

# Modulhandbuch für den Master-Studiengang Physik an der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg – Fassung vom 19.01.2022

<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

<b>Studiengang:</b> Physik (M. Sc.)	
<b>Modul 1:</b> Festkörperphysik	
<b>Ziele des Moduls und zu erwerbende Kompetenzen:</b> Ziel des Moduls 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.	
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Elektronen im Festkörper <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fermi-Gas, Fermi-Statistik</li> <li>- spezifische Wärme der Metallelektronen</li> <li>- Abschirmung im Fermi-Gas, Mott-Übergang</li> <li>- Glühemission</li> <li>- Magnetismus durch Elektronenspins</li> </ul> </li> <li>· Elektronische Bänder <ul style="list-style-type: none"> <li>- Näherungen quasifreies Elektron / „stark gebundenes“ Elektron</li> <li>- Bandstrukturen</li> </ul> </li> <li>· Ladungstransport <ul style="list-style-type: none"> <li>- effektive Masse</li> <li>- Ströme in Bändern</li> <li>- Streuung von Ladungsträgern</li> <li>- thermoelektrische Effekte</li> <li>- Wiedemann-Franz-Gesetz</li> </ul> </li> <li>· Dielektrische Eigenschaften <ul style="list-style-type: none"> <li>- dielektrische Funktion, harmonische Oszillatoren</li> <li>- Longitudinale und transversale Eigenschwingungen</li> <li>- Oberflächenwellen eines Dielektrikums</li> <li>- Reflexionsvermögen des dielektrischen Halbraums</li> <li>- Interband-Übergänge</li> <li>- Exzitonen</li> </ul> </li> <li>· Halbleiter <ul style="list-style-type: none"> <li>- intrinsischen Halbleiter</li> <li>- Dotierung von Halbleitern</li> <li>- p-n-Übergang, Schottky-Kontakt</li> <li>- Halbleiterheterostrukturen und Übergitter</li> <li>- wichtige Halbleiterbauelemente</li> </ul> </li> <li>· Magnetismus <ul style="list-style-type: none"> <li>- Austauschwechselwirkung</li> <li>- Bandmodell für den Ferromagnetismus</li> <li>- Antiferromagnetismus</li> <li>- Spinwellen</li> </ul> </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> Vorlesung (3 SWS) und Selbststudium	
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> keine	
<b>Dauer des Moduls:</b> ein Semester	
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt	<b>150 h</b>

Präsenzzeit (Vorlesung)	42 h (42 h)
Selbststudium	108 h
<b>Häufigkeit des Angebotes:</b> In jedem Wintersemester	
<b>Leistungsnachweise/Credits:</b> Gesamtzahl der Credits für das Modul: 5	
<b>Modulprüfung:</b> Form der Modulprüfung: Klausur (90 min) oder mündliche Prüfung (30 min); Form wird am Beginn des Moduls bekanntgegeben, Modulnote = Note der Klausur oder mündlichen Prüfung (5 CP)	
<b>Modulverantwortlicher:</b> Fakultät für Naturwissenschaften, Institut für 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> Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> <li>· erwerben Grundwissen über die physikalischen Prinzipien der modernen spektroskopischen Methoden</li> <li>· erlernen an zahlreichen Beispielen die Anwendungen in verschiedensten Gebieten der Physik, Chemie, Material- und Biowissenschaften</li> <li>· werden mit den physikalischen Voraussetzungen, den Zielstellungen sowie Einsatzmöglichkeiten vertraut gemacht</li> <li>· 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.</li> </ul>	
<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>· Mikrowellen Spektroskopie</li> <li>· Infrarotspektroskopie, einschließlich FTIR</li> <li>· Fluoreszenzspektroskopie</li> <li>· UV/VIS-Spektroskopie</li> </ul> Es werden die physikalischen Grundlagen der einzelnen Methoden und einige Anwendungsgebiete vorgestellt. Darüber hinaus sollen die Studierenden eine Übersicht über die Grundzüge ausgewählter weiterer spektroskopischer Methoden (z.B. EPR, ESR, Röntgen-, Raman-, Mösbauer-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	<b>150 h</b>
Präsenzzeit	42 h
(Vorlesung)	(42 h)
Selbststudium	108 h
<b>Häufigkeit des Angebotes:</b> In jedem Sommersemester	
<b>Leistungsnachweise/ Credits:</b> Gesamtzahl der Credits für das Modul: 5	
<b>Modulprüfung</b> mündlich (30 min) oder schriftlich (90 min). Form wird am Beginn des Moduls bekanntgegeben Modulnote = Note der Prüfung (5 CP)	
<b>Modulverantwortlicher:</b> Fakultät für Naturwissenschaften, Institut für Physik, apl. Prof. A. Eremin	

