

# **Modulhandbuch**

## **für den Master-Studiengang Physik**

Mit Modulbeschreibungen zu Veranstaltungen für den Master-Studiengang  
Physik vom 06. Juni 2019

**zusammengestellt für die Fachrichtung der Physik  
der Universität des Saarlandes  
von Prof. Dr. Christoph Becher und Prof. Dr. Ludger Santen**

Studien- abschnitt	Titel	Modulverantwortlich	ECTS
<b>Pflichtveranstaltungen</b>			
1.-2. Sem.	Experimentalphysik V	Becher	8
1.-2. Sem.	Seminar	ProfessorInnen der Physik	4
1. Sem.	Phys. Praktikum für Fortgeschrittene IIa	Eschner	7
3. Sem.	Laborprojekt	ProfessorInnen der Physik	15
3. Sem.	Forschungsseminar	ProfessorInnen der Physik	15
4. Sem.	Master-Arbeit	ProfessorInnen der Physik	30

<b>Vertiefungsbereich</b>			
1.-2. Sem.	Theoretische Physik V	Santen	8 (4)
2. Sem.	Phys. Praktikum für Fortgeschrittene IIb	Eschner	4

<b>Physikalische Wahlpflicht</b>			
1.-2. Sem.	Physikalische Wahlpflicht	DozentInnen der Physik	15
1.-2. Sem.	Allgemeine Relativitätstheorie	Henkel	5
1.-2. Sem.	Allgemeine Relativitätstheorie	Santen	3
1.-2. Sem.	„Artificial Life“: experimentelle und statistische physikalische Aspekte der Entstehung von lebendiger Materie und ihrer komplexen Dynamik	Ott	3
1.-2. Sem.	Computational Molecular Biophysics	Hub	5
1.-2. Sem.	Computerphysik	Rieger	5
1.-2. Sem.	Einführung in die experimentellen Methoden der Bio- und Oberflächenphysik	Jacobs	2,5 (x2)
1.-2. Sem.	Einführung in die konforme Invarianz	Henkel	2
1.-2. Sem.	Einführung in die Kosmologie	Henkel	5
1.-2. Sem.	Einführung in die Physik weicher kondensierter Materie	Jacobs/Seemann	5
1.-2. Sem.	Einführung in die Quanteninformationsverarbeitung	Wilhelm-Mauch	5
1.-2. Sem.	Elektronenmikroskopie	De Jonge	5
1.-2. Sem.	Experimentelle und statistische Biologische Physik	Ott	5
1.-2. Sem.	Kapillarität und Benetzungsphänomene	Seemann	5
1.-2. Sem.	Materie in elektromagnetischen Feldern	Pelster	5
1.-2. Sem.	Moderne Optik	Becher	5
1.-2. Sem.	Nanomechanik	Bennewitz	5
1.-2. Sem.	Nanostrukturphysik II	Hartmann	5
1.-2. Sem.	Nichtlineare Dynamik und Strukturbildung	Wagner	5
1.-2. Sem.	Phasenübergänge 2. Art und kritische Phänomene	Henkel	3
1.-2. Sem.	Quantentheorie des Lichts	Morigi	5
1.-2. Sem.	Quantum Optics with Ultracold Atoms	Morigi	5
1.-2. Sem.	Rheologie und Strömungsdynamik komplexer Flüssigkeiten	Wagner	5
1.-2. Sem.	Stochastic Processes	Santen	5
1.-2. Sem.	Technische und Moderne Optik	Ott	5
1.-2. Sem.	Teilchenfallen und Laserkühlung	Eschner	5
1.-2. Sem.	Theoretische Biophysik	Hub	5
1.-2. Sem.	Theoretische Physik für Quantentechnologien	Wilhelm-Mauch, Morigi	5
1.-2. Sem.	Optik für Fortgeschrittene – Advanced Optics	Straub	5
1.-2. Sem.	Nichtlineare Optik	Straub	5

<b>Nicht-Physikalische Wahlpflicht</b>			
1.-2. Sem.	Nicht-physikalische Wahlpflicht		18
1.-2. Sem.	Programmierung I	Smolka	9
1.-2. Sem.	Programmierung II	Hack	9
1.-2. Sem.	Image Processing and Computer Vision	Weickert	9
1.-2. Sem.	Partielle Differentialgleichungen	Fuchs	9
1.-2. Sem.	Variationsrechnung	Fuchs	9
1.-2. Sem.	Funktionalanalysis I	Eschmeier	9
1.-2. Sem.	Grundlagen der Materialchemie („Vorlesung + Seminar“ und Praktikum)	Kickelbick	3,5 und 2,5
1. Sem.	Objektorientierte Sprachen und generische Programmierung (ITG 2)	Hoffmann	9
2. Sem.	Digitalelektronik und digitales Schaltungsdesign (ITG 3)	Hoffmann	9
1.-2. Sem.	Nanobiomaterialien	Arzt	6

Experimentalphysik V					EP V
Studiensem.	Regelstudiensem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS-Punkte
1 und 2	2	jährlich	2 Semester	6	8

<b>Modulverantwortliche/r Dozent/inn/en</b>	Becher 1 Hochschullehrer(in) der Experimentalphysik 1 studentischer Betreuer pro Übungsgruppe
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>	Pflicht
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine formalen Voraussetzungen. Inhaltliche Voraussetzungen sind grundlegende Kenntnisse in Festkörperphysik (Experimentalphysik IVa) und in Optik und Atomphysik (Experimentalphysik III)
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>	Vorlesung mit Übung: Jeweils eine benotete Klausur oder mündliche Prüfung für beide Vorlesungen. Teilnahmevoraussetzung: jeweils erfolgreiche Bearbeitung der Aufgaben in den Übungen zu beiden Vorlesungen.
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesung „Experimentalphysik Vb“ (Festkörperphysik II) <span style="float: right;">2 SWS</span></li> <li>• Übung zur Vorlesung (max. Gruppengröße: 15) <span style="float: right;">1 SWS</span></li> <li>• Vorlesung „Experimentalphysik Va“ (Atom- und Molekülphysik) <span style="float: right;">2 SWS</span></li> <li>• Übung zur Vorlesung (max. Gruppengröße: 15) <span style="float: right;">1 SWS</span></li> </ul>
<b>Arbeitsaufwand</b>	<p>„Experimentalphysik Va/Vb“</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Präsenzzeit Vorlesung 2x15 Wochen à 2 SWS <span style="float: right;">60 Stunden</span></li> <li>• Präsenzzeit Übung 2x15 Wochen à 1 SWS <span style="float: right;">30 Stunden</span></li> <li>• Vor- und Nachbereitung Vorlesung, Bearbeitung der Übungsaufgaben, Klausur- oder Prüfungsvorbereitung <span style="float: right;">150 Stunden</span></li> </ul> <p style="text-align: right;">----- Summe 240 Stunden</p>
<b>Modulnote</b>	Note der Klausur bzw. der mündlichen Prüfung

---

**Lernziele/ Kompetenzen:**

- Erwerb von fortgeschrittenen Kenntnissen zur Festkörperphysik
- Erwerb von fortgeschrittenen Kenntnissen zur Atom- und Molekülphysik
- Vermittlung eines Überblicks der modernen Anwendungen und Probleme
- Vermittlung wissenschaftlicher Methodik, insbesondere der Fähigkeit, einschlägige Probleme quantitativ mittels mathematischer Formalismen zu behandeln und selbständig zu lösen
- Kennenlernen von Schlüsselexperimenten und experimentellen Techniken/Messmethoden
- Einüben fortgeschrittener Techniken wissenschaftlichen Arbeitens, insbesondere der Fähigkeit, physikalischer Problemstellungen durch Anwendung mathematischer Formalismen und Nutzung der wissenschaftlichen Literatur („Reading Class“) selbständig zu lösen

---

**Inhalt**

Vorlesung Experimentalphysik Vb (Festkörperphysik II)

- Metalle
- Fermi-Flächen
- Halbleiter
- Dielektrische Eigenschaften
- Magnetismus
- Supraleitung
- Moderne experimentelle Methoden der Festkörperphysik

Vorlesung Experimentalphysik Va (Atom- und Molekülphysik)

- Mehrelektronenatome
- Aufbau des Periodensystems
- Kernspin und Hyperfeinstruktur
- Spektren komplexer Atome
- Moderne experimentelle Methoden der Atomphysik
- Einführung in die Molekülphysik: Struktur und Bindung, Molekülspektren

---

**Weitere Informationen**

Inhaltlich wird auf die Module EP I, EP II, EP III, EP IV aufgebaut.

Unterrichtssprache: Deutsch, auf Wunsch Englisch

**Literaturhinweise:**

- Haken, Wolf: Atom- und Quantenphysik
  - Mayer-Kuckuk: Atomphysik
  - Bransden: Physics of Atoms and Molecules
  - Foot: Atomic Physics
  - Demtröder: Molekülphysik
  - Kittel: Festkörperphysik
  - Ashcroft, Mermin: Solid State Physics
  - Kopitzi, Herzog: Einführung in die Festkörperphysik
  - Ibach, Lüth: Festkörperphysik
-

Seminar					SEM
Seminar in Experimentalphysik od. Theoretisch-Physikalisches Seminar					
Studiensem.	Regelstudiensem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS-Punkte
1 oder 2	2	WS & SS	1 Semester	2	4

<b>Modulverantwortliche/r</b>	ProfessorInnen der Physik		
<b>Dozent/inn/en</b>	DozentInnen der Physik		
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>	Pflicht		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>	Übersichtsvortrag zu einem aktuellen Forschungsgebiet		
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>	Seminar (2 SWS), max. Gruppengröße 15		
<b>Arbeitsaufwand</b>	Präsenzzeit		30 Stunden
	Vorbereitung des Vortrags, Literaturstudium		90 Stunden
			-----
	Summe		120 Stunden
<b>Modulnote</b>	Keine		

---

### Lernziele / Kompetenzen

- Selbständige Erarbeitung von Originalliteratur
- Fähigkeit zur didaktischen Aufbereitung von Forschungsarbeiten
- Präsentationstraining

