer Phänomene</li> <li>• erlernen mit der Renormierungsgruppentheorie eines der mächtigsten Werkzeuge der statistischen Physik</li> <li>• erwerben die Fähigkeit, die Methoden der statistischen Physik auch auf Phasenübergänge in nichtphysikalischen Systemen anzuwenden</li> </ul>								
<b>Inhalte:</b> Phänomenologie der Phasenübergänge, kritische Exponenten, Modellsysteme, Reihenenwicklungen, Simulationen, Landau-Theorie, Skalengesetze, Renormierungsgruppe, Universalität, Perkolation, Phasenübergänge in Netzwerken und in Algorithmen								
<b>Verwendbarkeit des Moduls:</b> Teilmodul der Vertiefungsrichtung „Nichtlinearität und Strukturbildung“ für den Master-Studiengang Physik; anrechenbar für Bachelor- und Masterstudiengänge anderer Fakultäten, deren Studienordnung dies erlaubt.								
<b>Lehrformen:</b> Vorlesungen/Übungen (3 SWS) sowie Selbststudium								
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> keine								
<b>Dauer des Moduls:</b> ein Semester								
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt 120 h <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 80%;">Präsenzzeit</td> <td style="text-align: right;">42 h</td> </tr> <tr> <td>(Vorlesung)</td> <td style="text-align: right;">(28 h)</td> </tr> <tr> <td>(Übungen)</td> <td style="text-align: right;">(14 h)</td> </tr> <tr> <td>Selbststudium</td> <td style="text-align: right;">78 h</td> </tr> </table>	Präsenzzeit	42 h	(Vorlesung)	(28 h)	(Übungen)	(14 h)	Selbststudium	78 h
Präsenzzeit	42 h							
(Vorlesung)	(28 h)							
(Übungen)	(14 h)							
Selbststudium	78 h							
<b>Häufigkeit des Angebotes:</b> ca. einmal in drei aufeinanderfolgenden Semestern								
<b>Leistungsnachweise/Credits:</b> Teilnahmeschein als Zulassungsvoraussetzung für die Modulprüfung Anzahl der Credits für das Teilmodul: 4								
<b>Modulprüfung:</b> Ist in der Modulbeschreibung der Vertiefungsrichtung festgelegt								
<b>Modulverantwortlicher:</b> Fakultät für Naturwissenschaften, Institut für Theoretische Physik, Prof. S. Mertens								

<b>Studiengang:</b> Physik (M. Sc.)								
<b>Modul:</b> Vertiefungsrichtung „Nichtlinearität und Strukturbildung“ Teilmodul „Komplexe Fluide“								
<b>Ziele des Moduls und zu erwerbende Kompetenzen:</b> Das Modul beschäftigt sich mit den physikalischen Eigenschaften von komplexen Fluiden und Methoden ihrer Charakterisierung, unter dem besonderen Aspekt der Beschreibung musterbildender Prozesse in Folge nichtlinearer Phänomene. Sie berücksichtigt fachübergreifende Aspekte zu den Disziplinen der Chemie, Biologie und den Materialwissenschaften.								
<b>Inhalte:</b> Das Modul befasst sich mit den spezifischen hydrodynamischen, elastischen und strukturellen Besonderheiten komplexer Flüssigkeiten. Zu diesen zählen Polymere, Kolloide, anisotrope Fluide, Tenside und Lipide und biologische Materialien sowie Granulate. Der Schwerpunkt der Behandlung dieser Systeme liegt auf anisotropen Flüssigkeiten und granularen Materialien. In nematischen Flüssigkristallen werden die Leslie-Ericksen-Theorie und daraus folgende Effekte wie Scherflussskopplung, Backflow und der dynamische Freedericksz-Übergang behandelt. In granularen Materialien werden die Studenten mit Konzepten der Beschreibung granularer Dynamik vertraut gemacht, Segregation und Konvektion sowie Packungsproblemen und Staubbildung (jamming) in granularen Materialien werden behandelt. Die Studenten erkennen die Besonderheiten im Vergleich zu Newton'schen Flüssigkeiten und lernen wichtige nichtlineare Phänomene und strukturbildende Prozesse kennen.								
<b>Verwendbarkeit des Moduls:</b> Teilmodul der Vertiefungsrichtung „Nichtlinearität und Strukturbildung“ für den Master-Studiengang Physik; anrechenbar für Bachelor- und Masterstudiengänge anderer Fakultäten, deren Studienordnung dies erlaubt.								
<b>Lehrformen:</b> Vorlesungen/Übungen (3 SWS) und Selbststudium								
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> keine								
<b>Dauer des Moduls:</b> ein Semester								
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt 120 h <table border="0"> <tr> <td>Präsenzzeit</td> <td>42 h</td> </tr> <tr> <td>(Vorlesung)</td> <td>(28 h)</td> </tr> <tr> <td>(Übungen)</td> <td>(14 h)</td> </tr> <tr> <td>Selbststudium</td> <td>78 h</td> </tr> </table>	Präsenzzeit	42 h	(Vorlesung)	(28 h)	(Übungen)	(14 h)	Selbststudium	78 h
Präsenzzeit	42 h							
(Vorlesung)	(28 h)							
(Übungen)	(14 h)							
Selbststudium	78 h							
<b>Häufigkeit des Angebotes:</b> ca. einmal in drei aufeinanderfolgenden Semestern								
<b>Leistungsnachweise/Credits:</b> Studienleistungen: Vorlesung und Übungen, Teilnahmeschein als Zulassungsvoraussetzung für die Modulprüfung Anzahl der Credits für das Teilmodul: 4								
<b>Modulprüfung:</b> Ist in der Modulbeschreibung der Vertiefungsrichtung festgelegt								
<b>Modulverantwortlicher:</b> Fakultät für Naturwissenschaften, Institut für Experimentalphysik, Prof. R. Stannarius/Dr. A. Eremin								

<b>Studiengang:</b> Physik (M. Sc.)								
<b>Modul :</b> Vertiefungsrichtung „Nichtlinearität und Strukturbildung“ Teilmodul „Modelle komplexer Systeme“								
<b>Ziele des Moduls und zu erwerbende Kompetenzen:</b> Die Lehrveranstaltung beschäftigt sich mit der Charakterisierung und der Modellierung komplexer Systeme. Sie ist interdisziplinär angelegt, denn die Systeme, an denen die Modellbildungen erläutert werden, stammen aus den unterschiedlichsten Disziplinen: von Physik und Biologie über Ökonomie und Informatik bis hin zu Soziologie und Linguistik. Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> <li>• lernen die wichtigsten Modellbildungen und Komplexitätsmaße kennen</li> <li>• werden vertraut gemacht mit den nötigen mathematischen Methoden zur Analyse dieser Modelle</li> <li>• verstehen die gemeinsamen Eigenschaften komplexer Systeme aus den unterschiedlichen Bereichen</li> <li>• begreifen die Möglichkeiten und vor allem die Grenzen der Modellierung komplexer Systeme</li> </ul>								
<b>Inhalte:</b> Die Lehrveranstaltung befasst sich mit der Modellierung und der Analyse komplexer Systeme. Als Methoden der Modellierung werden unter anderem behandelt <ul style="list-style-type: none"> <li>• Differential- und Rekursionsgleichungen für dynamische Systeme</li> <li>• Zelluläre Automaten</li> <li>• Netzwerke und ihre Evolution</li> <li>• Potenzgesetze und ihre Entstehung</li> </ul> Zu den behandelten Komplexitätsmaßen gehören unter anderem <ul style="list-style-type: none"> <li>• Komplexitätsklassen der Informatik</li> <li>• Kolmogorov Komplexität</li> <li>• Logische Tiefe</li> <li>• Thermodynamische Komplexität, Entropie</li> </ul> Die Konzepte werden an Hand zahlreicher Beispiele aus Biologie, Ökonomie, Soziologie, Informatik und Physik erläutert.								
<b>Verwendbarkeit des Moduls:</b> Teilmodul der Vertiefungsrichtung „Nichtlinearität und Strukturbildung“ für den Master-Studiengang Physik; anrechenbar für Bachelor- und Masterstudiengänge anderer Fakultäten, deren Studienordnung dies erlaubt.								
<b>Lehrformen:</b> Vorlesungen/Übungen (3 SWS) sowie Selbststudium								
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> keine								
<b>Dauer des Moduls:</b> ein Semester								
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt 120 h <table> <tr> <td>Präsenzzeit</td> <td>42 h</td> </tr> <tr> <td>(Vorlesung)</td> <td>(28 h)</td> </tr> <tr> <td>(Übungen)</td> <td>(14 h)</td> </tr> <tr> <td>Selbststudium</td> <td>78 h</td> </tr> </table>	Präsenzzeit	42 h	(Vorlesung)	(28 h)	(Übungen)	(14 h)	Selbststudium	78 h
Präsenzzeit	42 h							
(Vorlesung)	(28 h)							
(Übungen)	(14 h)							
Selbststudium	78 h							
<b>Häufigkeit des Angebotes:</b> ca. einmal in drei aufeinanderfolgenden Semestern								
<b>Leistungsnachweise/Credits:</b> Teilnahmeschein Anzahl der Credits für das Teilmodul: 4								
<b>Modulprüfung:</b> Ist in der Modulbeschreibung der Vertiefungsrichtung festgelegt								
<b>Modulverantwortlicher:</b>								