<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> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Grundprinzipien der Statistik und Quantenstatistik (Dichteoperator, Entropie, Zustandsdichte)</li> <li>- mikrokanonische, kanonische und großkanonische Gesamtheit</li> <li>- Ideale Quantengase (insbesondere entartetes Fermigas und Bose-Einstein-Kondensation)</li> <li>- Auswahl von Vertiefungsthemen (beispielsweise Onsager-Relationen, Fowlersche Sattelpunktmethode, Phasenübergänge, Landau-Theorie, kritische Exponenten, Bohr-van-Leeuwen Theorem, Grundlagen magnetischer Erscheinungen, Ising-Modell)</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> Vorlesung (4SWS), Übungen (2SWS), Selbststudium
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> keine
<b>Dauer des Moduls:</b> ein Semester
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt <b>270 h</b> Präsenzzeit 84 h (Vorlesung) (56 h) (Übungen) (28 h) Selbststudium 186 h
<b>Häufigkeit des Angebotes:</b> in jedem Wintersemester
<b>Leistungsnachweise/Credits:</b> Leistungsnachweis für die Teilnahme an den Übungen, Kriterium wird in der Vorlesung bekanntgegeben 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 Physik, Prof. J. Wiersig

<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	<b>150 h</b>
Präsenzzeit	42 h
(Vorlesung)	(28 h)
(Übungen)	(14 h)
Selbststudium	108 h
<b>Häufigkeit des Angebotes:</b> in jedem Sommersemester	
<b>Leistungsnachweise/Credits:</b> Leistungsnachweis für die Teilnahme an den Übungen, Kriterium wird in der Vorlesung bekanntgegeben 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 Physik, Prof. J. Wiersig	

<b>Studiengang:</b> Physik (M. Sc.)	
<b>Modul 5:</b> Oberseminar	
<b>Ziele des Moduls und zu erwerbende Kompetenzen:</b>	
<b>Fachliche Kompetenzen:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>· selbstständiges Einarbeiten in ein aktuelles Wissensgebiet,</li> <li>· die Studierenden sind in der Lage, zu einem aktuellen Forschungsgebiet selbstständig die Literatur zu recherchieren,</li> <li>· die Studierenden können eine entsprechende Präsentation erstellen.</li> </ul>	
<b>Soziale Kompetenzen:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>· die Studierenden können einen Vortrag über ein aktuelles Forschungsgebiet so strukturieren und halten, dass ein physikalisch gebildetes Publikum dem Vortrag gut folgen kann,</li> <li>· die Studierenden beweisen sich erfolgreich in einer wissenschaftlichen Diskussion,</li> <li>· die Studierenden beherrschen die deutsche und englische Fachsprache in freier Rede,</li> <li>· die Studierenden werden befähigt, um auf internationalen Fachtagungen ihre Ergebnisse präsentieren zu können.</li> </ul>	
<b>Inhalte:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>· Systematische Erarbeitung von Spezialkenntnissen aus einem der Gebiete: Halbleiterphysik, Nichtlinearität und Strukturbildung, Soft Matter und Biophysik, Quanten und Felder.</li> <li>· Präsentation und Diskussion aktueller wissenschaftlicher Fragestellungen in einem der oben aufgeführten Gebiete</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>	
2 SWS im Rahmen des Forschungsseminars der einzelnen Abteilungen im IEP bzw. ITP	
2 SWS im Rahmen des Masterseminars	
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b>	
keine	
<b>Dauer des Moduls:</b>	
ein Semester	
<b>Arbeitsaufwand:</b>	
Gesamt	<b>180 h</b>
Präsenzzeit	56 h
Selbststudium	124 h
<b>Häufigkeit des Angebotes:</b>	
im jedem Wintersemester	
<b>Leistungsnachweise/Credits:</b>	
Regelmäßige Teilnahme am Seminar	
Teilnahme an 14 Einzelterminen in den Forschungsseminaren	
Gesamtzahl der Credits für das Modul: 6	
<b>Modulprüfung:</b>	
Ein Vortrag im Masterseminar (unbenotet)	
<b>Modulverantwortlicher:</b>	
Fakultät für Naturwissenschaften, Institut für Physik, Prof. R. Goldhahn	

<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 <b>720 h</b> Projektarbeit                   720 h
<b>Häufigkeit des Angebotes:</b> im Winter- und Sommersemester
<b>Leistungsnachweise/Credits:</b> Projektarbeit Gesamtzahl der Credits für das Modul: 24
<b>Modulprüfung:</b> Seminarvortrag (unbenotet)
<b>Modulverantwortlicher:</b> Fakultät für Naturwissenschaften, Institut für 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> wissenschaftliche Arbeit
<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 <b>900 h</b> Projektarbeit                    600 h Abfassen der Masterarbeit    250 h Vorbereitung Präsentation    50 h
<b>Häufigkeit des Angebotes:</b> im Winter- und Sommersemester
<b>Leistungsnachweise/Credits:</b> 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, Institut für Physik, Prof. J. Wiersig