---

### Inhalt

- Vorträge zu thematisch zusammenhängenden Fragestellungen aktueller Forschungsgebiete
- Vertiefung ausgewählter Teilgebiete aus den physikalischen Wahlpflichtvorlesungen

### Weitere Informationen:

Unterrichtssprache: Deutsch, auf Wunsch Englisch

Physikalisches Praktikum für Fortgeschrittene IIa					FP IIa
Studiensem.	Regelstudiensem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS-Punkte
1	1	WS	1 Semester	4	7
<b>Modulverantwortliche/r</b>		Eschner			
<b>Dozent/inn/en</b>		1 Praktikumsleiter 1 studentischer Betreuer pro Praktikumsgruppe			
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>		Pflicht			
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>		Keine formalen Voraussetzungen.			
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Für jeden Versuch: Eingangsgespräch mit Versuchsbetreuer, Durchführung und Protokollierung der Versuche, Versuchsauswertung und Testat, Abschlussgespräch mit Versuchsbetreuer;</li> <li>Vortrag in einem Blockseminar am Ende des Praktikumssemesters</li> </ul>			
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>		Phys. Praktikum für Fortgeschrittene (Gruppengröße: 2)		4 SWS	
<b>Arbeitsaufwand</b>		Phys. Praktikum für Fortgeschrittene, Durchführung der Versuche		40 Stunden	
		Vorbereitung und Auswertung		140 Stunden	
		Blockseminar		5 Stunden	
		Vorbereitung eines Vortrags über einen durchgeführten Versuch		25 Stunden	
				Summe	210 Stunden
<b>Modulnote</b>		Unbenotet			

### Lernziele/Kompetenzen

- Vertiefung des Verständnisses ausgewählter physikalischer Konzepte und Theorien durch das Experiment.
- Erwerb von umfassenden Kenntnissen und Kompetenzen im Umgang mit modernen und anspruchsvollen experimentellen Techniken und Messmethoden.
- Arbeiten mit modernen Instrumenten und Erlernen der Anwendung moderner Instrumente und Messverfahren zur Durchführung verlässlicher Messungen sowie der Anwendung und Programmierung von PCs zur Steuerung und Datenerfassung.
- Qualifizierung zum Arbeiten mit wissenschaftlichen Apparaturen, wie sie auch in der aktuellen Forschung eingesetzt werden.

### Inhalt

- Durchführung von 4 Versuchen aus den Bereichen
  - Atom- und Molekülphysik
  - Festkörperphysik
  - Mikroskopiemethoden
  - Biophysik
  - Kernphysik
  - Theoretische Physik
- Vortrag über einen der durchgeführten Versuche am Ende des Semesters im Rahmen eines Blockseminars

---

**Weitere Informationen**

Unterrichtssprache: Deutsch, auf Wunsch Englisch

**Allgemeines:**

Fortgeschrittenenpraktikum: Eine aktuelle Liste der zur Verfügung stehenden Versuche sowie allgemeine Informationen finden sich unter <https://fopra.physik.uni-saarland.de/>

**Anmeldung:**

Eine Anmeldung bei den Praktikumsleitern ist jeweils zu Semesterbeginn erforderlich (für das Fortgeschrittenenpraktikum unter <https://fopra.physik.uni-saarland.de/>)



Forschungsseminar					FS
Studiensem.	Regelstudiensem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS-Punkte
3	3	WS&SS	1 Semester	10	15

<b>Modulverantwortliche/r</b>	ProfessorInnen der Physik		
<b>Dozent/inn/en</b>	DozentInnen der Physik		
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>	Pflicht		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Erwerb von mindestens 52 CPs; erfolgreicher Abschluss der Module „Experimentalphysik V“ und „Theoretische Physik V“		
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>	Mündliche Präsentation von wissenschaftlichen Artikeln aus dem Themengebiet der Master-Arbeit		
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>	Seminar (2 SWS), max. Gruppengröße 15		
<b>Arbeitsaufwand</b>	Präsenzzeit		30 Stunden
	Vorbereitung des Vortrags, Literaturstudium		420 Stunden
			-----
	Summe		450 Stunden
<b>Modulnote</b>	keine		

---

#### Lernziele / Kompetenzen

- Befähigung zum eigenständigen wiss. Arbeiten in definiertem Rahmen.
- Planung und eigenständigen Durchführung von definierten Forschungsprojekten
- Erstellung von Projektdokumentationen, die die notwendigen Information zur Reproduktion der erzielten Ergebnisse enthalten

---

#### Inhalt

- Anleitung zur systematischen Literaturrecherche im Hinblick auf die Master-Arbeit
- Entwicklung einer Projektskizze und Ablaufplans des Masterprojekts unter Anleitung eines Dozenten der Physik
- Anleitung zur sachgerechten Dokumentation des Projektverlaufs

---

#### Weitere Informationen:

Unterrichtssprache: Deutsch, auf Wunsch Englisch

Laborprojekt					FS
Studiensem.	Regelstudiensem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS-Punkte
3	3	WS&SS	1 Semester	10	15

<b>Modulverantwortliche/r</b>	ProfessorInnen der Physik
<b>Dozent/inn/en</b>	DozentInnen der Physik
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>	Pflicht
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Erwerb von mindestens 52 CPs; erfolgreicher Abschluss der Module „Experimentalphysik V“ und „Theoretische Physik V“
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>	Anfertigen eines Abschlussberichts
<b>Lehrveranstaltungen / SWS Arbeitsaufwand</b>	Blockveranstaltung: 10 Wochen mit täglich ca 8. Stunden Bearbeitung der Fragestellung und Anfertigung des Berichts: 450 Stunden
<b>Modulnote</b>	keine

---

#### Lernziele / Kompetenzen

- Heranführung an die selbständige Durchführung von wissenschaftlichen Projekten
- Zur Anfertigung der Master-Arbeit erforderliche wissenschaftliche Methoden in praktischer Anwendung durchführen können.

---

#### Inhalt

- Einarbeitung in die Methodik der Master-Arbeit
- Vorbereitung auf die Bearbeitung der wissenschaftlichen Fragestellung der Master-Arbeit

---

#### Weitere Informationen:

**Unterrichtssprache:** Deutsch, auf Wunsch Englisch

Master-Arbeit					MA
Studiensem. <b>4</b>	Regelstudiensem. <b>4</b>	Turnus <b>WS &amp; SS</b>	Dauer <b>1 Semester</b>	SWS	ECTS-Punkte <b>30</b>

<b>Modulverantwortliche/r</b>	ProfessorInnen der Physik
<b>Dozent/inn/en</b>	DozentInnen der Physik
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>	Pflicht
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Gemäß Paragraph „Zulassung zur Master-Arbeit“ in der jeweils gültigen Fassung der Prüfungsordnung
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anfertigung Master-Arbeit</li> <li>• Wissenschaftlicher Vortrag und Kolloquium über den Inhalt der Masterarbeit</li> </ul>
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>	
<b>Arbeitsaufwand</b>	Planung und Durchführung des Forschungsprojekts, Dokumentation des Projektverlaufs und Anfertigung der Master-Arbeit in einem Zeitraum von 23 Wochen ----- Insgesamt
	900 Stunden
<b>Modulnote</b>	Aus der Beurteilung der Master-Arbeit

---

### Lernziele / Kompetenzen

- Befähigung zum eigenständigen wissenschaftlichen Arbeiten auf definierten Gebieten.
- Planung und eigenständigen Durchführung von Forschungsprojekten in definiertem Rahmen.
- Erstellung von Projektdokumentationen, die die notwendigen Informationen zur Reproduktion der erzielten Ergebnisse enthalten
- Schriftliche Präsentation von Forschungsergebnissen in wissenschaftlicher Sprache

---

### Inhalt

- Durchführung eines Projekts zu einer aktuellen Forschungsthematik in einer Arbeitsgruppe der Fachrichtungen der Physik unter Anleitung eines Hochschullehrers.
- Anfertigung der Master-Arbeit.

Theoretische Physik V – Fortgeschrittene Konzepte der Quantenphysik					TP V
Studiensem.	Regelstudiensem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS-Punkte
2	2	Jährlich (SS)	1 Semester	6	8

<b>Modulverantwortliche/r</b>	Santen
<b>Dozent/inn/en</b>	Hochschullehrer(innen) der Theoretischen Physik
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>	Pflicht
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>	Klausur oder mündliche PRüfung
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>	Vorlesung (4 SWS) Übung (2 SWS)
<b>Arbeitsaufwand</b>	60 h Präsenzzeit für die Vorlesung 30 h Präsenzzeit für die Übungen 150 h Selbststudium (Vor- und Nachbearbeitung, Bearbeitung von Übungen, Klausurvorbereitung) = insgesamt 240 h
<b>Modulnote</b>	Klausur oder mündliche Prüfung

#### Lernziele / Kompetenzen

- Erlernen der Methoden zur theoretischen Beschreibung und Analyse von quantenmechanischen Vielteilchensystemen
- Verständnis der wichtigsten physikalischen Phänomene in Systemen mit einer makroskopischen Anzahl wechselwirkender Teilchen
- Beherrschung der grundlegenden Konzepte von Quantenstatistik und relativistischer Quantenmechanik, sowie von Phasenübergängen und Nichtgleichgewichts-Physik
- Anschluss an die aktuelle Forschung in der theoretischen Physik

#### Inhalt

- Zweite Quantisierung: Bosonen, Fermionen und Feldoperatoren
- Streutheorie
- Feldquantisierung
- Relativistische Quantenmechanik: Klein-Gordon Gleichung, Dirac-Gleichung
- Fluktuationen und Response
- Grundlagen des Pfadintegralbegriffs
- Weiterführende Methoden der Anwendungen

#### Weitere Informationen

**Unterrichtssprache:** Deutsch, auf Wunsch Englisch

#### Literatur:

- C. Cohen-Tannoudji, B. Diu, F. Laloe, Quantenmechanik 2, de Gruyter, 1998
- F. Schwabl, Quantenmechanik für Fortgeschrittene, Springer, 2005
- F. Schwabl, Statistische Mechanik, Springer, 2006
- R.P. Feynman, Statistical Mechanics, Perseus Books, 1998
- Yu V. Nazarov, J. Danon: Advanced Quantum Mechanics, Cambridge University Press
- S. J. Sakurai, Advanced Quantum Mechanics, Addison-Wesley