<b>Studiengang:</b> Physik (M. Sc.)								
<b>Modul:</b> Vertiefungsrichtung „Nichtlinearität und Strukturbildung“ Teilmodul „Kosmologie“								
<b>Ziele des Moduls und zu erwerbende Kompetenzen:</b> Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> <li>• lernen eine Theorie der Welt als Ganzes kennen</li> <li>• gewinnen eine Beziehung zu kosmologischen Größen- und Zeitskalen</li> <li>• begreifen das Universums als ein Objekt mit einer endlichen Geschichte</li> <li>• können die Rolle der allgemeinen Relativitätstheorie für unser Weltverständnis einordnen</li> <li>• können Nichtphysikern die physikalische Welt erklären</li> <li>• lernen die experimentelle Basis unseres Weltverständnisses zu bewerten</li> <li>• verstehen die gegenwärtigen Grenzen der Kosmologie</li> </ul>								
<b>Inhalte:</b> Empirische Grundlagen – kosmischer Mikrowellenhintergrund, Rotverschiebung, Elementhäufigkeit; Grundzüge der allgemeinen Relativitätstheorie, Robertson-Walker-Metrik, Gleichungen von Friedmann und Lemaître, kosmologische Modelle, Theorie der Beobachtungen im relativistischen Bereich, kosmische Horizonte; weiterführende Themen wie thermische Geschichte des Kosmos und/oder Inflationsszenarien								
<b>Verwendbarkeit des Moduls:</b> Teilmodul der Vertiefungsrichtung „Nichtlinearität und Strukturbildung“ im Master-Studiengang Physik; anrechenbar für Bachelor- und Masterstudiengänge anderer Fakultäten, deren Studienordnung dies erlaubt.								
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung (2SWS), Übungen (1SWS) und Selbststudium								
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> keine								
<b>Dauer des Moduls:</b> ein Semester								
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt 120 h <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 80%;">Präsenzzeit</td> <td style="text-align: right;">42 h</td> </tr> <tr> <td>(Vorlesung)</td> <td style="text-align: right;">(28 h)</td> </tr> <tr> <td>(Übungen)</td> <td style="text-align: right;">(14 h)</td> </tr> <tr> <td>Selbststudium</td> <td style="text-align: right;">78 h</td> </tr> </table>	Präsenzzeit	42 h	(Vorlesung)	(28 h)	(Übungen)	(14 h)	Selbststudium	78 h
Präsenzzeit	42 h							
(Vorlesung)	(28 h)							
(Übungen)	(14 h)							
Selbststudium	78 h							
<b>Häufigkeit des Angebotes:</b> ca. einmal in drei aufeinanderfolgenden Semestern								
<b>Leistungsnachweise/Credits:</b> Studienleistungen: Vorlesung und Übungen, Leistungsnachweis gemäß Festlegung durch Dozent (etwa Mindestpunktzahl in den Übungen oder schriftlicher Leistungsnachweis) Anzahl der Credits für das Teilmodul: 4								
<b>Modulprüfung:</b> Ist in der Modulbeschreibung der Vertiefungsrichtung festgelegt								
<b>Modulverantwortlicher:</b> Fakultät für Naturwissenschaften, Institut für Theoretische Physik, Prof. K. Kassner								

<b>Studiengang:</b> Physik (M. Sc.)								
<b>Modul :</b> Vertiefungsrichtung „Nichtlinearität und Strukturbildung“ Teilmodul „Computational Physics“								
<b>Ziele des Moduls und zu erwerbende Kompetenzen:</b> Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> <li>• erlernen die Lösung physikalischer Probleme mittels moderner Computer</li> <li>• können Problemstellungen für die numerische Lösung formulieren</li> <li>• lernen wichtige Lösungsalgorithmen kennen</li> <li>• gewinnen eine Computer- und Lösungsorientierte Sicht</li> <li>• erlernen die Implementation von Lösungsalgorithmen in einer Hochsprache/Matlab</li> <li>• lernen die numerisch gewonnenen Resultate kritisch zu bewerten</li> </ul>								
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Radioaktiver Zerfall</li> <li>• Planetenbewegung</li> <li>• N-Körperproblem</li> <li>• Lösung der Poisson-Laplace-Gleichung</li> <li>• Kapazitätsberechnung per Variationsverfahren</li> <li>• nichtlineare Schwingkreise</li> <li>• Eigenwertberechnung Schrödingergleichung</li> <li>• Störungsrechnung</li> <li>• Grundzustandsberechnung via Hellman-Feynman</li> <li>• Stochastische Simulationen</li> <li>• Diffusion</li> <li>• zelluläre Automaten</li> </ul>								
<b>Verwendbarkeit des Moduls:</b> Teilmodul der Vertiefungsrichtung „Nichtlinearität und Strukturbildung“ im Master-Studiengang Physik; anrechenbar für Bachelor- und Masterstudiengänge anderer Fakultäten, deren Studienordnung dies erlaubt.								
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung (2 SWS), Übung (1 SWS) sowie Selbststudium								
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> keine								
<b>Dauer des Moduls:</b> ein Semester								
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt 120 h <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 80%;">Präsenzzeit</td> <td style="text-align: right;">42 h</td> </tr> <tr> <td>(Vorlesung)</td> <td style="text-align: right;">(28 h)</td> </tr> <tr> <td>(Übungen)</td> <td style="text-align: right;">(14 h)</td> </tr> <tr> <td>Selbststudium</td> <td style="text-align: right;">78 h</td> </tr> </table>	Präsenzzeit	42 h	(Vorlesung)	(28 h)	(Übungen)	(14 h)	Selbststudium	78 h
Präsenzzeit	42 h							
(Vorlesung)	(28 h)							
(Übungen)	(14 h)							
Selbststudium	78 h							
<b>Häufigkeit des Angebotes:</b> ca. einmal in drei aufeinanderfolgenden Semestern								
<b>Leistungsnachweise/Credits:</b> Studienleistungen: Vorlesungen und Übungen, Leistungsnachweis gemäß Festlegung durch Dozent (etwa Mindestpunktzahl in den Übungen oder schriftlicher Leistungsnachweis) Anzahl der Credits für das Teilmodul: 4								
<b>Modulprüfung:</b> Ist in der Modulbeschreibung der Vertiefungsrichtung festgelegt								
<b>Modulverantwortlicher:</b> Fakultät für Naturwissenschaften, Institut für Theoretische Physik, Prof. J. Wiersig/Dr. G. Kasner								

<b>Studiengang:</b> Physik (M. Sc.)
<b>Module 8-9 :</b> Vertiefungsrichtung „Soft Matter und Biophysik“ (Physikalisches Wahlpflichtfach)
<b>Ziele des Moduls und zu erwerbende Kompetenzen:</b> <b>Fachliche Kompetenzen:</b> Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> <li>• verstehen die Grundlagen der Strukturen und Prozesse in Zellen und Zellmembranen</li> <li>• kennen die grundlegenden Wechselwirkungen in weicher Materie und deren Auswirkungen auf die Materialeigenschaften</li> <li>• verstehen die Grundlagen und Methoden der Magnetresonanz und kennen deren Anwendung</li> <li>• kennen experimentelle Methoden zur Untersuchung von biophysikalischen Systemen.</li> </ul> <b>Soziale Kompetenzen:</b> Die Absolventinnen und Absolventen erwerben die Fähigkeiten <ul style="list-style-type: none"> <li>• wissenschaftlich zu argumentieren und fachlich zu überzeugen</li> <li>• physikalische Probleme und deren Lösungen kompetent und verständlich darzustellen.</li> </ul>
<b>Inhalte:</b> Kombination von mindestens drei Themen aus den folgenden Angeboten (je 3 SWS V/Ü/P, 4 CP): <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlagen der Biophysik</li> <li>• Selbstorganisation in der Biophysik</li> <li>• Praktikum Biophysik</li> <li>• Physikalische Aspekte von Membranen</li> <li>• Grundlagen der Magnetresonanz</li> <li>• Dynamik klassischer Spinsysteme</li> <li>• Grundlagen stochastischer Prozesse in biophysikalischen Systemen</li> <li>• Soft Matter</li> <li>• Spiking Neuron Models</li> </ul>
<b>Verwendbarkeit des Moduls:</b> Wahlpflichtmodul für den Master-Studiengang Physik
<b>Lehrformen:</b> Vorlesungen/Übungen/Praktikum (9 SWS) sowie Selbststudium
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> keine
<b>Dauer des Moduls:</b> zwei Semester
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt 360 h Präsenzzeit 126 h Selbststudium 234 h
<b>Häufigkeit des Angebotes:</b> jährlich mindestens 6 der 9 Wahlmöglichkeiten
<b>Leistungsnachweise/Credits:</b> Studienleistungen: Vorlesungen und Übungen, schriftliche Leistungsnachweise jeweils am Ende des Semesters als Zulassungsvoraussetzungen für die Modulprüfung; Gesamtzahl der Credits für das Modul : 12
<b>Modulprüfung:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Form der Modulprüfung: mündliche Prüfung (60min)</li> <li>• Modulnote = Note der mündliche Prüfung (12 CP)</li> </ul>
<b>Modulverantwortlicher:</b> Fakultät für Naturwissenschaften, Institut für Experimentelle Physik, Prof. O. Speck