## Vertiefungsrichtungen

Halbleiterphysik	Nichtlinearität und Strukturbildung	Soft Matter und Biophysik	Quanten und Felder
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
<u>Physik der Halbleiterbauelemente I</u> (WiSe)	<u>Computational Physics</u> (WiSe)	<u>Soft Matter</u> (WiSe)	<u>Computational Physics*</u> (WiSe)
<u>Physik der Halbleiterbauelemente II</u> (SoSe)	<u>Selbstorganisation in der Biophysik</u> (SoSe)	<u>Selbstorganisation in der Biophysik*</u> (SoSe)	<u>Physik der Halbleiter-Quantenstrukturen</u> (WiSe)
<u>Physik der Solarzelle</u> (SoSe)	<u>Phasenübergänge und kritische Phänomene</u> (SoSe)	<u>Grundlagen der Magnetresonanz</u> (WiSe)	<u>Quantenoptik</u> (WiSe)
<u>Moderne Messmethoden der Halbleiterphysik</u> (SoSe)	<u>Kosmologie</u> (SoSe)	<u>Hydrodynamik und Elastizität</u> (WiSe)	<u>Kosmologie*</u> (SoSe)
<u>Röntgenbeugung</u> (SoSe)	<u>Mikrofluidik: Theorie und Anwendungen</u> (SoSe)	<u>Mikrofluidik: Theorie und Anwendungen*</u> (SoSe)	<u>Hydrodynamik und Elastizität*</u> (WiSe)
<u>Optische Eigenschaften von Halbleitern</u> (SoSe)	<u>Praktikum Softmatter und Mikrofluidik</u> (WiSe)	<u>Praktikum Softmatter und Mikrofluidik*</u> (WiSe)	<u>Einführung in die Festkörpertheorie</u> (SoSe $\rightleftharpoons$ WiSe)
<u>Halbleiterepitaxie</u> (WiSe)	<u>Statistische Mechanik im Nichtgleichgewicht</u> (SoSe)	<u>Magnetresonanz Systeme</u> (SoSe)	<u>Statistische Mechanik im Nichtgleichgewicht*</u> (SoSe)
<u>Theoretische Halbleiteroptik</u> (SoSe)		<u>Theorie der Polymere</u> (SoSe)	<u>Theoretische Halbleiteroptik*</u> (SoSe)
		<u>Spiking Networks</u> (WiSe)	<u>Allgemeine Relativitätstheorie</u> (WiSe)
		<u>Physikalische Aspekte von Membranen</u> (WiSe)	

\* kursiv hinterlegte Module werden in zwei Vertiefungsrichtungen angeboten

WiSe = Wintersemester

SoSe = Sommersemester

<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 Themen aus der Vertiefungsrichtung Halbleiterphysik zur Erlangung eines vertieften Verständnisses der optischen, elektronischen und strukturellen Eigenschaften von Halbleitern und Halbleiterheterostrukturen;</li> <li>· Das Themenangebot 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 Themen: <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</li> <li>· Optische Eigenschaften von Halbleitern</li> <li>· Theoretische Halbleiteroptik</li> <li>· Halbleiterepitaxie</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> Vorlesungen/Übungen (9 SWS) sowie Selbststudium
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Keine
<b>Dauer des Moduls:</b> zwei Semester
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt <b>360 h</b> Präsenzzeit                       126 h Selbststudium                     234 h
<b>Häufigkeit des Angebotes:</b> jährlich mindestens 5 Teilmodule
<b>Leistungsnachweise/Credits:</b> Leistungsnachweise gemäß Festlegung durch Dozenten Gesamtzahl der Credits für das Modul: 12 (aufgeteilt in 4 und 8 für die beiden Semester)

**Modulprüfung:**

Form der Modulprüfung: mündliche Prüfung (60 min) die alle drei Teilmodule umfasst

Modulnote = Note der mündlichen Prüfung (12 CP)



**Modulverantwortlicher:**

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

<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 benachbarten Gebieten</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>· sind vertraut mit den Konzepten der Hydrodynamik und Elastizitätstheorie</li> <li>· erlernen Methoden zur mathematischen Behandlung nichtlinearer, komplexer Systeme</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 folgenden Angeboten (je 3 SWS V/Ü, 4 CP): <ul style="list-style-type: none"> <li>· Selbstorganisation in der Biophysik</li> <li>· Phasenübergänge und kritische Phänomene</li> <li>· Kosmologie</li> <li>· Computational Physics</li> <li>· Mikrofluidik: Theorie und Anwendungen</li> <li>· Praktikum Softmatter und Mikrofluidik</li> <li>· Statistische Mechanik im Nichtgleichgewicht</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> Vorlesungen/Übungen (9 SWS) sowie Selbststudium	
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> keine	
<b>Dauer des Moduls:</b> zwei Semester	
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt	<b>360 h</b>
Präsenzzeit	126 h
Selbststudium	234 h
<b>Häufigkeit des Angebotes:</b> jährlich mindestens 5 Teilmodule	
<b>Leistungsnachweise/Credits:</b> Leistungsnachweis gemäß Festlegung durch Dozenten Gesamtzahl der Credits für das Modul : 12	
<b>Modulprüfung:</b> Form der Modulprüfung: mündliche Prüfung (60 min) die alle drei Teilmodule umfasst Modulnote = Note der mündliche Prüfung (12 CP)	
<b>Modulverantwortlicher:</b> Fakultät für Naturwissenschaften, Institut für Physik, Prof. C. D. Ohl	



<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>· Praktikum Softmatter und Mikrofluidik</li> <li>· Selbstorganisation in der Biophysik</li> <li>· Grundlagen der Magnetresonanz</li> <li>· Hydrodynamik und Elastizität</li> <li>· Magnetresonanz Systeme</li> <li>· Theorie der Polymere</li> <li>· Mikrofluidik: Theorie und Anwendungen</li> <li>· Soft Matter</li> <li>· Spiking Networks</li> <li>· Physikalische Aspekte von Membranen</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> 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	<b>360 h</b>
Präsenzzeit	126 h
Selbststudium	234 h
<b>Häufigkeit des Angebotes:</b> jährlich mindestens 5 Teilmodule	
<b>Leistungsnachweise/Credits:</b> Leistungsnachweise gemäß Festlegung durch Dozenten Gesamtzahl der Credits für das Modul : 12	
<b>Modulprüfung:</b> Form der Modulprüfung: mündliche Prüfung (60min) die alle drei Teilmodule umfasst Modulnote = Note der mündliche Prüfung (12 CP)	
<b>Modulverantwortlicher:</b> Fakultät für Naturwissenschaften, Institut für Physik, Prof. O. Speck	