Theoretische Physik Ve– Anwendungen der Quantenmechanik					TP Ve
Studiensem.	Regelstudiensem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS-Punkte
2	2	Jährlich (SS)	1 Semester	4	4

<b>Modulverantwortliche/r</b>	Santen
<b>Dozent/inn/en</b>	Hochschullehrer(innen) der Theoretischen Physik
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>	Pflicht
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>	Klausur oder mündliche Prüfung
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>	Die Studierende der Vertiefungsrichtung Experimentalphysik belegen die Veranstaltung Theoretische Physik V in den ersten 11 Wochen des Semesters. In diesem Zeitraum ist sie als Vorlesung mit 4 SWS und Übung mit 1 SWS organisiert. Die Übungen dienen dabei in erster Linie zur Vertiefung der Vorlesungsinhalte
<b>Arbeitsaufwand</b>	44 h Präsenzzeit für die Vorlesung 11 h Präsenzzeit für die Übungen 65 h Selbststudium (Vor- und Nachbearbeitung, Bearbeitung von Übungen, Klausurvorbereitung) = insgesamt 120 h
<b>Modulnote</b>	Klausur oder mündliche Prüfung

#### Lernziele / Kompetenzen

- Grundlegendes Verständnis der Methoden zur theoretischen Beschreibung und Analyse von quantenmechanischen Vielteilchensystemen
- Verständnis der wichtigsten physikalischen Phänomene in Systemen mit einer makroskopischen Anzahl wechselwirkender Teilchen
- Kenntnis der grundlegenden Konzepte von Quantenstatistik und relativistischer Quantenmechanik, sowie von Phasenübergängen und Nichtgleichgewichts-Physik
- Anschluss an die aktuelle Forschung in der theoretischen Physik

#### Inhalt

- Zweite Quantisierung: Bosonen, Fermionen und Feldoperatoren
- Streutheorie
- Feldquantisierung
- Relativistische Quantenmechanik: Klein-Gordon Gleichung, Dirac-Gleichung
- Fluktuationen und Response
- Grundlagen des Pfadintegralbegriffs

#### Weitere Informationen

**Unterrichtssprache:** Deutsch, auf Wunsch Englisch

#### Literatur:

- C. Cohen-Tannoudji, B. Diu, F. Laloe, Quantenmechanik 2, de Gruyter, 1998
- F. Schwabl, Quantenmechanik für Fortgeschrittene, Springer, 2005
- F. Schwabl, Statistische Mechanik, Springer, 2006
- R.P. Feynman, Statistical Mechanics, Perseus Books, 1998
- Yu V. Nazarov, J. Danon: Advanced Quantum Mechanics, Cambridge University Press
- S. J. Sakurai, Advanced Quantum Mechanics, Addison-Wesley

Physikalisches Praktikum für Fortgeschrittene IIb					FP IIb
Studiensem.	Regelstudiensem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS-Punkte
2	2	SS	1 Semester	2	4
<b>Modulverantwortliche/r</b>		Eschner			
<b>Dozent/inn/en</b>		1 Praktikumsleiter 1 studentischer Betreuer pro Praktikumsgruppe			
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>		Pflicht für Studierende mit der Vertiefung Experimentalphysik			
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>		Keine formalen Voraussetzungen.			
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Für jeden Versuch: Eingangsgespräch mit Versuchsleiter, Durchführung und Protokollierung der Versuche, Versuchsauswertung und Testat, Abschlussgespräch mit Versuchsleiter;</li> <li>Vortrag in einem Blockseminar am Ende des Praktikumssemesters</li> </ul>			
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>		Phys. Praktikum für Fortgeschrittene (Gruppengröße: 2)		2 SWS	
<b>Arbeitsaufwand</b>		Phys. Praktikum für Fortgeschrittene, Durchführung der Versuche		20 Stunden	
		Vorbereitung und Auswertung		70 Stunden	
		Blockseminar		5 Stunden	
		Vorbereitung eines Vortrags über einen durchgeführten Versuch		25 Stunden	
				Summe	120 Stunden
<b>Modulnote</b>		Benotet			

### Lernziele/Kompetenzen

- Vertiefung des Verständnisses ausgewählter physikalischer Konzepte und Theorien durch das Experiment.
- Erwerb von umfassenden Kenntnissen und Kompetenzen im Umgang mit modernen und anspruchsvollen experimentellen Techniken und Messmethoden.
- Arbeiten mit modernen Instrumenten und Erlernen der Anwendung moderner Instrumente und Messverfahren zur Durchführung verlässlicher Messungen sowie der Anwendung und Programmierung von PCs zur Steuerung und Datenerfassung.
- Qualifizierung zum Arbeiten mit wissenschaftlichen Apparaturen, wie sie auch in der aktuellen Forschung eingesetzt werden.

### Inhalt

- Durchführung von 2 Versuchen aus den Bereichen
  - Atom- und Molekülphysik
  - Festkörperphysik
  - Mikroskopiemethoden
  - Biophysik
  - Kernphysik
- Vortrag über einen der durchgeführten Versuche am Ende des Semesters im Rahmen eines Blockseminars

---

**Weitere Informationen**

**Unterrichtssprache:** Deutsch, auf Wunsch Englisch

**Allgemeines:**

Fortgeschrittenenpraktikum: Eine aktuelle Liste der zur Verfügung stehenden Versuche sowie allgemeine Informationen finden sich unter <https://fopra.physik.uni-saarland.de/>

**Anmeldung:**

Eine Anmeldung bei den Praktikumsleitern ist jeweils zu Semesterbeginn erforderlich (für das Fortgeschrittenenpraktikum unter <https://fopra.physik.uni-saarland.de/>)

Physikalische Wahlpflicht					PW
Studiensem. <b>1 und 2</b>	Regelstudiensem. <b>2</b>	Turnus <b>WS &amp; SS</b>	Dauer <b>2 Semester</b>	SWS <b>12</b>	ECTS-Punkte <b>15</b>

<b>Modulverantwortliche/r</b>	DozentInnen der Physik	
<b>Dozent/inn/en</b>	Hochschullehrer(innen) aus der Fachrichtung Physik	
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>	Physikalische Wahlpflicht	
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine formalen Voraussetzungen	
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>	Klausur oder mündliche Prüfung	
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>	3 Vorlesungen (je 3 SWS) mit Übungen (je 1SWS) aus den Wahlpflichtvorlesungen des Master-Studiengangs Physik	
<b>Arbeitsaufwand</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Präsenzzeit Vorlesungen 3x15 Wochen à 3 SWS</li> </ul>	135 Stunden
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Präsenzzeit Übung 3x15 Wochen à 1 SWS</li> </ul>	45 Stunden
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vor- und Nachbereitung Vorlesung, Bearbeitung der Übungsaufgaben, Klausur- oder Prüfungsvorbereitung</li> </ul>	270 Stunden
	----- Summe	450 Stunden
<b>Modulnote</b>	Wird ermittelt aus den Klausuren bzw. mündlichen Prüfungen. Es müssen mindestens fünf CP in benoteten Teilmodulen erworben werden. Sind mehr als fünf CP in den erfolgreich absolvierten Teilmodulen benotet, werden die fünf am besten bewerteten CP zur Berechnung der Modulnote herangezogen. Die Gesamtnote des Moduls errechnet sich aus den Ergebnissen der bestandenen Teilmodule.	

---

### Lernziele / Kompetenzen

- Übersicht über ein aktuelles Forschungsgebiet der Physik
- Aktuelle Forschungsmethodik des jeweiligen Teilgebiets im Wesentlichen verstehen und wiedergeben können

---

### Inhalt

Siehe Modulbeschreibungen für die einzelnen Vorlesungen

---

### Weitere Informationen

Es wird sichergestellt, dass in jedem Semester Wahlpflichtvorlesungen aus dem Bereich der experimentellen und theoretischen Physik angeboten werden.



Modul					Abk.
<b>Allgemeine Relativitätstheorie / Relativité générale</b>					<b>RG</b>
Studiensem.	Regelstudiensem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS-Punkte
1	2	WS	1 Semester	3	5

**Modulverantwortlicher** Henkel

**Dozent** Henkel

**Zuordnung zum Curriculum** Teilmodul zum Modul Physikalische Wahlpflicht (PWP)

**Zulassungsvoraussetzungen** Keine formale Voraussetzungen

**Leistungskontrollen / Prüfungen** mündliche Prüfung oder Klausur,  
Teilnahmevoraussetzung: **regelmäßige Teilnahme an den  
Übungen und regelmäßige Bearbeitung der Übungsaufgaben**

**Lehrveranstaltungen / SWS** Vorlesung 2 SWS  
Übungen 1 SWS

**Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit Vorlesungen 15 Wochen à 3 SWS 45 Stunden
- Präsenzzeit Übung 15 Wochen à 1 SWS 15 Stunden
- Vor- und Nachbereitung Vorlesung,  
Bearbeitung der Übungsaufgaben,  
Klausur- oder Prüfungsvorbereitung

90 Stunden  
-----  
Summe 150 Stunden

**Modulnote** Note aus der Klausur bzw. mündlichen Prüfung

### Lernziele/Kompetenzen

Einführung in Grundlagen, Konzepte und Rechentechniken der allgemeinen Relativitätstheorie, Verständnis der behandelten physikalischen Fragestellungen, Methoden und Ergebnisse.

### Inhalt

Konzeptuelle Grundlagen der allgemeinen Relativitätstheorie, allgemeine Kovarianz, Techniken der Tensorrechnung, experimentelle Prüfungen und Ausblick auf neue Forschungen.

### Weitere Informationen

Unterrichtssprache: german (if necessary, english is also possible, l'enseignant est particulièrement ouvert aux besoins des étudiants francophones)

Literaturhinweise: Lehrbücher der allgemeinen Relativitätstheorie.