<b>Studiengang:</b> Physik (M. Sc.)								
<b>Modul:</b> Vertiefungsrichtung „Soft Matter und Biophysik“ Teilmodul „Grundlagen der Biophysik“								
<b>Ziele des Moduls und zu erwerbende Kompetenzen:</b> Vermittlung der Grundlagen der Biologie (Zellbiologie, Enzymkinetik, biologische Energetik) an Studierenden der Physik. Einführung in die biologische Physik und Vermittlung von deren Grundlagen								
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Definition von biologischer Physik</li> <li>• Grundvoraussetzung und Randbedingung zur Untersuchung lebender Systeme</li> <li>• Wichtige biologische Moleküle</li> <li>• Einführung in die Zellbiologie</li> <li>• Einführung in die Wirkungsweise und –kinetik von Enzymen</li> <li>• Metabolische Reaktionsnetzwerke</li> <li>• Energetik biologischer Prozesse; chemo-mechanische Kopplung in biologischen Systemen</li> <li>• Rolle von Transport in biologischen Prozessen</li> </ul>								
<b>Verwendbarkeit des Moduls:</b> Teilmodul der Vertiefungsrichtung „Soft Matter und Biophysik“ für den Master-Studiengang Physik; anrechenbar für Bachelor- und Master-Studiengänge anderer Fakultäten, deren Studienordnung dies erlaubt.								
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung (2 SWS), Übung (1 SWS) und Selbststudium								
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> keine								
<b>Dauer des Moduls:</b> ein Semester								
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt 120 h <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 80%;">Präsenzzeit</td> <td style="text-align: right;">42 h</td> </tr> <tr> <td>(Vorlesung)</td> <td style="text-align: right;">(28 h)</td> </tr> <tr> <td>(Übungen)</td> <td style="text-align: right;">(14 h)</td> </tr> <tr> <td>Selbststudium</td> <td style="text-align: right;">78 h</td> </tr> </table>	Präsenzzeit	42 h	(Vorlesung)	(28 h)	(Übungen)	(14 h)	Selbststudium	78 h
Präsenzzeit	42 h							
(Vorlesung)	(28 h)							
(Übungen)	(14 h)							
Selbststudium	78 h							
<b>Häufigkeit des Angebotes:</b> ca. einmal in drei aufeinanderfolgenden Semestern								
<b>Leistungsnachweise/Credits:</b> Teilnahmeschein Anzahl der Credits für das Teilmodul: 4								
<b>Modulprüfung:</b> Ist in der Modulbeschreibung der Vertiefungsrichtung festgelegt								
<b>Modulverantwortlicher:</b> Fakultät für Naturwissenschaften, Institut für Experimentelle Physik, Prof. S. Müller								



<b>Studiengang:</b> Physik (M. Sc.)										
<b>Modul:</b> Vertiefungsrichtung „Soft Matter und Biophysik“ Teilmodul „Praktikum Biophysik“										
<b>Ziele des Moduls und zu erwerbende Kompetenzen:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Versuche mit biophysikalischer und biochemischer Aufgabenstellung planen und durchführen.</li> <li>• theoretische Zusammenhänge und Hintergründe des Versuchsgegenstandes sich erarbeiten</li> <li>• den Umgang mit physikalisch/technischen Geräten trainieren</li> <li>• eigene praktische Erfahrungen in der experimentellen Versuchsführung sammeln</li> <li>• die Versuche unter Nutzung wissenschaftlicher Literatur sowie Software auswerten und die Ergebnisse darstellen</li> <li>• die Versuchsergebnisse kritisch diskutieren und mit der Literatur vergleichen</li> <li>• Fehlerquellen erkennen und bewerten</li> <li>• lernen, ein Protokoll in Form eines wissenschaftlichen Berichtes zu verfassen befähigt werden, den Versuchsinhalt, die Versuchsstrategie und ihre gewonnenen Ergebnisse im mündlichen Streitgespräch darzustellen und zu verteidigen</li> </ul>										
<b>Inhalte:</b> Experimente zu folgenden Inhalten: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Selbstorganisierte Strukturbildung in erregbaren Systemen</li> <li>• Dynamik des Verhaltens von metabolischen Netzwerken am Beispiel der Glykolyse</li> <li>• Untersuchung der Enzymkinetik</li> <li>• Bestimmung von Aktivitätskoeffizienten von Ionen</li> <li>• Fluorimetrische Untersuchung von Membranpotentialen von Viskeln, sowie deren Kollaps</li> <li>• Zellmechanik: Bestimmung der Kräfte in kontrahierenden Zellen</li> </ul>										
<b>Verwendbarkeit des Moduls:</b> Teilmodul der Vertiefungsrichtung „Soft Matter und Biophysik“ für den Master-Studiengang Physik; anrechenbar für Bachelor- und Master-Studiengänge anderer Fakultäten, deren Studienordnung dies erlaubt.										
<b>Lehrformen:</b> Praktikum/Seminare (3 SWS) und Selbststudium										
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> keine										
<b>Dauer des Moduls:</b> ein Semester										
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt 120 h <table> <tr> <td>Präsenzzeit</td> <td>42 h</td> </tr> <tr> <td>(Labor-Praktikum)</td> <td>(30 h)</td> </tr> <tr> <td>(Sicherheitsbelehrung)</td> <td>(2 h)</td> </tr> <tr> <td>(Seminare)</td> <td>(10 h)</td> </tr> <tr> <td>Selbststudium</td> <td>78 h</td> </tr> </table>	Präsenzzeit	42 h	(Labor-Praktikum)	(30 h)	(Sicherheitsbelehrung)	(2 h)	(Seminare)	(10 h)	Selbststudium	78 h
Präsenzzeit	42 h									
(Labor-Praktikum)	(30 h)									
(Sicherheitsbelehrung)	(2 h)									
(Seminare)	(10 h)									
Selbststudium	78 h									
<b>Häufigkeit des Angebotes:</b> ca. einmal in drei aufeinanderfolgenden Semestern										
<b>Leistungsnachweise/Credits:</b> Teilnahmeschein nach absolvierten Praktikumsversuchen mit schriftlichem Protokoll Anzahl der Credits für das Teilmodul: 4										
<b>Modulprüfung:</b> Ist in der Modulbeschreibung der Vertiefungsrichtung festgelegt										
<b>Modulverantwortlicher:</b> Fakultät für Naturwissenschaften, Institut für Experimentelle Physik, Jun.-Prof. M. Hauser/Dr.										

W. Jantsoß

<b>Studiengang:</b> Physik (M. Sc.)								
<b>Modul:</b> Vertiefungsrichtung „Soft Matter und Biophysik“ Teilmodul „Physikalische Aspekte von Membranen“								
<b>Ziele des Moduls und zu erwerbende Kompetenzen:</b> Vermittlung der Grundlagen der Physik von Membranen, mit dem Schwerpunkt auf der Physik von biologischen Membranen.								
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Definition von Membran</li> <li>• Funktionen von biologischen Membranen</li> <li>• Lipid- und Membranstruktur; Zusammensetzung von Membranen</li> <li>• Physikalische Eigenschaften von Membranen (Fluidität von Membranen, elektrokinetische Phänomene)</li> <li>• Transport durch die Membran (Osmose, Ladungstransport, Goldman-Gleichung)</li> <li>• Physikalische Grundlagen der Form/Gestalt der Membranen und Vesikel.</li> <li>• Energetik der Membranen</li> <li>• Erregbare Membranen und sich daraus ergebende Aspekte der Physiologie von Nerven.</li> </ul>								
<b>Verwendbarkeit des Moduls:</b> Teilmodul der Vertiefungsrichtung „Soft Matter und Biophysik“ für den Master-Studiengang Physik; anrechenbar für Bachelor- und Master-Studiengänge anderer Fakultäten, deren Studienordnung dies erlaubt.								
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung (2 SWS), Übung (1 SWS) und Selbststudium								
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> keine								
<b>Dauer des Moduls:</b> ein Semester								
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt 120 h <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 80%;">Präsenzzeit</td> <td style="text-align: right;">42 h</td> </tr> <tr> <td>(Vorlesung)</td> <td style="text-align: right;">(28 h)</td> </tr> <tr> <td>(Übungen)</td> <td style="text-align: right;">(14 h)</td> </tr> <tr> <td>Selbststudium</td> <td style="text-align: right;">78 h</td> </tr> </table>	Präsenzzeit	42 h	(Vorlesung)	(28 h)	(Übungen)	(14 h)	Selbststudium	78 h
Präsenzzeit	42 h							
(Vorlesung)	(28 h)							
(Übungen)	(14 h)							
Selbststudium	78 h							
<b>Häufigkeit des Angebotes:</b> ca. einmal in drei aufeinanderfolgenden Semestern								
<b>Leistungsnachweise/Credits:</b> Teilnahmeschein Anzahl der Credits für das Teilmodul: 4								
<b>Modulprüfung:</b> Ist in der Modulbeschreibung der Vertiefungsrichtung festgelegt								
<b>Modulverantwortlicher:</b> Fakultät für Naturwissenschaften, Institut für Experimentelle Physik, Jun.-Prof. M. Hauser								