<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>· sind vertraut mit den Konzepten der Hydrodynamik und Elastizitätstheorie</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>· Quantenoptik</li> <li>· Hydrodynamik und Elastizität</li> <li>· Kosmologie</li> <li>· Computational Physics</li> <li>· Theoretische Halbleiteroptik</li> <li>· Allgemeine Relativitätstheorie</li> <li>· Statistische Mechanik im Nichtgleichgewicht</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> Vorlesungen/Übungen (9 SWS) sowie Selbststudium
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Keine
<b>Dauer des Moduls:</b> zwei Semester
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt <b>360 h</b> Präsenzzeit                                      126 h Selbststudium                                    234 h
<b>Häufigkeit des Angebotes:</b> jährlich mindestens 5 Teilmodule
<b>Leistungsnachweise/Credits:</b> Leistungsnachweise gemäß Festlegung durch Dozenten Gesamtzahl der Credits für das Modul : 12
<b>Modulprüfung:</b> Form der Modulprüfung: mündliche Prüfung (60min) die alle drei Teilmodule umfasst Modulnote = Note der mündliche Prüfung (12 CP)
<b>Modulverantwortlicher:</b> Fakultät für Naturwissenschaften, Institut für Physik, Prof. J. Wiersig

<b>Studiengang:</b> Physik (M. Sc.) 
<b>Modul:</b> Vertiefungsrichtung „Halbleiterphysik“ Teilmodul „Physik der Halbleiterbauelemente 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 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>· Physikalische Grundlagen von Halbleitern             <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kristallstruktur</li> <li>2. Energiebänder, Zustandsdichte, Verteilungsfunktionen, Massenwirkungsgesetz, Eigen- und Störleitung</li> <li>3. Ladungstransport, Streumechanismen, Ballistischer Transport</li> <li>4. Phononen, Optische Eigenschaften</li> <li>5. ballistischer Transport</li> <li>6. Grundlegende Beispiele</li> </ol> </li> <li>· Einfache Unipolare Bauelemente             <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Der Metall-Halbleiter-Kontakt (allgem.)</li> <li>2. Schottky-Kontakte, Prinzip der negativen Elektronenaffinität, Verarmungsschichten</li> <li>3. Schottky-Dioden, MIS-Dioden und CCDs</li> <li>4. Ohmsche Kontakte</li> </ol> </li> <li>· Bipolare Bauelemente             <ol style="list-style-type: none"> <li>1. p-n-Dioden</li> <li>2. Reale Dioden</li> <li>3. Heteroübergänge und Übergitter</li> <li>4. Bipolartransistoren</li> </ol> </li> </ul>
<b>Verwendbarkeit des Moduls:</b> Teilmodul in der Vertiefungsrichtung „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 Kenntnisse in Festkörperphysik wünschenswert
<b>Dauer des Moduls:</b> ein Semester



<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt	<b>120 h</b>
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>	
Leistungsnachweis gemäß Festlegung durch Dozenten	
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 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, exzitonische Komplexe, Quantenelektrodynamik) der Absorption und Emission von Photonen in Halbleitern und ihre technologische Anwendung in Bauelementen der Optoelektronik, Photonik und integrierter Optik. Technologie und Schaltungstechnik von Licht emittierenden und Licht detektierenden Halbleiterbauelementen: Lumineszenzdiode (LED), Photoleiter, photovoltaische Detektoren, Solarzellen.</li> <li>- Laserdioden</li> <li>- Halbleiter-Laser (Fabry-Perot, DBR, DFB, surface emitting, microcavity, GRINSH)</li> </ul> </li> </ul>		
<b>Verwendbarkeit des Moduls:</b> Teilmodul in der Vertiefungsrichtung „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 Kenntnisse in Festkörperphysik sowie der Besuch der Vorlesung Physik der Halbleiterbauelemente I wünschenswert		
<b>Dauer des Moduls:</b> ein Semester		
<b>Arbeitsaufwand:</b>		
Gesamt	<b>120 h</b>	
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> Leistungsnachweis gemäß Festlegung durch Dozenten		



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 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> Teilmodul in der Vertiefungsrichtung „Halbleiterphysik“ im Master-Studiengang Physik Teilmodul 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	<b>120 h</b>
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> Leistungsnachweis gemäß Festlegung durch Dozenten 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 Physik, Prof. A. Strittmatter/apl. Prof. A. Dadgar	



<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> Teilmodul in der Vertiefungsrichtung „Halbleiterphysik“ im 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:	<b>120 h</b>
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> Leistungsnachweis gemäß Festlegung durch Dozenten Gesamtzahl der Credits für das Modul: 4	
<b>Modulprüfung:</b> Ist in der Modulbeschreibung der Vertiefungsrichtung festgelegt	
<b>Modulverantwortlicher:</b> Fakultät für Naturwissenschaften, Institut für Physik, Prof. J. Christen	