Modul <b>Allgemeine Relativitätstheorie</b>					ART
Studiensem. <b>1-2</b>	Regelstudiensem. <b>2</b>	Turnus	Dauer <b>1 Semester</b>	SWS <b>3</b>	ECTS-Punkte <b>3</b>

<b>Modulverantwortliche/r</b>	Santen
<b>Dozent/inn/en</b>	Santen
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>	Physikalische Wahlpflicht
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine formalen Voraussetzungen  Inhaltliche Voraussetzungen: Grundlegende Kenntnisse in spezieller Relativitätstheorie
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>	Mündliche Prüfung
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b> [ggf. max. Gruppengröße]	Vorlesung: 2 SWS Präsenzübung: 1 SWS
<b>Arbeitsaufwand</b>	Präsenzzeit Vorlesungen: 15 Wochen a 2 SWS 30 Stunden Präsenzzeit Übungen: 15 Wochen a 1 SWS 15 Stunden Vor- und Nachbereitung der Vorlesung und der Computerpraktika, Klausur- oder Prüfungsvorbereitung 45 Stunden <hr style="width: 100px; margin-left: auto; margin-right: 0;"/> Summe 90 Stunden
<b>Modulnote</b>	Aus dem Ergebnis der mündlichen Prüfung

### Lernziele/Kompetenzen

Die Studierenden sollen:

- Nach erfolgreicher Teilnahme die physikalischen Prinzipien der allgemeinen Relativität verstehen.
- Den mathematischen Formalismus der allgemeinen Relativität anwenden können;
- Anwendungen der allgemeinen Relativitätstheorie kennenlernen.

### Inhalt

- Riemannsche Differentialgeometrie, metrische Beschreibung gekrümmter Räume
- Beschreibung der allgemeinen Relativität als geometrische Theorie der Gravitation
- Tensorielle Formulierung der allgemeinen Relativität
- Die Einsteinschen Feldgleichungen
- Gravitationswellen

Weitere Informationen

Unterrichtssprache: Englisch oder Deutsch

Literaturhinweise: Werden in der Vorlesung bekannt gegeben.

Modul <b>Computational Molecular Biophysics</b>					Abk.
Studiensem. 1./2.	Regelstudiensem. 2	Turnus	Dauer 1 Semester	SWS 4	ECTS-Punkte 5
<b>Modulverantwortliche/r</b>		Hub			
<b>Dozent/inn/en</b>		Hub			
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>		Physikalische Wahlpflicht			
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>		Keine formalen Voraussetzungen Inhaltliche Voraussetzungen: Grundlegende Kenntnisse in statistischer Physik, Quantenmechanik und Elektrostatik			
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>		Mündliche Prüfung			
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b> [ggf. max. Gruppengröße]		Vorlesung:		2 SWS	
		Computerpraktikum:		2 SWS	
<b>Arbeitsaufwand</b>		Präsenzzeit Vorlesungen: 15 Wochen a 2 SWS		30 Stunden	
		Präsenzzeit Computerpraktikum: 15 Wochen a 2 SWS		30 Stunden	
		Vor- und Nachbereitung der Vorlesung und der Computerpraktika, Klausur- oder Prüfungsvorbereitung		90 Stunden	
		Summe		----- 150 Stunden	
<b>Modulnote</b>		Aus dem Ergebnis der mündlichen Prüfung			

### Lernziele/Kompetenzen

Die Studierenden sollen:

- nach erfolgreicher Teilnahme die Methoden und Konzepte der computergestützten molekularen Biophysik verstehen;
- Verständnis entwickeln, wie physikalische Prinzipien, insbesondere die statistische Mechanik und die Quantenmechanik, die Funktion und Dynamik von Proteinen bestimmen;
- unter Anleitung computergestützte Simulationen durchführen und auswerten können und mit deren Hilfe die Funktion von Proteinen untersuchen können.

### Inhalt

- Struktur, Funktion und intramolekulare Wechselwirkungen von Proteinen
- Molekulardynamiksimulationen, ihre zugrundeliegenden Näherungen und effiziente Algorithmen, Integration der Bewegungsgleichungen
- Elektrostatik in Proteinen, Lösungsmittelleffekte, Protonierungsgleichgewicht
- Proteinstrukturbestimmung (Röntgenkristallographie und Kernspinresonanz)
- Monte-Carlo-Simulationen
- Kollektive Dynamik: Hauptkomponentenanalyse und Normalmodenverfahren
- Grundlagen der Bioinformatik: Sequenzalignment, Strukturvorhersage
- Freie-Energie-Rechnungen: Free energy perturbation, thermodynamic integration, Umbrella sampling
- Nichtgleichgewichtsthermodynamik: Jarzynski-Gleichung und Crooks-Theorem
- Ladungstransport in Proteinen
- Raten-Theorie: Eyring-Theorie, Smoluchowski-Gleichung, Kramers-Theorie
- Quantenchemie: Hartree-Fock-Methode und Dichtefunktionaltheorie
- Quantenmechanische/Molekularmechnische Simulationen (QM/MM)

Weitere Informationen

Unterrichtssprache: Englisch oder Deutsch

Literaturhinweise: Werden in der Vorlesung bekannt gegeben.

Computerphysik					CP
Studiensem.	Regelstudiensem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS-Punkte
1 oder 2	2		1 Semester	4	5

<b>Modulverantwortliche/r</b>	Rieger
<b>Dozent/inn/en</b>	Rieger, Santen
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>	Physikalische Wahlpflicht
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine formalen Voraussetzungen.
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>	Mündliche Prüfung oder Klausur Teilnahmevoraussetzung: Bearbeitung der Übungsaufgaben.
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesung (3 SWS)</li> <li>• Übung (1 SWS)</li> </ul>
<b>Arbeitsaufwand</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Präsenzzeit Vorlesungen 15 Wochen à 3 SWS <span style="float: right;">45 Stunden</span></li> <li>• Präsenzzeit Übung 15 Wochen à 1 SWS <span style="float: right;">15 Stunden</span></li> <li>• Vor- und Nachbereitung Vorlesung, Bearbeitung der Übungsaufgaben, Klausur- oder Prüfungsvorbereitung <span style="float: right;">90 Stunden</span></li> </ul> <p>-----</p> <p style="text-align: right;">Summe <span style="float: right;">150 Stunden</span></p>
<b>Modulnote</b>	Note aus der Klausur bzw. mündlichen Prüfung

#### Lernziele/Kompetenzen:

- Überblick über die grundlegenden Konzepte und modernen Methoden und Algorithmen der Computerphysik, Kenntnis der wichtigsten algorithmischen Prinzipien
- Erlangung der technischen Kompetenz zur Computer-gestützten Analyse theoretischer Modelle von komplexen physikalischen Problemen
- Kompetenz zur kritischen Beurteilung von numerischen Methoden und Algorithmen
- Herstellen des Zusammenhangs zwischen theoretischen Begriffen und Resultaten von Computersimulationen
- Erlernung des routinierten Einsatzes von Computern in der theoretisch-physikalischen Forschung
- Management naturwissenschaftlicher Programm-Entwicklung: Programmierung, Debugging & Testing, Optimierung, Datengenerierung und -analyse

#### Inhalt

- Numerische Integration von Differentialgleichungen
- Molekulardynamik-Simulationen
- Zufallszahlen und stochastische Prozesse
- Monte-Carlo Simulationen / Cluster-Algorithmen
- Pfadintegral- bzw. Quanten-Monte-Carlo-Simulationen
- Integration der Schrödinger-Gleichung / ab-initio Rechnungen
- Dichte-Funktional-Theorie
- Exakte Diagonalisierung von Vielteilchen-Hamiltonians
- Dichte-Matrix-Renormierungsgruppe
- Kombinatorische Optimierung

---

Weitere Informationen

Literaturhinweise:

- J.M. Thijsen, Computational Physics, Cambridge University Press (1999), Cambridge (UK)
- H.G. Evertz, The loop algorithm, Adv. Phys. 52 (2003) 1, cond-mat/9707221
- S.R. White, Strongly correlated electron systems and the density matrix renormalization group, Phys. Rep. 301, (1998) 187
- D. Frenkel und B. Smit, *Understanding Molecular Simulation*, Academic Press
- W. Krauth, Statistical Mechanics: Algorithms and Computations, Oxford Master Series in Statistical, Computational, and Theoretical Physics

Modul <b>Einführung in experimentelle Methoden der Bio- und Oberflächenphysik</b>					Abk. <b>EMBO</b>
Studiensem. <b>1 oder 2</b>	Regelstudiensem. <b>2</b>	Turnus	Dauer <b>2 Semester</b>	SWS <b>4</b>	ECTS-Punkte <b>5 (oder 2x 2,5)</b>

<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr. Karin Jacobs	
<b>Dozent/inn/en</b>	Prof. Dr. Karin Jacobs Dr. Frank Müller	
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>	Teilmodul zum Modul Physikalische Wahlpflicht (PWP)	
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	keine formalen Voraussetzungen	
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>	Mündliche oder schriftliche Prüfung als Gesamt- oder Teilprüfung, Seminarvorträge zu ausgewählten Themen	
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>	2 SWS im SS (Teil 1, 15 Wochen, nach Vereinbarung auch en bloc) 2 SWS im WS (Teil 2, 15 Wochen, nach Vereinbarung auch en bloc)	
<b>Arbeitsaufwand</b>	Präsenzzeit: (2 SWS x 30 Wochen)	60 h
	Vor- und Nachbereitung der Vorlesung (1 h / Woche x 30 Wochen)	30 h
	Vorbereitung des Seminarvortrags inkl. Literaturarbeit	30 h
	Prüfungsvorbereitung	30 h
	<hr/> Gesamtzeit:	150 h
<b>Modulnote</b>	Prüfungsnote aus schriftlicher oder mündlicher Prüfung	