<b>Studiengang:</b> Physik (M. Sc.)								
<b>Modul:</b> Vertiefungsrichtung „Soft Matter und Biophysik“ Teilmodul „Grundlagen der Magnetresonanz“								
<b>Ziele des Moduls und zu erwerbende Kompetenzen:</b> Die Studierenden erlangen folgende fachliche Kompetenzen: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verständnis der Prozesse der Signalgenerierung und –kodierung in MR-Experimenten</li> <li>• Mathematische Methoden zur Analyse von Gleichgewichtsprozessen</li> <li>• Fähigkeiten zum Verständnis und der Analyse von MR-Experimenten</li> <li>• Anwendungen der physikalischen Methoden in biomedizinischen Messungen</li> </ul>								
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wiederholung mathematischer Grundlagen (lineare Algebra, Fouriertransformation)</li> <li>• Interaktion von Spins mit externen Magnetfelder</li> <li>• Magnetisierung, Bewegungsgleich, Bloch-Gleichung</li> <li>• Relaxationsmechanismen, Kontrastgeneration</li> <li>• Signalgenerierung, Gradientenecho, Spinecho, Steady-State-Methoden</li> <li>• Bildkodierung in der MRT</li> <li>• Kodierung von Bewegungsinformation, Diffusion, Temperatur</li> <li>• Physikalische Effekte von Kontrastmitteln</li> </ul>								
<b>Verwendbarkeit des Moduls:</b> Teilmodul der Vertiefungsrichtung „Soft Matter und Biophysik“ für den Master-Studiengang Physik; anrechenbar für Bachelor- und Master-Studiengänge anderer Fakultäten, deren Studienordnung dies erlaubt.								
<b>Lehrformen:</b> 1 Vorlesung (2 SWS), Übung (1 SWS) und Selbststudium								
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> keine								
<b>Dauer des Moduls:</b> ein Semester								
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt 120 h <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 80%;">Präsenzzeit</td> <td style="text-align: right;">42 h</td> </tr> <tr> <td>(Vorlesung)</td> <td style="text-align: right;">(28 h)</td> </tr> <tr> <td>(Übungen)</td> <td style="text-align: right;">(14 h)</td> </tr> <tr> <td>Selbststudium</td> <td style="text-align: right;">78 h</td> </tr> </table>	Präsenzzeit	42 h	(Vorlesung)	(28 h)	(Übungen)	(14 h)	Selbststudium	78 h
Präsenzzeit	42 h							
(Vorlesung)	(28 h)							
(Übungen)	(14 h)							
Selbststudium	78 h							
<b>Häufigkeit des Angebotes:</b> ca. einmal in drei aufeinanderfolgenden Semestern								
<b>Leistungsnachweise/Credits:</b> Studienleistungen: Vorlesungen und Übungen, schriftlicher Leistungsnachweis als Zulassungsvoraussetzung für die Modulprüfung Anzahl der Credits für das Teilmodul: 4								
<b>Modulprüfung:</b> Ist in der Modulbeschreibung der Vertiefungsrichtung festgelegt								
<b>Modulverantwortlicher:</b> Fakultät für Naturwissenschaften, Institut für Experimentelle Physik, Prof. Dr. O. Speck								

<b>Studiengang:</b> Physik (M. Sc.)								
<b>Modul:</b> Vertiefungsrichtung „Soft Matter und Biophysik“ Teilmodul „Dynamik klassischer Spinsysteme“								
<b>Ziele des Moduls und zu erwerbende Kompetenzen:</b> <b>Fachliche Kompetenzen:</b> Die Studierenden erlangen folgende fachliche Kompetenzen: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kenntnisse über die physikalischen Grundlagen der Bewegungsgleichungen klassischer Spinsysteme</li> <li>• Analytische und numerische Methoden zur Lösung der Bloch Gleichungen</li> <li>• Analyse von Magnetresonanzexperimenten und deren numerische Simulation</li> <li>• Programmierung von numerischen Methoden in Matlab, 3-dimensionale Visualisierung der Ergebnisse</li> </ul> <b>Soziale Kompetenzen:</b> Die Studierenden erwerben die Fähigkeiten <ul style="list-style-type: none"> <li>• in Kleingruppen koordiniert eine Fragestellung bearbeiten</li> <li>• Arbeitsergebnisse präsentieren und diskutieren</li> </ul>								
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Herleitung der Blochgleichungen</li> <li>• Methoden zur Lösung der Blochgleichungen unter verschiedenen Randbedingungen</li> <li>• Numerische Verfahren zur Lösung der Blochgleichungen</li> <li>• Implementierung numerischer Verfahren in Matlab</li> <li>• Bearbeitung von spezifischen Fragestellungen (MR-Bildgebungssequenzen) in Kleingruppen</li> <li>• Erarbeitung von Lösungsstrategien und Umsetzung in Softwareimplementierungen</li> <li>• Präsentation und Diskussion der Ergebnisse</li> </ul>								
<b>Verwendbarkeit des Moduls:</b> Teilmodul der Vertiefungsrichtung „Soft Matter und Biophysik“ für den Master-Studiengang Physik; anrechenbar für Bachelor- und Master-Studiengänge anderer Fakultäten, deren Studienordnung dies erlaubt.								
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung (1 SWS), Rechnerübung (2 SWS) und Selbststudium								
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> keine								
<b>Dauer des Moduls:</b> ein Semester								
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt 120 h <table> <tr> <td>Präsenzzeit</td> <td>42 h</td> </tr> <tr> <td>(Vorlesung)</td> <td>(14 h)</td> </tr> <tr> <td>(Rechnerübungen)</td> <td>(28 h)</td> </tr> <tr> <td>Selbststudium</td> <td>78 h</td> </tr> </table>	Präsenzzeit	42 h	(Vorlesung)	(14 h)	(Rechnerübungen)	(28 h)	Selbststudium	78 h
Präsenzzeit	42 h							
(Vorlesung)	(14 h)							
(Rechnerübungen)	(28 h)							
Selbststudium	78 h							
<b>Häufigkeit des Angebotes:</b> ca. einmal in drei aufeinanderfolgenden Semestern								
<b>Leistungsnachweise/Credits:</b> Studienleistungen: Vorlesungen und Rechnerübungen, Semesterprojektarbeit (inkl. Präsentation) Anzahl der Credits für das Teilmodul: 4								
<b>Modulprüfung:</b> Ist in der Modulbeschreibung der Vertiefungsrichtung festgelegt								
<b>Modulverantwortlicher:</b> Fakultät für Naturwissenschaften, Institut für Experimentelle Physik, Prof. Dr. O. Speck								

<b>Studiengang:</b> Physik (M.Sc.)								
<b>Modul:</b> Vertiefungsrichtung „Soft Matter und Biophysik“ Teilmodul „Grundlagen stochastischer Prozesse in biophysikalischen Systemen“								
<b>Ziele des Moduls und zu erwerbende Kompetenzen:</b> <b>Fachliche Kompetenzen:</b> Die Absolventinnen und Absolventen erlangen folgende fachliche Kompetenzen: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kenntnisse grundlegender Begriffe und Konzepte der Wahrscheinlichkeitsrechnung</li> <li>• Verständnis über die Ursachen molekularer Fluktuationen (am Beispiel der Kopplung von Gentranskription und Proteinsynthese in Zellen) sowie deren quantitative Beschreibung durch Mastergleichung, Fokker-Planck-Gleichung und stochastische Differentialgleichungen</li> <li>• Mathematische Methoden zur Lösung von Mastergleichungen (erzeugende Funktionen) und Fokker-Planck-Gleichungen (Charakteristikenmethode und Laplace-Transformation)</li> <li>• Einfache Methoden der Zeitreihenanalyse</li> </ul> <b>Soziale Kompetenzen:</b> Die Absolventinnen und Absolventen erwerben die Fähigkeiten <ul style="list-style-type: none"> <li>• wissenschaftlich zu argumentieren und fachlich zu überzeugen,</li> </ul>								
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Eigenschaften stochastischer Prozesse (Stationarität, Homogenität, Ergodizität, spektrale Eigenschaften und Wiener-Khinchin Theorem)</li> <li>• Markoprozesse und Chapman-Kolmogorov Gleichung</li> <li>• Herleitung der Mastergleichung aus der Chapman-Kolmogorov Gleichung</li> <li>• Approximation der Mastergleichung durch eine Fokker-Planck Gleichung (Kramers-Moyal Entwicklung oder van Kampen's Entwicklung nach der inversen Systemgröße)</li> <li>• Stochastische Differentialgleichungen (Fluktuations-Dissipationstheorem, Interpretation nach Ito und Stratonovitch, farbiges Rauschen)</li> <li>• Äquivalenz zwischen Fokker-Planck Gleichung und stochastischen Differentialgleichungen</li> <li>• Spezielle stochastische Prozesse: Poisson Prozess, "Random Walk", Wiener-Prozess, Ornstein-Uhlenbeck-Prozess, Negative Binomialverteilung, Gammaverteilung</li> </ul>								
<b>Verwendbarkeit des Moduls:</b> Teilmodul der Vertiefungsrichtung „Soft Matter und Biophysik“ für den Master-Studiengang Physik; anrechenbar für Bachelor- und Master-Studiengänge anderer Fakultäten, deren Studienordnung dies erlaubt.								
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung (2 SWS), Übung (1 SWS) und Selbststudium								
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Grundkenntnisse in statistischer Physik und nichtlinearer Dynamik sind hilfreich								
<b>Dauer des Moduls:</b> ein Semester								
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt 120 h <table border="0"> <tr> <td>Präsenzzeit</td> <td>42 h</td> </tr> <tr> <td>(Vorlesung)</td> <td>(28 h)</td> </tr> <tr> <td>(Übungen)</td> <td>(14 h)</td> </tr> <tr> <td>Selbststudium</td> <td>78 h</td> </tr> </table>	Präsenzzeit	42 h	(Vorlesung)	(28 h)	(Übungen)	(14 h)	Selbststudium	78 h
Präsenzzeit	42 h							
(Vorlesung)	(28 h)							
(Übungen)	(14 h)							
Selbststudium	78 h							
<b>Häufigkeit des Angebotes:</b> In jedem Wintersemester								
<b>Leistungsnachweise/Credits:</b> Studienleistungen: Vorlesungen und Übungen, schriftlicher Leistungsnachweis jeweils am Ende des Semesters als Zulassungsvoraussetzung für die Modulprüfung Gesamtzahl der Credits für das Modul: 4								