<b>Studiengang:</b> Physik (M. Sc.)	
<b>Modul:</b> Vertiefungsrichtung „Halbleiterphysik“ Teilmodul „Röntgenbeugung“	
<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>· Wechselwirkung von Röntgenstrahlung und Materie</li> <li>· Erzeugung und Detektion von Röntgenstrahlung</li> <li>· Kristallstrukturen</li> <li>· Reziproker Raum und kinematische Streutheorie</li> <li>· Röntgenoptiken</li> <li>· Aufbau von Messapparaturen</li> <li>· Symmetrische und asymmetrische Reflexe</li> <li>· Defekt- und Verspannungsanalyse</li> <li>· Schichtdickenanalyse</li> <li>· Grenzflächen- und Oberflächenanalyse</li> <li>· Dynamische Streutheorie</li> </ul>	
<b>Verwendbarkeit des Moduls:</b> Teilmodul der Vertiefungsrichtung „Halbleiterphysik“ 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 Festkörperphysik erwünscht	
<b>Dauer des Moduls:</b> ein Semester	
<b>Arbeitsaufwand:</b>	
Gesamt	<b>120 h</b>
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 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 Physik, Prof. A. Strittmatter	



<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 Polarisation, 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> Teilmodul in der Vertiefungsrichtung „Halbleiterphysik“ 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	<b>120 h</b>
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> Leistungsnachweis gemäß Festlegung durch Dozenten 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 Physik, Prof. R. Goldhahn/Dr. M. Feneberg	




<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> 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> <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 externen Lichtfeld</li> <li>· Licht-Materie-Wechselwirkung in Kristallen</li> <li>· Halbleiter-Blochgleichungen</li> <li>· Quanten-Nanostrukturen</li> <li>· Lineare optische Eigenschaften</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	<b>120 h</b>
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> Leistungsnachweis gemäß Festlegung durch Dozenten 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 Physik, Prof. J. Wiersig	



<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 wurtzitischen 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> Teilmodul der Vertiefungsrichtung „Halbleiterphysik“ im 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	<b>120 h</b>
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: Vorlesung, Leistungsnachweis gemäß Festlegung durch Dozenten 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 Physik, apl. Prof. A. Dadgar	




<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	<b>120 h</b>	
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> Leistungsnachweis gemäß Festlegung durch Dozenten 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 Physik, apl. Prof. A. Eremin		


<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> Das Teilmodul 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, Reihenentwicklungen, 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
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> Leistungsnachweis gemäß Festlegung durch Dozenten 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 Physik, apl. Prof. S. Mertens	

<b>Studiengang:</b> Physik (M. Sc.)		
<b>Modul:</b> Vertiefungsrichtungen „Nichtlinearität und Strukturbildung“ und „Quanten und Felder“ 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/innen 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 Vertiefungsrichtungen „Nichtlinearität und Strukturbildung“ und „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	<b>120 h</b>	
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> Leistungsnachweis gemäß Festlegung durch Dozenten 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 Physik, apl. Prof. S. Mertens		



<b>Studiengang:</b> Physik (M. Sc.)		
<b>Modul:</b> Vertiefungsrichtungen „Nichtlinearität und Strukturbildung“ und „Quanten und Felder“ 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, Resonanzen im Sonnensystem, Periheldrehung</li> <li>· Lösung der Poisson-Laplace-Gleichung</li> <li>· Kapazitätsberechnung per Variationsverfahren</li> <li>· nichtlineare Schwingkreise</li> <li>· Eigenwertberechnung Schrödingergleichung</li> <li>· Störungsrechnung, Matrix-Methoden</li> <li>· Grundzustandsberechnung via Hellman-Feynman</li> <li>· Zerfall von Wellenpaketen</li> <li>· Stochastische Simulationen, Ratengleichungen</li> <li>· zelluläre Automaten</li> </ul>		
<b>Verwendbarkeit des Moduls:</b> Teilmodul der Vertiefungsrichtungen „Nichtlinearität und Strukturbildung“ 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) sowie Selbststudium		
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> keine		
<b>Dauer des Moduls:</b> ein Semester		
<b>Arbeitsaufwand:</b>		
Gesamt	<b>120 h</b>	
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> Leistungsnachweis gemäß Festlegung durch Dozenten 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 Physik, Prof. J. Wiersig/Dr. G. Kasner		