---

### Lernziele/Kompetenzen

- Überblick über die grundlegenden experimentellen Methoden und Konzepte der kondensierten Materie (Schwerpunkt weiche Materie, Bio- und Oberflächenphysik)
- Kenntnis der Funktionsweise ausgewählter Methoden, deren Vor- und Nachteile und deren Grenzen
- Fähigkeit, sich mit neuen experimentellen Techniken vertraut zu machen und die Einsatzmöglichkeiten einzuschätzen sowie im Zusammenspiel komplementärer Methoden ein Gesamtbild zu erhalten
- Fähigkeit, für eine physikalische Fragestellung gezielt mögliche experimentelle Techniken vorzuschlagen
- Selbständiges Erarbeiten eines eng umgrenzten Themengebiets anhand aktueller Literatur
- Einüben von Präsentationstechniken

---

### Inhalt

#### Teil 1 (SS): Experimentelle Methoden der Physik weicher Materie/Biophysik

- Charakterisierung und Beschreibung von Oberflächen ohne kristalline Ordnung
- Einführung in die Probenvorbereitung zum Experimentieren in Umgebungsbedingungen
- Präparative Techniken zur Oberflächenbehandlung (z.B. Silanisierung, Thiolisierung, Mikrokontaktdruck ( $\mu$ CP), Plasmaätzen, Plasmapolymersation)
- Experimentelle Methoden der Oberflächencharakterisierung (speziell: Rasterkraftmikroskopie (AFM) in verschiedenen Modi: Kontakt- oder Tapping-Modus; AFM-Verfahren zur Bestimmung von Elastizität, Adhäsion und Reibung; Ellipsometrie, Plasmonenresonanzspektroskopie,

---

Kontaktwinkelmessungen, Fluoreszenzmikroskopie und weitere optische Verfahren)

- Viele der vorgestellten Methoden werden am Beispiel von Polymerfilmen oder Biofilmen (Proteine, Bakterien) eingeführt und können im Labor besichtigt und sogar ausprobiert werden.

### **Teil 2 (WS): Experimentelle Methoden der Physik der Oberflächenphysik/Festkörperphysik**

- Charakterisierung und Beschreibung von Oberflächen
  - Einführung in die Vakuumtechnologie (Vakuumerzeugung, Druckmessung)
  - Präparative Techniken zur Oberflächenbehandlung (CVD, PVD, Ionenstrahlätzen)
  - Experimentelle Methoden der Oberflächencharakterisierung, wie ortsabbildende Methoden (STM, SEM), Streumethoden (z.B. LEED, XPD, XRD), spektroskopische Methoden (z.B. XPS, UPS, EELS).
- Viele der vorgestellten Methoden werden am Beispiel des Graphens oder an Materialien vertieft werden, die für technische Zwecke - auch in der Biophysik - Verwendung finden.

---

Unterrichtssprache: Deutsch oder Englisch

Literaturhinweise:

Teil 1:

- B. Bushan "Handbook of Nanotechnology", Springer, ISBN 3-540-01218-4
- I. N. Serdyuk "Methods in Molecular Biophysics", Cambridge, ISBN 0-521-81524-X
- I.W. Hamley "Introduction to Soft Matter", Wiley & Sons, ISBN 978-0-47051610-2
- R.A.L. Jones "Introduction to the Physics of Soft Matter", Oxford University Press, ISBN 978-0-19850589-1

Teil 2:

- Ertl/Küppers „Low energy electrons and Surface Chemistry“, VCH Weinheim, ISBN 3-527-26056-0
  - Henzler/Göpel „Oberflächenphysik des Festkörpers“, Teubner, ISBN 3-519-13047-5
  - Ashcroft/Mermin „Festkörperphysik“, Oldenbourg Wissenschaftsverlag, ISBN 978-3-486-58273-4
  - Kopitzki „Einführung in die Festkörperphysik“, Teubner, ISBN 3-519-43083-5
-

Modul					Abk.
<b>Einführung in die konforme Invarianz</b>					
Studiensem. 1	Regelstudiensem. 2	Turnus WS	Dauer 1 Sem	SWS 2	ECTS-Punkte 2
<b>Modulverantwortliche/r</b>		Prof. Dr. Malte HENKEL			
<b>Dozent/inn/en</b>		Prof. Dr. Malte HENKEL (UHP Nancy I)			
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>		Physikalische Wahlpflicht in Physik / Promotionsstudium			
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>		Keine formale Voraussetzungen. Empfohlen werden: Kenntnisse in Statistischer Mechanik und Phasenübergängen 2. Art			
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>		Klausur			
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>		2			
<b>Arbeitsaufwand</b>		Präsenzzeit Vorlesungen 15 Wochen a 2 SWS = 30 Stunden Vor- und Nachbereitung Vorlesung, 30 Stunden Prüfungsvorbereitung 30 Stunden Summe 60 Stunden			
<b>Modulnote</b>		Aus der Klausurnote			

### Lernziele/Kompetenzen

Einführung in die Ziele und Methoden der konformen Invarianz und ihre Anwendung in der physikalischen Forschung

### Inhalt

In vielen Vielkörpersystemen treten starke kollektive Effekte auf, an denen sehr viele Freiheitsgrade beteiligt sind. Phasenübergänge stellen dazu das klassische Beispiel dar und sind in zahlreichen und physikalisch sehr unterschiedlichen Situationen realisiert. Es hat sich herausgestellt, daß in solchen Fällen nicht nur eine natürliche Skaleninvarianz auftritt, sondern für hinreichend kurzreichweitige Wechselwirkungen sogar eine Erweiterung hin auf konforme Transformation erreicht werden kann.

Diese Vorlesung wendet sich an Studenten und Doktoranden, die bereits über etwas Erfahrung mit Méthoden und Ergebnissen der statistischen Mechanik verfügen. Ausgehend von einer phänomenologischen Beschreibung eines klassischen Phasenübergangs durch seine kritischen Exponenten wird gezeigt, unter welchen Bedingungen eine Erweiterung der Skaleninvarianz auf eine konforme Invarianz möglich ist. Da die konforme Gruppe im Falle zweier Raumdimensionen (physikalisch in Systemen reduzierter Dimension realisiert) besonders reichhaltig ist, werden wir vor allem auf diesen Fall eingehen. Geplant ist eine systematische Einführung in die grundlegenden Méthoden und Ergebnisse der zweidimensionalen konformen Invarianz, die es einem Hörer ohne Vorkenntnisse in der Quantenfeldtheorie ermöglichen soll, diese Méthoden auf Probleme in der Festkörperphysik oder der kondensierten Matérie anzuwenden.

Auf Wunsch kann die Vorlesung in englischer oder französischer Sprache gehalten werden.

Si souhaité, ce cours pourra être donné en français.

If so desired, this course could also be held in the langue de Shakespeare.

Weitere Informationen

Unterrichtssprache: deutsch (frz oder engl. auf Wunsch)

Literaturhinweise:

P. di Francesco, P. Mathieu et D. Sénéchal, *Conformal field theory*, Springer (Heidelberg)

M. Henkel, *Conformal invariance and critical phenomena*, Springer (Heidelberg)



Modul <b>Einführung in die Kosmologie</b>					Abk.
Studiensem. <b>5 (Ba), 1 (Ma)</b>	Regelstudiensem. <b>6 (Ba), 1 (Ma)</b>	Turnus <b>WS</b>	Dauer <b>1 Sem.</b>	SWS <b>4</b>	ECTS-Punkte <b>5</b>

**Modulverantwortliche/r**

Prof. Dr. Malte HENKEL

**Dozent/inn/en**

Prof. Dr. Malte HENKEL (UHP Nancy I)

**Zuordnung zum Curriculum**

Physikalische Wahlpflicht in Physik

**Zulassungsvoraussetzungen**

Keine formale Voraussetzungen.  
Empfohlen wird: Grundkenntnisse der Physik (erste 2 Jahre)  
(*Kenntnisse der allgemeinen Relativitätstheorie werden nicht vorausgesetzt*)

**Leistungskontrollen / Prüfungen**

Klausur

**Lehrveranstaltungen / SWS**

3+1

**Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit Vorlesungen 15 Wochen à 3 SWS 45 Stunden
- Präsenzzeit Übung 15 Wochen à 1 SWS 15 Stunden
- Vor- und Nachbereitung Vorlesung,  
Bearbeitung der Übungsaufgaben,  
Klausur- oder Prüfungsvorbereitung

90 Stunden

-----  
Summe 150 Stunden

**Modulnote**

Note aus der Klausur

---

### Lernziele/Kompetenzen

Erwerb von Grundkenntnissen in der allgemeinen Astrophysik, der extragalaktischen Astronomie und der Kosmologie

---

### Inhalt

Wie lässt sich die globale Struktur unseres Universums verstehen? Welche physikalischen Grundlagen werden dafür benötigt, auf welchen Erfahrungen und Beobachtungen kann man dafür aufbauen? Die Vorlesung wendet sich an ein Publikum ohne spezielle Vorkenntnisse in der Astrophysik oder der Relativitätstheorie, vielmehr sollen die nötigen Grundkenntnisse im Rahmen dieser Vorlesung erst erarbeitet werden.

Wir werden daher mit einem kurzen Überblick über Methoden der astronomischen Entfernungsbestimmung beginnen und anschließend den Aufbau der Milchstraße als Grundbeispiel für die Struktur einer Galaxis besprechen. Dies führt bereits zu Fragen über Dunkle Materie, die im späteren Verlauf der Vorlesung wiederholt aufgegriffen werden. Danach, ausgehend von den grundlegenden Entdeckungen von Hubble und der kosmischen Hintergrundstrahlung von Penzias & Wilson, werden wir allgemeine kosmologische Modelle besprechen und die wesentlichen Parameter, einschließlich der kosmologischen Konstante einführen, die für eine vollständige Beschreibung notwendig sind. Die physikalische Grundlage solcher Weltmodelle ist natürlich die allgemeine Relativitätstheorie, und einige einfache kosmologische Modelle sollen durchgerechnet werden. Viele Vorhersagen solcher Modelle lassen sich heute mit neuen und präzisen Beobachtungen vergleichen. Zum Schluss der Vorlesung soll ein Ausblick auf den gegenwärtigen Stand der Forschung versucht werden.

---

Weitere Informationen

Unterrichtssprache: deutsch (frz oder engl. auf Wunsch)

Literaturhinweise: P. Schneider, *Einführung in die extragalaktische Astronomie und Kosmologie*, Springer (Heidelberg).