**Modulprüfung:**

Ist in der Modulbeschreibung der Vertiefungsrichtung festgelegt

**Modulverantwortlicher:**

Max-Planck-Institut (Magdeburg) und Fakultät für Naturwissenschaften, Institut für Experimentelle Physik, Dr. Ronny Straube

<b>Studiengang:</b> Physik (M. Sc.)								
<b>Modul :</b> Vertiefungsrichtung „Soft Matter und Biophysik“ Teilmodul „Soft Matter“								
<b>Ziele des Moduls und zu erwerbende Kompetenzen:</b> Die Lehrveranstaltung beschäftigt sich mit den physikalischen Eigenschaften des kondensierten Zustandes weicher Materie und Methoden ihrer Charakterisierung. Sie berücksichtigt fachübergreifende Aspekte zu den Disziplinen der Chemie, Biologie und den Materialwissenschaften. Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> <li>• werden in die wichtigsten Systeme der Soft-Matter-Physik eingeführt</li> <li>• lernen die grundlegenden Konzepte und Methoden der Beschreibung weicher Materie kennen</li> <li>• verstehen die Zusammenhänge zwischen der Struktur, den Wechselwirkungen und den physikalischen Eigenschaften dieser Materialien</li> <li>• sind mit den wichtigsten experimentellen Charakterisierungsmethoden vertraut</li> </ul>								
<b>Inhalte:</b> Die Lehrveranstaltung befasst sich mit der Beschreibung der wichtigsten Systeme der Soft-Matter-Physik. Zu dieser Materialklasse zählen unter anderem Polymere, Elastomere und Gele, Kolloide, anisotrope Flüssigkeiten, Tenside und Lipide und biologische Materialien sowie Granulate. Es werden grundlegende Beschreibungsmethoden vermittelt <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kontinuumsmechanik weicher Materie, elastische und viskose Eigenschaften,</li> <li>• Zusammenhänge molekularer und makroskopischer Eigenschaften, grundlegende Wechselwirkungsmechanismen</li> <li>• Besonderheiten der Diffusion und anderer Transportvorgänge.</li> <li>• Effekte externer elektromagnetischer Felder und optische Eigenschaften,</li> <li>• spontane und induzierte Ordnung, Ordnungs-Unordnungs-Übergänge</li> <li>• Mischung und Entmischung</li> </ul> Darüberhinaus werden spezielle Systeme wie Membranen und dünne Filme, aktive Materie, molekulare Motoren und komplexe Strukturen vorgestellt.								
<b>Verwendbarkeit des Moduls:</b> Teilmodul der Vertiefungsrichtung „Soft Matter und Biophysik“ im Master-Studiengang Physik; anrechenbar für Bachelor- und Masterstudiengänge anderer Fakultäten, deren Studienordnung dies erlaubt.								
<b>Lehrformen:</b> Vorlesungen/Übungen (3 SWS) sowie Selbststudium								
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> keine								
<b>Dauer des Moduls:</b> ein Semester								
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt 120 h <table> <tr> <td>Präsenzzeit</td> <td>42 h</td> </tr> <tr> <td>(Vorlesung)</td> <td>(28 h)</td> </tr> <tr> <td>(Übungen)</td> <td>(14 h)</td> </tr> <tr> <td>Selbststudium</td> <td>78 h</td> </tr> </table>	Präsenzzeit	42 h	(Vorlesung)	(28 h)	(Übungen)	(14 h)	Selbststudium	78 h
Präsenzzeit	42 h							
(Vorlesung)	(28 h)							
(Übungen)	(14 h)							
Selbststudium	78 h							
<b>Häufigkeit des Angebotes:</b> ca. einmal in drei aufeinanderfolgenden Semestern								
<b>Leistungsnachweise/Credits:</b> Studienleistungen: Vorlesung und Übungen, schriftlicher Leistungsnachweis jeweils am Ende des Semesters als Zulassungsvoraussetzung für die Modulprüfung Anzahl der Credits für das Teilmodul: 4								
<b>Modulprüfung:</b> Ist in der Modulbeschreibung der Vertiefungsrichtung festgelegt								



**Modulverantwortlicher:**

Fakultät für Naturwissenschaften, Institut für Experimentelle Physik, Prof. R. Stannarius/Dr.  
A. Eremin

<b>Studiengang:</b> Physik (M. Sc.)								
<b>Modul :</b> Vertiefungsrichtung „Soft Matter und Biophysik“ Teilmodul "Spiking Neuron Models"								
<b>Ziele des Moduls und zu erwerbende Kompetenzen:</b> <b>Fachliche Kompetenzen:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Stochastische Differentialgleichungen (Ornstein-Uhlenbeck, Fokker-Planck)</li> <li>• Analytische und numerische Ansätze und Anwendung auf neuronale Systeme</li> </ul>								
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Active membrane models</li> <li>• Two-dimensional models</li> <li>• Formal spiking neuron models</li> <li>• Noise in spiking neuron models</li> <li>• Population equations</li> <li>• Signal transmission and neuronal coding</li> <li>• Oscillations and synchrony</li> <li>• Spatially structured networks</li> <li>• Hebbian plasticity</li> <li>• Learning equations</li> </ul>								
<b>Verwendbarkeit des Moduls:</b> Teilmodul der Vertiefungsrichtung „Soft Matter und Biophysik“ für den Master-Studiengang Physik; anrechenbar für Bachelor- und Master-Studiengänge anderer Fakultäten, deren Studienordnung dies erlaubt.								
<b>Lehrformen:</b> Vorlesungen (2 SWS), Übung (1 SWS) und Selbststudium								
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> keine								
<b>Dauer des Moduls:</b> ein Semester								
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt 120 h <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 80%;">Präsenzzeit</td> <td style="text-align: right;">42 h</td> </tr> <tr> <td>(Vorlesung)</td> <td style="text-align: right;">(14 h)</td> </tr> <tr> <td>(Rechnerübungen)</td> <td style="text-align: right;">(28 h)</td> </tr> <tr> <td>Selbststudium</td> <td style="text-align: right;">78 h</td> </tr> </table>	Präsenzzeit	42 h	(Vorlesung)	(14 h)	(Rechnerübungen)	(28 h)	Selbststudium	78 h
Präsenzzeit	42 h							
(Vorlesung)	(14 h)							
(Rechnerübungen)	(28 h)							
Selbststudium	78 h							
<b>Häufigkeit des Angebotes:</b> ca. einmal in drei aufeinanderfolgenden Semestern								
<b>Leistungsnachweise/Credits:</b> Studienleistungen: Vorlesungen und Übungen, schriftliche Leistungsnachweise jeweils am Ende des Semesters als Zulassungsvoraussetzungen für die Modulprüfung; Anzahl der Credits für das Teilmodul: 4								
<b>Modulprüfung:</b> Ist in der Modulbeschreibung der Vertiefungsrichtung festgelegt								
<b>Modulverantwortlicher:</b> Fakultät für Naturwissenschaften, Institut für Biologie, Prof. Dr. J. Braun								