<b>Studiengang:</b> Physik (M. Sc.)		
<b>Modul:</b>		 
Vertiefungsrichtungen „Soft Matter und Biophysik“ und „Nichtlinearität und Strukturbildung“ Teilmodul „Mikrofluidik: Theorie und Anwendungen“		
<b>Ziele des Moduls und zu erwerbende Kompetenzen:</b> Vermittlung der Grundlagen der Strömungsphysik und deren Besonderheiten auf kleinen räumlichen Skalen. Ausgehend von den Grundlagen werden Methoden in der Mikrofluidik für spezifische Anwendungen aufgezeigt. Auf theoretischer Seite werden Sie nicht nur analytische Lösungen der Strömungen erarbeiten, sondern auch numerische Verfahren kennenlernen und benutzen.		
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Grundlegende Konzepte der Mikrofluidik</li> <li>· Erhaltungsgleichungen (Masse, Impuls, Energie)</li> <li>· Einfache Strömungen <ul style="list-style-type: none"> <li>o Hydrostatik</li> <li>o Couette &amp; Poiseuille Strömungen</li> <li>o Stokes Drag</li> </ul> </li> <li>· Netzwerkbeschreibung durch hydraulischen Widerstand und Elastizität</li> <li>· Diffusion</li> <li>· Verschiedene zeitabhängige Strömungen</li> <li>· Kapillarität</li> <li>· Elektrohydrodynamik <ul style="list-style-type: none"> <li>o Elektrosmose</li> <li>o Dielektrophorese</li> </ul> </li> <li>· Spezielle Strömungen in der Mikrofluidik wie z.B. Hele-Shaw, Mehrphasen-strömungen, Erzeugung von Gasblasen und Tröpfchen und die Akustofluidik</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> 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		<b>120 h</b>
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> Leistungsnachweis gemäß Festlegung durch Dozenten 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 Physik, Prof. C.D. Ohl		

<b>Studiengang:</b> Physik (M. Sc.)											
<b>Modul:</b>	 										
Vertiefungsrichtungen „Soft Matter und Biophysik“ und „Nichtlinearität und Strukturbildung“ Teilmodul „Praktikum Softmatter und Mikrofluidik“											
<b>Ziele des Moduls und zu erwerbende Kompetenzen:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Fähigkeit, Versuche mit weicher Materie und Flüssigkeiten zu planen und durchzuführen</li> <li>· Eigenständiger Entwurf einzelner Versuchsgegenstände</li> <li>· Erarbeitung theoretischer Zusammenhänge und Hintergründe des Versuchsgegenstandes</li> <li>· Erkennen und Bewerten von Fehlerquellen und der experimentellen Möglichkeiten</li> <li>· Verfassen eines Versuchsprotokolls in Form eines wissenschaftlichen Berichtes und Befähigung, den Versuchsinhalt, Versuchsstrategie und die gewonnenen Ergebnisse in kritischer Diskussion darzustellen</li> <li>· Vorbereitung und Durchführung einer wissenschaftlichen Präsentation mit den gewonnenen Erkenntnissen</li> </ul>											
<b>Inhalte:</b> Experimente zu folgenden Inhalten: <ul style="list-style-type: none"> <li>· Entwurf und anschließende Herstellung mikrofluidischer Systeme mit lithografischen und maskenlosen Verfahren (3D FDM Druck, Laserschneiden oder Stereolithographie)</li> <li>· Micro particle tracking/particle velocimetry zur Analyse von Strömungen</li> <li>· Bestimmung von Diffusionskoeffizienten mit Hilfe optischer Methoden</li> <li>· Auswahl und Durchführung eines Experimentes aus einem der folgenden Gebiete             <ul style="list-style-type: none"> <li>· Elektroosmose</li> <li>· Nichtlineare Akustik, akustisches Streaming und Akustophorese</li> <li>· T-Channel Tropfengenerator</li> <li>· Nichtlinearer Blasenoszillator und Sonolumineszenz</li> <li>· Aerosolbildung und akustische Levitation</li> <li>· Ferrofluidik</li> </ul> </li> </ul> oder gegebenenfalls eines Wunschgebietes nach Absprache mit den Betreuenden.											
<b>Verwendbarkeit des Moduls:</b> Teilmodul der Vertiefungsrichtungen „Soft Matter und Biophysik“ und „Nichtlinearität und Strukturbildung“ für den Master-Studiengang Physik; anrechenbar für Bachelor- und Master-Studiengänge anderer Fakultäten, deren Studienordnung dies erlaubt.											
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung/Praktikum/Seminare (3 SWS) und Selbststudium											
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Keine. Es wird die Teilnahme an der Mikrofluidik Vorlesung empfohlen.											
<b>Dauer des Moduls:</b> ein Semester											
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 60%;"><b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt</td> <td style="text-align: right;"><b>120 h</b></td> </tr> <tr> <td>Präsenzzeit</td> <td style="text-align: right;">42 h</td> </tr> <tr> <td>(Vorlesung/Seminar)</td> <td style="text-align: right;">(28 h)</td> </tr> <tr> <td>(Labor-Praktikum)</td> <td style="text-align: right;">(14 h)</td> </tr> <tr> <td>Selbststudium</td> <td style="text-align: right;">78 h</td> </tr> </table>		<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt	<b>120 h</b>	Präsenzzeit	42 h	(Vorlesung/Seminar)	(28 h)	(Labor-Praktikum)	(14 h)	Selbststudium	78 h
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt	<b>120 h</b>										
Präsenzzeit	42 h										
(Vorlesung/Seminar)	(28 h)										
(Labor-Praktikum)	(14 h)										
Selbststudium	78 h										
<b>Häufigkeit des Angebotes:</b> ca. einmal in drei aufeinanderfolgenden Semestern											
<b>Leistungsnachweise/Credits:</b> Praktikumsversuche mit schriftlichem Protokoll und 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 Physik, Dr. F. Reuter											