---

Einführung in die Physik weicher kondensierter Materie					WKM
Studiensem.	Regelstudiensem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS-Punkte
1 oder 2	2		1 Semester	4	5
<b>Modulverantwortliche/r Dozent/inn/en</b>		Jacobs, Seemann Dozent/inn/en der Experimentalphysik			
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>		Physikalische Wahlpflicht			
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>		Keine formalen Voraussetzungen  Inhaltliche Voraussetzungen: grundlegende Kenntnisse in Experimentalphysik und theoretischer Physik			
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>		Klausur oder mündliche Prüfung			
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>		Vorlesung: 3 SWS Seminar: 1 SWS			
<b>Arbeitsaufwand</b>		Präsenzzeit: (4 SWS x 15 Wochen) 60 h Vor- und Nachbereitung: Vorlesung: (2 h / Woche x 15 Wochen) 30 h Seminar: (4 h / Woche x 15 Wochen) 60 h (beinhaltet Vorbereitung Seminarvortrag und Verfassen der schriftlichen Version) Gesamtzeit: 150 h			
<b>Modulnote</b>		Prüfungsnote aus Klausur oder mündlicher Prüfung			

---

### Lernziele / Kompetenzen

- Überblick über die grundlegenden Konzepte der weichen, kondensierten Materie
- Kenntnis von Schlüsselexperimenten und experimentellen Techniken/Messmethoden (Rasterkraftmikroskopie, Ellipsometrie, Streumethoden etc.)
- Fähigkeit, eine experimentelle Situation im Gebiet der weichen Materie einzuschätzen und mögliche Untersuchungsmethoden vorzuschlagen
- Selbständiges Erarbeiten eines eng umgrenzten Themengebiets anhand aktueller Literatur
- Einüben von Präsentationstechniken

---

### Inhalt

- Einführung in die vorherrschenden Wechselwirkungen: intermolekulare (van der Waals-, Coulomb-) Kräfte, kurzreichweitige Kräfte
  - Beispiele aus Experiment, Theorie und Simulation (z.B. Polymere, Mizellen, Membranen, dünne Filme, Schäume),
  - Theoretische Modelle zur Beschreibung von Kettenmolekülen, Kolloiden, Schäume und Vergleich mit experimentellen Resultaten
  - Überblick über experimentelle Techniken und deren Anwendbarkeit
  - ausgewählte Probleme aus der aktuellen Forschung: z.B. Adsorption, Adhäsion, Instabilitäten, mikrofluidische Systeme
-

---

### Weitere Informationen

Unterrichtssprache: Deutsch

Literaturhinweise:

- I.W. Hamley "Introduction to soft matter", Wiley & Sons, ISBN 978-0-47051610-2
- R.A.L. Jones "Introduction to the physics of soft matter", Oxford University Press, ISBN 978-0-19850589-1
- J. Israelachvili "Intermolecular forces", Academic Press, ISBN-978-0-12375181-2
- P.-G. de Gennes, F. Brochard-Wyart, D. Queré „Capillarity and Wetting Phenomena: Drops, Bubbles, Pearls, Waves“, Springer, ISBN 978-0-38700592-8
- G. Gompper, M. Schick (Herausgeber) "Soft Matter" (Bände 1 – 4), Wiley-VCH,  
Bd 1: ISBN 978-3-52730500-1  
Bd 2: ISBN 978-3-52731369-3  
Bd 3: ISBN 978-3-52731370-9  
Bd 4: ISBN 978-3-52731502-4
- M. Daoud, C.Q. Williams (Herausgeber) "Soft Matter Physics", Springer, ISBN 978-3-54064852-9
- M. Kleman, O.D. Lavrentovich "Soft Matter Physics – an Introduction", Springer, ISBN 978-0-38795267-3
- D.F. Evans, H. Wennerström "The Colloidal Domain: Where Physics, Chemistry, Biology and Technics Meet", Wiley-VCH, ISBN 978-0-47124247-5
- P. Tabeling "Introduction to Microfluidics", Oxford University Press, ISBN 978-0-19856864-3
- J.-L. Barrat, J.-P. Hansen "Basic Concepts for Simple and Complex Liquids", Cambridge University Press, ISBN 978-0-52178953-0
- N.-T. Nguyen, S.T. Wereley "Fundamentals and Applications of Microfluidics", Artech House Publishers, ISBN 978-1-58053972-2
- H. Bruus, "Theoretical Microfluidics", Oxford University Press, ISBN 978-0-19923509-4

Modul <b>Einführung in die Quanteninformationsverarbeitung</b>					Abk. <b>QIV</b>
Studiensem. <b>1. oder 2.</b>	Regelstudiensem. <b>2</b>	Turnus	Dauer <b>1 Sem</b>	SWS <b>4</b>	ECTS-Punkte <b>5</b>

<b>Modulverantwortliche/r</b>	<b>Wilhelm-Mauch</b>
<b>Dozent/inn/en</b>	Wilhelm-Mauch, Morigi
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>	Teilmodul zum Modul Physikalische Wahlpflicht (PWP)
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine formalen Voraussetzungen
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>	Mündliche Prüfung oder Klausur Teilnahmevoraussetzung: Bearbeitung der Übungsaufgaben.
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>	3 SWS Vorlesungen, 1 SWS Übung
<b>Arbeitsaufwand</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Präsenzzeit Vorlesungen 15 Wochen à 3 SWS <span style="float: right;">45 Stunden</span></li> <li>Präsenzzeit Übung 15 Wochen à 1 SWS <span style="float: right;">15 Stunden</span></li> <li>• Vor- und Nachbereitung Vorlesung, Bearbeitung der Übungsaufgaben, Klausur- oder Prüfungsvorbereitung <span style="float: right;">90 Stunden</span></li> </ul> <hr style="width: 10%; margin-left: auto; margin-right: 0;"/> <p style="text-align: right;">Summe <span style="float: right;">150 Stunden</span></p>
<b>Modulnote</b>	Mittelwert der Noten aus den Klausuren bzw. mündlichen Prüfungen

---

**Lernziele/Kompetenzen**  
 Verständnis wichtiger Quantenalgorithmien und –protokolle  
 Fähigkeit zur Analyse und Beschreibung der Dynamik offener Quantensysteme sowie der zugehörigen Fehlerkorrektur  
 Fähigkeit zur Analyse von Kandidaten zur physikalischen Realisierung von Quantencomputern  
 Fähigkeit zum Verständnis von Originalliteratur in diesem Gebiet

---

**Inhalt**  
 Struktur der Quantentheorie unter Informationsgesichtspunkten, Verschränkung, gemischte Zustände  
 Elementare quantenmechanische Logikgatter und Algorithmen  
 Quantenteleportation und Quantenkommunikation  
 Offene Quantensysteme, Quantenkanäle, Theorie der Quantenfehlerkorrektur  
 Elementare Theorie der Quantenmessung  
 Ausgewählte Kandidaten für die physikalische Realisierung von Quantencomputern

---

---

Weitere Informationen : Kann nach Absprache mit Dozent(in) auch von MuN Studierenden belegt werden, die mindestens TP III oder vergleichbar bestanden haben.

Unterrichtssprache: deutsch oder englisch

Literaturhinweise:

J. Stolze, D. Suter: Quantum Computing

P. Kaye, R. Laflamme, M. Mosca: An Introduction to Quantum Computing

G. Benentii, G. Casati, G. Strini: Principles of Quantum Computation and Information (Vol. I+II)

M. Nielsen, I. Chuang: Quantum Computation and Quantum Information

M. Nakahara, T. Ohmi: Quantum Computing from Linear Algebra to Physical Realizations

N.D. Mermin: Quantum Computer Science: An Introduction

Modul					Abk.
<b>Elektronenmikroskopie</b>					
Studiensem. <b>1 o. 2</b>	Regelstudiensem. <b>2</b>	Turnus <b>WS</b>	Dauer <b>1 Semester</b>	SWS <b>4</b>	ECTS-Punkte <b>5</b>
<b>Modulverantwortliche/r</b>		de Jonge			
<b>Dozent/inn/en</b>		de Jonge			
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>		Physikalische Wahlpflicht			
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>		Keine formalen Voraussetzungen. Inhaltliche Voraussetzungen: grundlegende Kenntnisse in Optik und Experimentalphysik			
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>		Klausur			
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>		Vorlesung (3 SWS) - Praktikum (1 SWS)			
<b>Arbeitsaufwand</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Präsenzzeit: 4 SWS x 10 Wo. = 40 h</li> <li>- Vor- und Nachbereitung (V): 3 h/Wo x 8 Wo. 24 h</li> <li>- Praktikum: 4 SWS x 4 Wo. = 16 h</li> <li>- Klausur: 2 h</li> <li>- Praktikum Protokoll: 3 h/Wo x 6 Wo. = 18 h</li> <li>- Vorbereitung Klausur: <u>50 h</u></li> <li><b>Summe</b> 150 h</li> </ul>			
<b>Modulnote</b>		Aus der Klausurnote und Praktikumsprotokoll			

### Lernziele/Kompetenzen

Physikalisches Verständnis der Funktionsweise der verschiedenen Arten von hochauflösende Mikroskopie, von Lichtmikroskopie bis hin zur Elektronenmikroskopie. Dies beinhaltet ebenfalls die Interaktion zwischen Licht/Elektronenstrahl und Material, Wissen von 1) Bildaufbau, 2) verschiedenen Kontrastverfahren, 3) Beugung, 4) Elementanalyse, 5) der Komponenten der verschiedenen Mikroskope (Phasenkontrast-, Fluoreszenz-, Konfokal-, Superresolution- und Elektronenmikroskop), sowohl Kenntnisse über die wesentlichen Anwendungsbereiche der verschiedenen Mikroskopieformen. Selbstständiges Bedienen eines Phasenkontrast-, Fluoreszenz-, Rasterelektronen- und eines Transmissionselektronenmikroskops.

### Inhalt

Dieses Wahlpflichtfach gibt eine Einleitung in die moderne hochaufgelöste Mikroskopie. Es behandelt jeweils zwei Themengebieten: der Lichtmikroskopie und der Elektronenmikroskopie.