<b>Studiengang:</b> Physik (M. Sc.)
<b>Module 8-9 :</b> Vertiefungsrichtung „Quanten und Felder“ (Physikalisches Wahlpflichtfach)
<b>Ziele des Moduls und zu erwerbende Kompetenzen:</b> <b>Fachliche Kompetenzen:</b> Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> <li>• verstehen die fortgeschrittenen Aspekte der Quantenphysik von Licht und Materie</li> <li>• lernen die grundlegenden Konzepte und Methoden der Vielteilchenphysik kennen</li> <li>• können Eigenschaften von Festkörpern quantenmechanisch beschreiben</li> <li>• lernen die methodischen und konzeptionellen Grundlagen der Allgemeinen Relativitätstheorie kennen</li> <li>• sind vertraut mit experimentellen Aspekten von Halbleiterquantenstrukturen</li> <li>• erlernen die mathematische Formulierung der physikalischen Sachverhalte</li> </ul> <b>Soziale Kompetenzen:</b> Die Absolventinnen und Absolventen erwerben die Fähigkeiten <ul style="list-style-type: none"> <li>• wissenschaftlich zu argumentieren und fachlich zu überzeugen</li> <li>• physikalische Probleme und deren Lösungen kompetent und verständlich darzustellen.</li> </ul>
<b>Inhalte:</b> Kombination von mindestens drei Themen aus den folgenden Angeboten (je 3 SWS V/Ü/P, 4 CP): <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung in die Festkörpertheorie</li> <li>• Physik der Halbleiter-Quantenstrukturen</li> <li>• Quantenstatistik II</li> <li>• Greensche Funktionen</li> <li>• Vielteilchensysteme</li> <li>• Quantenoptik</li> <li>• Allgemeine Relativitätstheorie</li> <li>• Kosmologie</li> <li>• Theoretische Halbleiteroptik</li> </ul>
<b>Verwendbarkeit des Moduls:</b> Wahlpflichtmodul für den Master-Studiengang Physik; anrechenbar für Bachelor- und Masterstudiengänge anderer Fakultäten, deren Studienordnung dies erlaubt.
<b>Lehrformen:</b> Vorlesungen/Übungen (9 SWS) sowie Selbststudium
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> keine
<b>Dauer des Moduls:</b> zwei Semester
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt 360 h Präsenzzeit 126 h Selbststudium 234 h
<b>Häufigkeit des Angebotes:</b> jährlich mindestens 6 der 9 Wahlmöglichkeiten
<b>Leistungsnachweise/Credits:</b> Studienleistungen: Vorlesungen und Übungen, schriftliche Leistungsnachweise jeweils am Ende des Semesters als Zulassungsvoraussetzungen für die Modulprüfung; Gesamtzahl der Credits für das Modul : 12
<b>Modulprüfung:</b> Form der Modulprüfung: mündliche Prüfung (60min) Modulnote = Note der mündliche Prüfung (12 CP)
<b>Modulverantwortlicher:</b> Fakultät für Naturwissenschaften, Institut für Theoretische Physik, Prof. J. Wiersig

<b>Studiengang:</b> Physik (M. Sc.)								
<b>Modul :</b> Vertiefungsrichtung „Quanten und Felder“ Teilmodul „Einführung in die Festkörpertheorie“								
<b>Ziele des Moduls und zu erwerbende Kompetenzen:</b> Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> <li>• erlernen Grundlagen der mathematischen Beschreibung kristalliner Festkörper</li> <li>• beherrschen Methoden der statistischen Physik von Festkörpern</li> <li>• beherrschen Methoden der Quantentheorie von Festkörpern</li> <li>• lernen Näherungsmethoden kritisch zu bewerten</li> </ul>								
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• direktes und reziprokes Gitter</li> <li>• Blochtheorem</li> <li>• klassische Beschreibung von Gitterschwingungen</li> <li>• quantenmechanische Beschreibung von Gitterschwingungen</li> <li>• Debeyse Theorie der spezifischen Wärme von Festkörpern</li> <li>• Schrödingergleichung für Elektronen in Festkörpern</li> <li>• Dynamik von Bloch-Elektronen</li> <li>• Kronig-Penney-Modell</li> <li>• Näherungsmethoden zur Lösung der Ein-Teilchen-Schrödinger-Gleichung</li> </ul>								
<b>Verwendbarkeit des Moduls:</b> Teilmodul der Vertiefungsrichtung „Quanten und Felder“ im Masterstudiengang Physik; anrechenbar für Bachelor- und Masterstudiengänge anderer Fakultäten, deren Studienordnung dies erlaubt.								
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung (2 SWS), Übung (1 SWS) sowie Selbststudium								
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> keine								
<b>Dauer des Moduls:</b> ein Semester								
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt 120 h <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 80%;">Präsenzzeit</td> <td style="text-align: right;">42 h</td> </tr> <tr> <td>(Vorlesung)</td> <td style="text-align: right;">(28 h)</td> </tr> <tr> <td>(Übungen)</td> <td style="text-align: right;">(14 h)</td> </tr> <tr> <td>Selbststudium</td> <td style="text-align: right;">78 h</td> </tr> </table>	Präsenzzeit	42 h	(Vorlesung)	(28 h)	(Übungen)	(14 h)	Selbststudium	78 h
Präsenzzeit	42 h							
(Vorlesung)	(28 h)							
(Übungen)	(14 h)							
Selbststudium	78 h							
<b>Häufigkeit des Angebotes:</b> ca. einmal in drei aufeinanderfolgenden Semestern								
<b>Leistungsnachweise/Credits:</b> Studienleistungen: Vorlesungen und Übungen, Leistungsnachweis am Ende des Moduls Anzahl der Credits für das Teilmodul : 4								
<b>Modulprüfung:</b> Ist in der Modulbeschreibung der Vertiefungsrichtung festgelegt								
<b>Modulverantwortlicher:</b> Fakultät für Naturwissenschaften, Institut für Theoretische Physik, Prof. J. Richter								

<b>Studiengang:</b> Physik (M. Sc.)								
<b>Modul:</b> Vertiefungsrichtung „Quanten und Felder“ Teilmodul „Physik der Halbleiter-Quantenstrukturen“								
<b>Ziele des Moduls und zu erwerbende Kompetenzen:</b> <b>Fachliche Kompetenzen:</b> Die Absolventinnen und Absolventen erlangen folgende fachliche Kompetenzen: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kenntnisse grundlegender Begriffe und Inhalte der Festkörper- und insbesondere der Halbleiterphysik, welche für das Verständnis von Quantenstrukturen notwendig sind</li> <li>• sichere Anwendung physikalischer Methoden und Verfahren</li> <li>• Fähigkeit zur wissenschaftlichen Analyse physikalischer Problemstellungen der Halbleiterphysik, Nutzung von effizienten Lösungsmethoden</li> <li>• Anwendung angemessener mathematischer Hilfsmittel auf physikalische Fragestellungen</li> <li>• Abstraktionsvermögen, logisches Denken, Erfassen komplexer Zusammenhänge</li> <li>• Arbeit mit deutsch- und englischsprachigen Fachbüchern</li> </ul> <b>Soziale Kompetenzen:</b> Die Absolventinnen und Absolventen erwerben die Fähigkeiten <ul style="list-style-type: none"> <li>• wissenschaftlich zu argumentieren und fachlich zu überzeugen</li> <li>• physikalische Probleme und deren Lösungen kompetent und verständlich darzustellen.</li> </ul>								
<b>Inhalte:</b> Festkörperphysikalische Grundlagen (Bandstruktur, Zustandsdichte, Ladungsträgerstatistik), Physik 2-, 1- und 0-dimensionaler Ladungsträger, eingesperrt in ultra-kleinen Halbleiter-Nanostrukturen: quasi-2-dimensionale Teilchen in Potentialtöpfen (Quantum Wells, Übergitter), quasi-1-dimensionale Teilchen in ultrakleinen Quantenfäden (Quantum Wires), quasi-0-dimensionale Teilchen, vollständig räumlich eingesperrt durch Potentialbarrieren (Quantum Dots); strukturelle, elektronische, photonische und Transporteigenschaften; Technologie und Anwendungen in neuartigen "Quanten-Bauelementen" (Quantum Well Laser, Quantum Wire Laser, High Electron Mobility Transistoren, Resonant Tunneling Devices, ...), Halbleitermaterialien für Quantenstruktur-Bauelemente; Quantenfilmstruktur - das zweidimensionale Elektronengas, Heteroübergänge, Subbandstruktur, Zustandsdichte, exzitonische Zustände in Quantenfilmen, Tunneleffekt, Potentialstufe, Potentialbarriere, Doppelbarriere, resonantes Tunneln; Tunnelbauelemente								
<b>Verwendbarkeit des Moduls:</b> Veranstaltung im Rahmen des Wahlpflichtmoduls „Quanten und Felder“ für den Master-Studiengang Physik; anrechenbar für Bachelor- und Masterstudiengänge anderer Fakultäten, deren Studienordnung dies erlaubt.								
<b>Lehrformen:</b> Vorlesungen/Übungen (3 SWS) und Selbststudium								
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> keine Kenntnisse in Festkörperphysik wünschenswert								
<b>Dauer des Moduls:</b> ein Semester								
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt 120 h <table> <tr> <td>Präsenzzeit</td> <td>42 h</td> </tr> <tr> <td>(Vorlesung)</td> <td>(28 h)</td> </tr> <tr> <td>(Übungen)</td> <td>(14 h)</td> </tr> <tr> <td>Selbststudium</td> <td>78 h</td> </tr> </table>	Präsenzzeit	42 h	(Vorlesung)	(28 h)	(Übungen)	(14 h)	Selbststudium	78 h
Präsenzzeit	42 h							
(Vorlesung)	(28 h)							
(Übungen)	(14 h)							
Selbststudium	78 h							
<b>Häufigkeit des Angebotes:</b> ca. einmal in drei aufeinanderfolgenden Semestern								
<b>Leistungsnachweise/Credits:</b>								