<b>Studiengang:</b> Physik (M. Sc.)		
<b>Modul:</b> Vertiefungsrichtungen „Nichtlinearität und Strukturbildung“ und „Quanten und Felder“ Teilmodul „Statistische Mechanik im Nichtgleichgewicht“		 
<b>Ziele des Moduls und zu erwerbende Kompetenzen:</b> Die Studierenden erkennen, dass sich die im Rahmen einer typischen Grundvorlesung „Thermodynamik und Statistik“ behandelten Inhalte zum überwiegenden Teil auf Vielteilchensysteme im thermodynamischen Gleichgewicht beziehen. Somit stellt sich die Frage, was geschieht, wenn solche Systeme durch Anregung aus dem Gleichgewicht getrieben werden. Der Fokus der Veranstaltung liegt auf Methoden, die schwaches Nichtgleichgewicht beschreiben und sich zur statistischen Charakterisierung von klassischen Vielteilchensystemen eignen. Generell sind Nichtgleichgewichtsbeschreibungen zur quantitativen Erfassung der von uns erlebten Dynamik unumgänglich. Biologische Prozesse und Leben werden in der Regel erst durch Nichtgleichgewichtszustände ermöglicht.		
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fluktuationen um das Gleichgewicht und Fluktuations-Dissipations-Theorem</li> <li>• Theorie der Linearen Antwort</li> <li>• Diffusive Prozesse</li> <li>• Dynamik von Wahrscheinlichkeitsverteilungen</li> <li>• Teilchenkorrelationsfunktionen</li> <li>• Dichtefeldbeschreibungen im Gleichgewicht und im schwachen Nichtgleichgewicht</li> </ul>		
<b>Verwendbarkeit des Moduls:</b> Teilmodul der Vertiefungsrichtungen „Nichtlinearität und Strukturbildung“ sowie „Quanten und Felder“ 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		<b>120 h</b>
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> Leistungsnachweis gemäß Festlegung durch Dozenten 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 Physik, Prof. A. Menzel		







<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	<b>120 h</b>
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> Leistungsnachweis gemäß Festlegung durch Dozenten 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 Physik, Prof. Dr. O. Speck	


<b>Studiengang:</b> Physik (M. Sc.)	
<b>Modul:</b> Vertiefungsrichtungen „Soft Matter und Biophysik“ und „Quanten und Felder“ Teilmodul „Hydrodynamik und Elastizität“	 
<b>Ziele des Moduls und zu erwerbende Kompetenzen:</b> Die Studierenden werden sich der zentralen Unterschiede zwischen fluider und fester Materie im Rahmen makroskopischer Beschreibungen bewusst. Sie lernen, wie sich entsprechende Systeme theoretisch charakterisieren lassen. Gleichzeitig wird klar, zu welchen weitreichenden physikalischen Beschreibungen reine Erhaltungsgleichungen und Symmetrieüberlegungen in der Lage sind. Da viele der Inhalte direkten Alltagsbezug aufweisen (Auftrieb eines Flugzeugflügels, elastische Deformation von Festkörpern, etc.), werden die Studierenden in ihrer Fähigkeit bestärkt, mit ihrem Umfeld außerhalb der Universität zu den Inhalten ihres Studiums ins Gespräch zu gelangen.	
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundgleichungen der Hydrodynamik</li> <li>• Ideales inkompressibles Fluid (Bernoulli-Gleichung)</li> <li>• Ebene Potentialströmungen inkompressibler Fluide, auch um unterschiedlich geformte Objekte, und dynamischer Auftrieb (Kutta-Joukowski-Gleichungen)</li> <li>• Hydrodynamische Kopplungen bei kleinen Reynolds-Zahlen, Mikroschwimmer</li> <li>• Zentrale Größen der Elastizitätstheorie</li> <li>• Lineare und Nichtlineare Beschreibung elastischer Materialien (Hookesche und Neo-Hookesche Energiefunktionale)</li> <li>• Schallwellen</li> </ul>	
<b>Verwendbarkeit des Moduls:</b> Teilmodul der Vertiefungsrichtungen „Soft Matter und Biophysik“ sowie „Quanten und Felder“ 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	<b>120 h</b>
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> Leistungsnachweis gemäß Festlegung durch Dozenten 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 Physik, Prof. A. Menzel	



<b>Studiengang:</b> Physik (M. Sc.)	
<b>Modul:</b> Vertiefungsrichtung „Soft Matter und Biophysik“ Teilmodul „Magnetresonanz Systeme“	
<b>Ziele des Moduls und zu erwerbende Kompetenzen:</b>	
<b>Fachliche Kompetenzen:</b> Die Studierenden erlangen folgende fachliche Kompetenzen: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Verständnis der MR System Hardware</li> <li>2. Kenntnisse der MR Hardware Spezifikationen</li> <li>3. Verständnis der MR System Software</li> <li>4. Fähigkeiten zur Konstruktion von Komponenten</li> <li>5. Verständnis der Systemjustierung und Testprozeduren</li> <li>6. Anwendung des MRT für spezifische Messungen</li> </ol>	
<b>Soziale Kompetenzen:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Teamarbeit im Labor und beim Experimentieren</li> <li>2. Strukturierte Problemanalyse und Projektplanung</li> </ol>	
<b>Inhalte:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. MR Systemüberblick</li> <li>2. MR System Komponenten</li> <li>3. Konstruktion und Bau von Systemkomponenten</li> <li>4. Programmierung von Systemsteuerung</li> <li>5. Simulation und Test von System Komponenten</li> <li>6. MRT Messungen und Anwendungen</li> </ol>	
<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> 3 SWS (Vorlesung Laborarbeit) sowie Selbststudium	
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Bachelor-Abschluss Physik, Grundkenntnisse in Magnetresonanz	
<b>Dauer des Moduls:</b> ein Semester	
<b>Arbeitsaufwand:</b>	
Gesamt	<b>120 h</b>
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> Leistungsnachweis gemäß Festlegung durch Dozenten Gesamtzahl der Credits für das Modul: 4	
<b>Modulprüfung:</b> Ist in der Modulbeschreibung der Vertiefungsrichtung festgelegt	
<b>Modulverantwortlicher:</b> Fakultät für Naturwissenschaften, Institut für Physik, Prof. Dr. O. Speck	