Einführung in die Grundlagen der Lichtmikroskopie (Bildentstehung, Linsenfehler, Kontrastverbesserung, Auflösungskriterien). Speziell wird dann auf Aufbau und Verfahrensweise von Phasenkontrast-, Fluoreszenz-, Konfokal- und Superresolutionstechniken eingegangen. Einige diese Techniken werden im Praktikum selbstständig erprobt und kleine Experimente damit ausgeführt.

Einführung in die Grundlagen der Elektronenmikroskopie mit Themen wie Elektronenstreuung, Beugung, Kontrast bzw. Auflösung, Arten der Elektronenmikroskopie, Komponenten eines Elektronenmikroskops, Anwendungen in der modernen Wissenschaft usw. Im Praktikum angeboten lernt jeder Student(in), selbstständig sowohl ein Rasterelektronenmikroskop als auch ein Transmissionselektronenmikroskop zu bedienen und damit Experimente durchzuführen

### Weitere Informationen

Unterrichtssprache: Englisch

### Literaturhinweise:

J.B. Pawley, Handbook of biological confocal microscopy, 2<sup>nd</sup> Edition, 1995.

D.B. Williams, C.B. Carter, Transmission electron microscopy, 2<sup>nd</sup> Edition, Springer 2009.

Experimentelle und Statistische Biologische Physik					ESBP
Studiensem. 1	Regelstudiensem. 2	Turnus	Dauer 1 Semester	SWS 4	ECTS-Punkte 5
<b>Modulverantwortliche/r</b>		Ott			
<b>Dozent/inn/en</b>		Ott			
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>		Physikalische Wahlpflicht			
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>		Keine formale Voraussetzungen			
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>		Klausur (Ende der Vorlesungszeit) Oder mündliche Prüfung Eine Nachklausur/Prüfung findet zu Vorlesungsbeginn des Folgesemesters statt. Prüfungsvorleistung: Bearbeitung der Übungs/Seminaraufgaben			
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>		Vorlesung: 3 SWS Übung/Seminar: 1 SWS			
<b>Arbeitsaufwand</b>		Präsenzzeit: 60 h Vor- und Nachbereitung: 90 h Gesamtzeit: 150 h			
<b>Modulnote</b>		Note aus Klausur oder mündlicher Prüfung			

---

### Lernziele / Kompetenzen

Überblick über die Anwendung von Methoden der experimentellen und statistischen Physik auf ausgewählte, biologische Systeme.  
Beschreibung der wesentlichen, gegenwärtigen, experimentellen und statistischen, physikalischen Techniken und ihre Anwendungsmöglichkeiten im technisch-wissenschaftlichen Kontext erkennen.  
Überblick über die wesentlichen, aktuellen Fragestellungen der gegenwärtigen Forschung auf dem Gebiet der biologischen Physik.  
Fähigkeit, geeignete Gebiete der Lebenswissenschaften, auf denen neue, physikalische Ansätze zu biologischen Fragestellungen möglich sind, zu erkennen.

---

### Inhalt

- Experimentelle Methoden der biologischen Physik
- Intermolekulare Kräfte
- Biologische Transportvorgänge
- Physikalische Aspekte der Zellmechanik und des Zytoskeletts
- Nicht-Gaussche Verteilungen in der Biologie
- Evolution
- Musterbildung in der Biologie
- Genetische Schaltkreise in vivo und in vitro
- Massiv parallele Messungen - Mikrochips
- Molekulare Netzwerke

---

### Weitere Informationen

Unterrichtssprache: Deutsch

Literaturhinweise:

- Alberts "Molecular biology of the Cell", Taylor and Francis (neueste Auflage wenn möglich)
- Lodish "Molecular Cell Biology" Freeman (neueste Auflage wenn möglich).
- Murray „Mathematical Biology“, Springer, 3. Auflage 2007
- T. Vicsek „Fluctuations and Scaling in Biology“, Oxford Univ. Press, 1. Auflage 2001
- Originalliteratur aus Zeitschriften - wird jeweils n der Vorlesung bekannt gegeben

<b>Kapillarität und Benetzungsphänomene</b>					Abk.
Von tropfenden Wasserhähnen, instabilen Polymerfilmen bis zur Ölförderung					
Studiensem. <b>1 oder 2</b>	Regelstudiensem. <b>2</b>	Turnus	Dauer <b>1 Semester</b>	SWS <b>4</b>	ECTS-Punkte <b>5</b>
<b>Modulverantwortliche/r</b>		Seemann			
<b>Dozent/inn/en</b>		Seemann			
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>		Physikalische Wahlpflicht			
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>		Keine formalen Voraussetzungen. Inhaltliche Voraussetzungen: grundlegende Kenntnisse in Mechanik (typischerweise erworben in Modulen EPI und EP II und TP Ib und TP II)			
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>		Erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben bzw. Seminarvortrag; abschließend mündl. Prüfung			
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>		Vorlesung (3 SWS) Übung/Seminar zur Vorlesung (1 SWS)			
<b>Arbeitsaufwand</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Präsenzzeit Vorlesungen 15 Wochen à 3 SWS <span style="float: right;">45 Stunden</span></li> <li>• Präsenzzeit Übung 15 Wochen à 1 SWS <span style="float: right;">15 Stunden</span></li> <li>• Vor- und Nachbereitung Vorlesung, Bearbeitung der Übungsaufgaben, Klausur- oder Prüfungsvorbereitung <span style="float: right;">90 Stunden</span></li> <li>-----</li> <li>Summe <span style="float: right;">150 Stunden</span></li> </ul>			
<b>Modulnote</b>		Aus dem Ergebnis der mündlichen Prüfung			

### Lernziele/Kompetenzen

- Überblick über aktuelle Forschungsfragen und Anwendungen zu Kapillarität, Be- und Entnetzung
- Kenntnis der typischen experimentellen Mess- und Charakterisierungsmethoden
- Überblick über lang- und kurzreichweitige Benetzungskräfte, ihre Beschreibung im Rahmen des „effektiven Grenzflächenpotentials“ und ihren Einfluss auf die Symmetriebrechung bei der Entnetzung
- Effekte an der Dreiphasenkontaktlinie
- Kontinuumsmechanische Beschreibung der Hydrodynamik von Grenzflächen
- Kenntnis der Benetzung spezieller (topographisch oder chemisch strukturierter) Oberflächen
- Überblick über Anwendungen der Kapillarität im Rahmen der feuchten granularen Materie und benetzungsabhängige getriebene Flüssigkeitsfronten in porösen Medien.

### Inhalt

- Grundlagen der Kapillarität
- Experimentelle Methoden Kontaktwinkel- und Oberflächenspannungsmessung, Dünnschichtmessung, Kraftmikroskopie und Röntgentomographie
- Effekte an der Dreiphasenkontaktlinie
- Entnetzung, treibende Kräfte für die Entnetzung
- Marangoni-Effekt (Eine neue Perspektive beim Trinken von Rotwein)
- Kontinuumsbeschreibung der langreichweitigen Benetzungskräfte und spinodale Entnetzung
- Hydrodynamik von Grenzflächen wie Rayleigh-Plateau Instabilität und Lucas-Washburn Gesetz
- Benetzung chemisch und topographisch strukturierter Oberflächen (z.B. Wenzel Modell, Cassie-Baxter Modell, Kantenbenetzung, superhydrophobe Oberflächen (Lotus-Effekt))
- Benetzung räumlicher Kugelschüttungen (wie „klebt“ Wasser eine Sandburg zusammen)
- Quasi statische Beschreibung einer Flüssigkeitsfront, die in ein poröses Medium eindringt (Prozesse die bei Ölförderung auf der Längenskala einzelner Poren ablaufen)



---

Weitere Informationen

Unterrichtssprache: Deutsch, auf Wunsch auch Englisch

Literaturhinweise:

Die Veranstaltung wird den Grundzügen des Lehrbuchs „Capillarity and Wetting Phenomena - Drops, Bubbles, Pearls, Waves“ von Pierre-Gilles de Gennes, Francois Brochard-Wyart und David Quéré folgen. In einzelnen Themenbereichen wird es ergänzt durch aktuelle Bücher und Journalartikel wie

- S. Herminghaus, “Wet Granular Matter – A Truly Complex Fluid” World Scientific, Series in Soft Condensed Matter Vol. 6
- O. K. C. Tsui, T. P. Russell “Polymer Thin Films” World Scientific, Series in Soft Condensed Matter Vol. 1
- J. Israelachvili “Intermolecular And Surface Forces” Academic Press
- E. Y. Bormashenko “Wetting of real Surfaces” De Gruyter
- D. Myers “Surfaces, Interfaces and Colloids – Principles and Applications” Wiley-VCH

Materie in elektromagnetischen Feldern					MF
Studiensem. 1 oder 2	Regelstudiensem. 2	Turnus	Dauer 1 Semester	SWS 4	ECTS-Punkte 5

<b>Modulverantwortliche/r</b>	Pelster
<b>Dozent/inn/en</b>	Pelster
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>	Physikalische Wahlpflicht
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine formalen Voraussetzungen
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>	Klausur oder mündliche Prüfung Prüfungsvorleistungen: Seminarvortrag mit schriftl. Ausarbeitung
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>	- Vorlesung (3 SWS) - Seminar (1 SWS)
<b>Arbeitsaufwand</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Präsenzzeit 15 Wochen à 4 SWS <span style="float: right;">60 Stunden</span></li> <li>• Vor- und Nachbereitung der Vorlesung, Vorbereitung des Seminarvortrags inkl. Abfassen einer schriftl. Version sowie Prüfungsvorbereitung <span style="float: right;">90 Stunden</span></li> </ul> <hr style="width: 20%; margin-left: 0;"/> <p style="margin-left: 0;">Summe <span style="float: right;">150 Stunden</span></p>
<b>Modulnote</b>	Note aus der Klausur bzw. mündlichen Prüfung

#### Lernziele / Kompetenzen

- Überblick über die grundlegenden Wechselwirkungen elektromagnetischer Felder mit toter und belebter Materie sowie deren technischer Anwendungen
- Überblick über aktuelle Forschungsfragen der biologischen und der technischen EMV (elektromagnetische Verträglichkeit)
- Kenntnis von Konzepten, Methoden, Modellen und Schlüsselexperimenten
- Selbstständiges Erarbeiten eines eng umgrenzten Themengebiets anhand vorgegebener Literatur
- Einüben von Präsentationstechniken

#### Inhalt

- Mikroskopische Vorgänge:  
Intermolekulare Wechselwirkungen, molekulare Dynamik, Polarisations- und Relaxationsmechanismen, Energiedissipation, ferromagnetische Resonanz, spektroskopische Verfahren
- Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) biologischer Systeme:  
Strahlungsquellen, Reiz- und Wärmewirkung von Feldern, SAR-Werte, Grenzwerte, spekulative Wirkungen
- Technische EMV:  
Emission und Störfestigkeit, Kopplungsmechanismen, Testumgebungen und Meßverfahren, Feldsimulationen, Radar, elektromagnetische Schirme und Absorber, elektromagnetische Tarnkappen, Metamaterialien

#### Weitere Informationen

##### Literaturhinweise:

Die Vorlesung folgt keinem bestimmten Lehrbuch. Zu Beginn der Veranstaltung wird unterstützende Literatur bekannt gegeben.