Studienleistungen: Besuch der Vorlesungen und Selbststudium  
Anzahl der Credits für das Teilmodul: 4

**Modulprüfung:**

Ist in der Modulbeschreibung der Vertiefungsrichtung festgelegt

**Modulverantwortlicher:**

Fakultät für Naturwissenschaften, Institut für Experimentelle Physik, Prof. J. Christen/Dr. F. Bertram

<b>Studiengang:</b> Physik (M. Sc.)								
<b>Modul:</b> Vertiefungsrichtung „Quanten und Felder“ Teilmodul „Quantenstatistik II“								
<b>Ziele des Moduls und zu erwerbende Kompetenzen:</b> Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> <li>• lernen Effekte von Wechselwirkung in quantenmechanischen Systemen kennen</li> <li>• machen sich den Unterschied zwischen Wechselwirkung und Korrelation klar</li> <li>• verstehen die fundamental quantenmechanische Natur von Alltagserscheinungen wie dem Magnetismus</li> <li>• erkennen die Notwendigkeit von Vielteilchenbeschreibungen</li> <li>• haben ein grundsätzliches Verständnis des Unterschieds zwischen kollektiven und Einteilchenphänomenen sowie der Emergenz makroskopischer Größen</li> <li>• haben sich die unerwartete Relevanz relativistischer Aspekte der Naturbeschreibung vergegenwärtigt</li> </ul>								
<b>Inhalte:</b> weiterführenden Themen aus der Quantenstatistik, z.B. reale Gase, quantenmechanische Clusterentwicklung, Phononengas in Festkörpern und spezifische Wärme, Phononen und Rotonen im Helium II, Magnetismus, Diamagnetismus von Atomen, Pauli-Paramagnetismus, Ferromagnetismus, Austauschwechselwirkung, Korrelationsfunktion und Suszeptibilität, Anwendungen auf verwandte Phänomene (Polymere, Gummielastizität), Schmelzkurve von He <sup>3</sup> , Quantenphasenübergänge								
<b>Verwendbarkeit des Moduls:</b> Teilmodul der Vertiefungsrichtung „Quanten und Felder“ im Master-Studiengang Physik; anrechenbar für Bachelor- und Masterstudiengänge anderer Fakultäten, deren Studienordnung dies erlaubt.								
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung (2SWS), Übungen (1SWS) und Selbststudium								
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> keine								
<b>Dauer des Moduls:</b> ein Semester								
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt 120 h <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 80%;">Präsenzzeit</td> <td style="text-align: right;">42 h</td> </tr> <tr> <td>(Vorlesung)</td> <td style="text-align: right;">(28 h)</td> </tr> <tr> <td>(Übungen)</td> <td style="text-align: right;">(14 h)</td> </tr> <tr> <td>Selbststudium</td> <td style="text-align: right;">78 h</td> </tr> </table>	Präsenzzeit	42 h	(Vorlesung)	(28 h)	(Übungen)	(14 h)	Selbststudium	78 h
Präsenzzeit	42 h							
(Vorlesung)	(28 h)							
(Übungen)	(14 h)							
Selbststudium	78 h							
<b>Häufigkeit des Angebotes:</b> ca. einmal in drei aufeinanderfolgenden Semestern								
<b>Leistungsnachweise/Credits:</b> Studienleistungen: Vorlesung und Übungen, Leistungsnachweis gemäß Festlegung durch Dozent (etwa Mindestpunktzahl in den Übungen oder schriftlicher Leistungsnachweis) Anzahl der Credits für das Teilmodul: 4								
<b>Modulprüfung:</b> Ist in der Modulbeschreibung der Vertiefungsrichtung festgelegt								
<b>Modulverantwortlicher:</b> Fakultät für Naturwissenschaften, Institut für Theoretische Physik, Prof. K. Kassner								

<b>Studiengang:</b> Physik (M. Sc.)								
<b>Modul :</b> Vertiefungsrichtung „Quanten und Felder“ Teilmodul „Greensche Funktionen“								
<b>Ziele des Moduls und zu erwerbende Kompetenzen:</b> Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> <li>• lernen das Konzept der Greenschen Funktionen kennen</li> <li>• beherrschen Methoden der statistischen Physik von Quantensystemen</li> <li>• erlernen das Konzept der linearen Response</li> <li>• wenden die Methode der Greenschen Funktionen auf aktuelle Probleme der Festkörperphysik an</li> <li>• lernen die Methode kritisch zu bewerten</li> </ul>								
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dichteoperator</li> <li>• lineare Antwort eines Vielteilchensystems auf ein äußeres Feld</li> <li>• Mathematische Eigenschaften der Greenschen Funktionen</li> <li>• Spektraltheorem und Summenregeln</li> <li>• Elektronen im Festkörper</li> <li>• magnetische Eigenschaften von Festkörpern</li> </ul>								
<b>Verwendbarkeit des Moduls:</b> Teilmodul der Vertiefungsrichtung „Quanten und Felder“ im Master-Studiengang Physik; anrechenbar für Bachelor- und Masterstudiengänge anderer Fakultäten, deren Studienordnung dies erlaubt.								
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung (2 SWS), Übung (1 SWS) sowie Selbststudium								
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> keine								
<b>Dauer des Moduls:</b> ein Semester								
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt 120 h <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 80%;">Präsenzzeit</td> <td style="text-align: right;">42 h</td> </tr> <tr> <td>(Vorlesung)</td> <td style="text-align: right;">(28 h)</td> </tr> <tr> <td>(Übungen)</td> <td style="text-align: right;">(14 h)</td> </tr> <tr> <td>Selbststudium</td> <td style="text-align: right;">78 h</td> </tr> </table>	Präsenzzeit	42 h	(Vorlesung)	(28 h)	(Übungen)	(14 h)	Selbststudium	78 h
Präsenzzeit	42 h							
(Vorlesung)	(28 h)							
(Übungen)	(14 h)							
Selbststudium	78 h							
<b>Häufigkeit des Angebotes:</b> ca. einmal in drei aufeinanderfolgenden Semestern								
<b>Leistungsnachweise/Credits:</b> Studienleistungen: Vorlesungen und Übungen, Leistungsnachweis am Ende des Moduls Anzahl der Credits für das Teilmodul: 4								
<b>Modulprüfung:</b> Ist in der Modulbeschreibung der Vertiefungsrichtung festgelegt								
<b>Modulverantwortlicher:</b> Fakultät für Naturwissenschaften, Institut für Theoretische Physik, Prof. J. Richter								



<b>Studiengang:</b> Physik (M. Sc.)								
<b>Modul :</b> Vertiefungsrichtung „Quanten und Felder“ Teilmodul „Vielteilchentheorie“								
<b>Ziele des Moduls und zu erwerbende Kompetenzen:</b> Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> <li>• beherrschen Grundlagen der Quantenmechanik wechselwirkender Vielteilchensysteme</li> <li>• erlernen moderne Verfahren der Vielteilchentheorie</li> <li>• erlernen Konzepte zur näherungsweise Lösung von Vielteilchenproblemen</li> <li>• wenden Methoden der statistischen Physik auf aktuelle Probleme der Festkörperphysik an</li> <li>• lernen Näherungsmethoden kritisch zu bewerten</li> </ul>								
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlagen der Quantenmechanik von Vielteilchensystemen</li> <li>• Hartree-Fock-Näherung</li> <li>• Austauschwechselwirkung</li> <li>• Ising-Modell</li> <li>• Heisenberg-Modell</li> <li>• Quantenphasenübergänge</li> <li>• Hubbard-Modell</li> </ul>								
<b>Verwendbarkeit des Moduls:</b> Teilmodul der Vertiefungsrichtung „Quanten und Felder“ im Master-Studiengang Physik; anrechenbar für Bachelor- und Masterstudiengänge anderer Fakultäten, deren Studienordnung dies erlaubt.								
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung (2 SWS), Übung (1 SWS) sowie Selbststudium								
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> keine								
<b>Dauer des Moduls:</b> ein Semester								
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt 120 h <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 80%;">Präsenzzeit</td> <td style="text-align: right;">42 h</td> </tr> <tr> <td>(Vorlesung)</td> <td style="text-align: right;">(28 h)</td> </tr> <tr> <td>(Übungen)</td> <td style="text-align: right;">(14 h)</td> </tr> <tr> <td>Selbststudium</td> <td style="text-align: right;">78 h</td> </tr> </table>	Präsenzzeit	42 h	(Vorlesung)	(28 h)	(Übungen)	(14 h)	Selbststudium	78 h
Präsenzzeit	42 h							
(Vorlesung)	(28 h)							
(Übungen)	(14 h)							
Selbststudium	78 h							
<b>Häufigkeit des Angebotes:</b> ca. einmal in drei aufeinanderfolgenden Semestern								
<b>Leistungsnachweise/Credits:</b> Studienleistungen: Vorlesungen und Übungen, Leistungsnachweis am Ende des Moduls Anzahl der Credits für das Teilmodul: 4								
<b>Modulprüfung:</b> Ist in der Modulbeschreibung der Vertiefungsrichtung festgelegt								
<b>Modulverantwortlicher:</b> Fakultät für Naturwissenschaften, Institut für Theoretische Physik, Prof. J. Richter								