<b>Studiengang:</b> Physik (M. Sc.)	
<b>Modul:</b> Vertiefungsrichtung „Soft Matter und Biophysik“ Teilmodul „Theorie der Polymere“	
<b>Ziele des Moduls und zu erwerbende Kompetenzen:</b> Polymere Materialien liefern Paradebeispiele für die Stärke statistischer Methoden bei der Beschreibung von Materie im Rahmen klassischer Physik. Die Studierenden erkennen, wie aus thermischen Fluktuationen und entropischen Effekten Elastizität entstehen kann. Die Konzepte Selbstähnlichkeit über Längenskalen hinweg und fraktale Dimensionen werden berührt. Prozesse auf molekularen Skalen lassen sich mit makroskopischen Materialeigenschaften verknüpfen. Gleichzeitig werden Grundlagen für eine gegebenenfalls später angestrebte interdisziplinäre Orientierung vermittelt. In der Chemischen Industrie, einem der bedeutendsten Wirtschaftszweige in Deutschland, repräsentieren Polymere eine Hauptproduktsparte. Ebenso sind Polymere eng mit den Grundlagen des Lebens verknüpft – auch die DNA ist ein Polymermolekül.	
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Statistik einfacher Polymermodelle</li> <li>• Dynamik einzelner Polymerketten (Rouse-Modell)</li> <li>• Dynamik einer Polymerkette in einer polymeren Umgebung (Reptationsmodell)</li> <li>• Makroskopische Deformationen und makroskopisches Fließen, Viskoelastizität</li> <li>• Molekulare Theorie von Viskoelastizität</li> <li>• Dynamik einzelner Polymerketten in Lösung und hydrodynamische Wechselwirkungen (Zimm-Modell)</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	<b>120 h</b>
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> Leistungsnachweis gemäß Festlegung durch Dozenten 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 Physik, Prof. A. Menzel	



<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> Das Teilmodul 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> Das Teilmodul 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	<b>120 h</b>
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> Leistungsnachweis gemäß Festlegung durch Dozenten 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 Physik, apl. Prof. A. Eremin	

<b>Studiengang:</b> Physik (M. Sc.)	
<b>Modul:</b> Vertiefungsrichtung „Soft Matter und Biophysik“ Teilmodul "Spiking Networks"	
<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	<b>120 h</b>
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>	
Leistungsnachweis gemäß Festlegung durch Dozenten	
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>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	<b>120 h</b>
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> Leistungsnachweis gemäß Festlegung durch Dozenten 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 Physik, apl. Prof. A. Eremin	

<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>· Debye'sche 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	<b>120 h</b>
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> Leistungsnachweis gemäß Festlegung durch Dozenten 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 Physik, Prof. J. Wiersig/Dr. G. Kasner	





<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	<b>120 h</b>
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> Leistungsnachweis gemäß Festlegung durch Dozenten Anzahl der Credits für das Teilmodul: 4	



**Modulprüfung:**

Ist in der Modulbeschreibung der Vertiefungsrichtung festgelegt

**Modulverantwortlicher:**

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

<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	<b>120 h</b>
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> Leistungsnachweis gemäß Festlegung durch Dozenten 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 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 der Wahlpflichtmodule „Nichtlinearität und Strukturbildung“ und „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	<b>120 h</b>
Präsenzzeit	42 h
Selbststudium	78 h
<b>Häufigkeit des Angebotes:</b> ca. einmal in drei aufeinanderfolgenden Semestern	
<b>Leistungsnachweise/Credits:</b> Leistungsnachweis gemäß Festlegung durch Dozenten 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 Physik, apl. 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/in 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> Die Lehrform richtet sich nach dem Angebot der anbietenden Fakultäten im Katalog der nichtphysikalischen Wahlpflichtfächer. Mindestens zwei Lehrveranstaltungen müssen belegt werden.
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> keine
<b>Dauer des Moduls:</b> je ein Semester
<b>Arbeitsaufwand:</b> insgesamt <b>360 h</b> Die Aufteilung in Präsenzzeit und Selbststudium richtet sich nach dem Angebot der anbietenden Fakultäten im Katalog der nichtphysikalischen Wahlpflichtfächer
<b>Häufigkeit des Angebotes:</b> jedes Semester
<b>Leistungsnachweise/Credits:</b> Leistungsnachweis gemäß Prüfungsordnung der anbietenden Fakultät Anzahl der Credits für das Modul: 12
<b>Modulprüfung:</b> gemäß Prüfungsordnung der anbietenden Fakultät
<b>Modulverantwortlicher:</b> Fakultät für Naturwissenschaften, Institut für Physik, Prof. J. Wiersig