<b>Studiengang:</b> Physik (M. Sc.)								
<b>Modul :</b> Vertiefungsrichtung „Quanten und Felder“ Teilmodul „Quantenoptik“								
<b>Ziele des Moduls und zu erwerbende Kompetenzen:</b> Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> <li>• beherrschen die grundlegenden Konzepte der Quantenoptik ,</li> <li>• besitzen Fertigkeiten, einfache materielle Systeme, wie Atome und deren Wechselwirkung mit elektromagnetischen Wellen zu analysieren,</li> <li>• erlernen die mathematische Formulierung der physikalischen Sachverhalte,</li> <li>• können die erworbenen Kenntnisse kommunizieren.</li> </ul>								
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Quantisierung des elektromagnetischen Feldes</li> <li>• Photonen</li> <li>• Kohärente Zustände</li> <li>• Gequetschte Zustände</li> <li>• Licht-Materie-Wechselwirkung</li> <li>• Jaynes-Cummings-Modell</li> <li>• Spontane und stimulierte Emission</li> <li>• Kohärenzeigenschaften</li> </ul>								
<b>Verwendbarkeit des Moduls:</b> Teilmodul der Vertiefungsrichtung „Quanten und Felder“ im Master-Studiengang Physik; anrechenbar für Bachelor- und Masterstudiengänge anderer Fakultäten, deren Studienordnung dies erlaubt.								
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung (2 SWS), Übung (1 SWS) und Selbststudium								
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> keine								
<b>Dauer des Moduls:</b> ein Semester								
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt 120 h <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 80%;">Präsenzzeit</td> <td style="text-align: right;">42 h</td> </tr> <tr> <td>(Vorlesung)</td> <td style="text-align: right;">(28 h)</td> </tr> <tr> <td>(Übungen)</td> <td style="text-align: right;">(14 h)</td> </tr> <tr> <td>Selbststudium</td> <td style="text-align: right;">78 h</td> </tr> </table>	Präsenzzeit	42 h	(Vorlesung)	(28 h)	(Übungen)	(14 h)	Selbststudium	78 h
Präsenzzeit	42 h							
(Vorlesung)	(28 h)							
(Übungen)	(14 h)							
Selbststudium	78 h							
<b>Häufigkeit des Angebotes:</b> ca. einmal in drei aufeinanderfolgenden Semestern								
<b>Leistungsnachweise/Credits:</b> Studienleistungen: Vorlesungen und Übungen, Leistungsnachweis gemäß Festlegung durch Dozent (etwa Mindestpunktzahl in den Übungen oder schriftlicher Leistungsnachweis) Anzahl der Credits für das Teilmodul: 4								
<b>Modulprüfung:</b> Ist in der Modulbeschreibung der Vertiefungsrichtung festgelegt								
<b>Modulverantwortlicher:</b> Fakultät für Naturwissenschaften, Institut für Theoretische Physik, Prof. J. Wiersig								

<b>Studiengang:</b> Physik (M. Sc.)
<b>Modul:</b> Vertiefungsrichtung „Quanten und Felder“ Teilmodul „Allgemeine Relativitätstheorie“
<b>Ziele des Moduls und zu erwerbende Kompetenzen:</b> Die allgemeine Relativitätstheorie ist eine der Säulen unseres physikalischen Weltbildes. Sie beschreibt die grundlegende Struktur von Raum und Zeit und deren Wechselwirkung mit Materie und Energie. Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> <li>• erlernen den geometrischen Zugang zur Gravitation</li> <li>• werden mit relativistischen Effekten wie Rotverschiebung, Lichtablenkung und Gravitationswellen vertraut gemacht</li> <li>• erwerben den mathematischen Apparat zur Lösung relativistischer Probleme</li> <li>• können Phänomene wie schwarze Löcher, Wurmlöcher oder Reisen mit Überlichtgeschwindigkeit in das wissenschaftliche Weltbild einordnen</li> </ul>
<b>Inhalte:</b> Einführung und Motivation, spezielle Relativitätstheorie, Gravitation als Geometrie der Raumzeit, gekrümmte Raumzeit, Wurmlöcher und Warp-Antriebe, Geodäten, Schwarzschild-Geometrie, Periheldrehung und Lichtablenkung, schwarze Löcher, geodätische Präzession und Lense-Thirring Effekt, Kerr-Metrik und kosmische Zensur, Gravitationswellen, Tensoranalysis in gekrümmten Räumen, Einstein-Gleichung, Kosmologie
<b>Verwendbarkeit des Moduls:</b> Veranstaltung im Rahmen des Wahlpflichtmoduls „Quanten und Felder“ für den Master-Studiengang Physik; anrechenbar für Bachelor- und Masterstudiengänge anderer Fakultäten, deren Studienordnung dies erlaubt.
<b>Lehrformen:</b> Vorlesungen/Übungen (3 SWS) sowie Selbststudium
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> keine
<b>Dauer des Moduls:</b> ein Semester
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt 120 h Präsenzzeit 42 h Selbststudium 78 h
<b>Häufigkeit des Angebotes:</b> ca. einmal in drei aufeinanderfolgenden Semestern
<b>Leistungsnachweise/Credits:</b> Teilnahmeschein Anzahl der Credits für das Teilmodul: 4
<b>Modulprüfung:</b> Ist in der Modulbeschreibung der Vertiefungsrichtung festgelegt
<b>Modulverantwortlicher:</b> Fakultät für Naturwissenschaften, Institut für Theoretische Physik, Prof. S. Mertens

<b>Studiengang:</b> Physik (M. Sc.)						
<b>Module 10-11:</b> Nichtphysikalisches Wahlpflichtfach						
<b>Ziele des Moduls und zu erwerbende Kompetenzen:</b> Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> <li>• werden in ihrer Fähigkeit zur interdisziplinären Arbeit gefördert</li> <li>• lernen Grundlagen allgemeinen Charakters eines nichtphysikalischen Fachs kennen</li> <li>• machen sich mit modernen anwendungsnahen Methoden einer anderen Disziplin vertraut</li> <li>• können Ansätze und Verfahren, die nicht aus der Physik stammen, nutzbringend für ihre Arbeit als Physiker umsetzen</li> </ul>						
<b>Inhalte:</b> siehe Katalog der nichtphysikalischen Wahlpflichtfächer der Fakultät mit Angeboten aus Mathematik, Chemie, Lasertechnik, Informatik, Wirtschaftswissenschaft, Biologie, Elektro- und Informationstechnik; auf Antrag an den Prüfungsausschuss Physik können auch andere Fächer mit vergleichbaren Leistungsanforderungen gewählt werden						
<b>Verwendbarkeit des Moduls:</b> Wahlpflichtmodul für den Master-Studiengang Physik; anrechenbar für Bachelor- und Masterstudiengänge anderer Fakultäten, deren Studienordnung dies erlaubt.						
<b>Lehrformen:</b> 2 Vorlesungen (je 4 SWS) und Selbststudium. Statt 4 SWS Vorlesung auch 2 SWS Vorlesung und 2 SWS Übungen oder Praktikum möglich, dies richtet sich nach dem Angebot der anbietenden Fakultäten im Katalog der nichtphysikalischen Wahlpflichtfächer.						
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> keine						
<b>Dauer des Moduls:</b> je ein Semester						
<b>Arbeitsaufwand:</b> Je 180 h <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 80%;">Präsenzzeit</td> <td style="text-align: right;">56 h</td> </tr> <tr> <td>(Vorlesung ggf. mit Übung oder Praktikum)</td> <td style="text-align: right;">(56 h)</td> </tr> <tr> <td>Selbststudium</td> <td style="text-align: right;">124 h</td> </tr> </table>	Präsenzzeit	56 h	(Vorlesung ggf. mit Übung oder Praktikum)	(56 h)	Selbststudium	124 h
Präsenzzeit	56 h					
(Vorlesung ggf. mit Übung oder Praktikum)	(56 h)					
Selbststudium	124 h					
<b>Häufigkeit des Angebotes:</b> jedes Semester						
<b>Leistungsnachweise/Credits:</b> Leistungsnachweis gemäß Prüfungsordnung der anbietenden Fakultät Anzahl der Credits für das Modul: je 6						
<b>Modulprüfung:</b> gemäß Prüfungsordnung der anbietenden Fakultät						
<b>Modulverantwortlicher:</b> Fakultät für Naturwissenschaften, Institute für Theoretische Physik und Experimentelle Physik, Prof. K. Kassner						