Moderne Optik (Einführung in die Laserphysik und Quantenoptik)					MO
Studiensem.	Regelstudiensem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS-Punkte
1 oder 2	2		1 Semester	4	5

<b>Modulverantwortliche/r Dozent/inn/en</b>	Becher Hochschullehrer(innen) der Experimental-Physik
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>	Physikalische Wahlpflicht
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine formalen Voraussetzungen. Inhaltliche Voraussetzungen: grundlegende Kenntnisse in Optik und Atomphysik
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>	Klausur oder mündl. Prüfung
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>	- Vorlesung (3 SWS) - Seminar (1 SWS)
<b>Arbeitsaufwand</b>	- Präsenzzeit: 60 h (4 SWS x 15 Wo.) - Vor- und Nachbereitung (V): 30 h (2 h/Wo x 15 Wo.) - Vorbereitung Seminarvortrag und Abfassen der schriftlichen Version: 60 h (4 h/Wo. x 15 Wo.)

**Modulnote** Aus der Klausurnote bzw. Note der mündlichen Prüfung

#### **Lernziele / Kompetenzen**

- Überblick über die grundlegenden Konzepte, Methoden, Modelle sowie technischer Realisierungen und experimenteller Anwendungen der Laserphysik und Quantenoptik
- Herstellen des Zusammenhangs zwischen den theoretischen Begriffen und Resultaten mit experimentellen Ergebnissen
- Kenntnis von Schlüsselexperimenten und experimentellen Techniken/Messmethoden
- Selbstständiges Erarbeiten eines eng umgrenzten Themengebiets anhand vorgegebener Literatur
- Einüben von Präsentationstechniken

#### **Inhalt**

- Elemente eines Lasers, einfache Modelle
- Licht-Materie-Wechselwirkung: klassische Dispersionstheorie
- Licht-Materie-Wechselwirkung: semiklassische Beschreibung und kohärente Effekte
- Optische Resonatoren, Gauß'sche Strahlen
- Laserdynamik, Modenselektion, spektrale Eigenschaften, Rauschen
- Überblick über Lasertypen und technische Realisierungen
- Spezielle Eigenschaften von Laserlicht: Kohärenz und Photonenstatistik
- Quantenmechanische Beschreibung des Lichtfelds, experimentelle Realisierung spezieller Lichtzustände
- Moderne Experimente der Quantenoptik

---

**Weitere Informationen**

Unterrichtssprache: Deutsch

Literaturhinweise:

- O. Svelto, "Principles of Lasers", 4. Auflage, Springer Verlag, 1998.
- P.W. Milonni, J.H. Eberly, "Lasers", 1. Auflage, Wiley Interscience, 1989.
- D. Meschede, „Optik, Licht und Laser“, 2. Auflage, Teubner Studienbücher Physik, B.G. Teubner Verlag, 2005.
- H.-A. Bachor, T.C. Ralph, „A Guide to Experiments in Quantum Optics“, 2. Auflage, Wiley-VCH, 2004.
- R. Loudon, „The Quantum Theory of Light“, 3. Auflage, Oxford University Press, 2000.
- M. Fox, "Quantum Optics", 1. Auflage, Oxford University Press, 2006.
- C.C. Gerry, P.L. Knight, "Introductory Quantum Optics", 1. Auflage, Cambridge University Press, 2005.

Nanomechanik					Abk. NM
Studiensem. <b>1 oder 2</b>	Regelstudiensem. <b>2</b>	Turnus <b>SS</b>	Dauer <b>1 Semester</b>	SWS <b>4</b>	ECTS-Punkte <b>5</b>

<b>Modulverantwortliche/r</b>	Bennewitz
<b>Dozent/inn/en</b>	Hochschullehrer(innen) der Experimental-Physik
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>	Teilmodul zum Modul Physikalische Wahlpflicht (PWP)
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine formalen Voraussetzungen. Inhaltliche Voraussetzungen: grundlegende Kenntnisse in Mechanik und Festkörperphysik
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>	Klausur oder mündliche Prüfung
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>	- Vorlesung (3 SWS) - Seminar (1 SWS)
<b>Arbeitsaufwand</b>	- Präsenzzeit: 60 h (4 SWS x 15 Wo.) - Vor- und Nachbereitung (V): 30 h (2 h/Wo x 15 Wo.) - Vorbereitung Seminarvortrag und Abfassen der schriftlichen Version: 60 h (4 h/Wo. x 15 Wo.)
<b>Modulnote</b>	Aus der Klausurnote bzw. Note der mündlichen Prüfung

---

### Lernziele/Kompetenzen

Überblick über grundlegende Konzepte, experimentelle Methoden, sowie neuere Ergebnisse im Bereich der mechanischen Eigenschaften von Strukturen mit Abmessungen auf der Nanometerskala. Herstellen des Zusammenhangs zwischen den theoretischen Begriffen und Resultaten mit experimentellen Ergebnissen  
Kenntnis von Schlüsselexperimenten und experimentellen Techniken/Messmethoden  
Selbstständiges Erarbeiten eines eng umgrenzten Themengebiets anhand vorgegebener Literatur  
Einüben von Präsentationstechniken

---

### Inhalt

Grundlagen der Beziehung zwischen atomarer Struktur und mechanischen Eigenschaften  
Molekulare Schwingungen  
Experimentelle Methoden der Nanomechanik  
Molekulare Erkennung in der Biophysik  
Physik einzelner Polymere  
Reibungsphänomene auf atomarer Skala  
Weitere aktuelle Forschungsarbeiten zur Nanomechanik

---

### Weitere Informationen

Unterrichtssprache: Auf Wunsch aller Teilnehmerinnen und Teilnehmer kann die Vorlesung in englischer Sprache gehalten werden.  
Literaturhinweise:  
Andrew N. Cleland: Foundations of Nanomechanics, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2003

Nanostrukturphysik II					NSP
Studiensem. 1 oder 2	Regelstudiensem. 2	Turnus	Dauer 1 Semester	SWS 4	ECTS-Punkte 5

<b>Modulverantwortliche/r</b>	Hartmann				
<b>Dozent/inn/en</b>	Hochschullehrer(innen) der Experimentalphysik				
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>	Physikalische Wahlpflicht				
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine formalen Voraussetzungen.				
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>	mündl. Prüfung				
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vorlesung (3 SWS)</li> <li>- Seminar (1 SWS)</li> </ul>				
<b>Arbeitsaufwand</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Präsenzzeit Vorlesungen 15 Wochen à 3 SWS</li> <li>• Präsenzzeit Seminar 15 Wochen à 1 SWS</li> <li>• Vor- und Nachbereitung</li> <li>• Vorbereitung Seminarvortrag</li> </ul>				<p>45 Stunden</p> <p>15 Stunden</p> <p>60 Stunden</p> <p>30 Stunden</p> <p>-----</p> <p>Summe</p> <p>150 Stunden</p>
<b>Modulnote</b>	Note der mündlichen Prüfung				

#### Lernziele / Kompetenzen

- Breiter Überblick über die Nanostrukturforschung und die Nanotechnologie
- Vertiefende Behandlung ausgewählter Themen: Kausaler Zusammenhang zwischen Größe und physikalischen Eigenschaften, Skalierungsrelationen, quantenmechanische Grundlagen,
- Kräfte auf Nanometerskala, Selbstorganisation, analytische Werkzeuge, Mikro-Nano-Integration
- Vorstellung der wesentlichen Anwendungsbereiche: Nanostrukturierte Materialien, Nanopartikel, Cluster, Fullerene und Nanoröhrchen, funktionale Oberflächen, Bauelemente der Informationstechnik
- Selbstständiges Vertiefen eines ausgewählten Teilgebiets anhand vorgegebener Literatur
- Optimierung von Präsentationstechniken
- Einordnung des Gesamtgebiets im Hinblick auf grundlagenwissenschaftliche und anwendungsorientierte Bedeutung

#### Inhalt

- Begriffsbestimmung und Definition des Gebietes
- Historische Entwicklung
- Interdisziplinäre Grundlagen
- Schlüsseltechniken
- Eigenschaften kondensierter Materie auf Nanometerskala
- Nanostrukturierte Materialien
- Nanostrukturierte Bauelemente
- Industrielle Anwendungen
- Sozioökonomische und ethische Begleitumstände

#### Weitere Informationen

##### Literaturhinweise:

- U. Hartmann, Nanotechnologie (Spektrum, Heidelberg, 2006)
- E. L. Wolf, Nanophysics and Nanotechnology (Wiley-VCH, Weinheim, 2004)
- M. Di Ventra, S. Evoy, J.R. Helfin Jr. (Eds.) Introduction to Nanoscale Science and Technology (Springer, New York, 2003)

Modul <b>Nichtlineare Dynamik und Strukturbildung</b>					Abk.
Studiensem. <b>1 oder 2</b>	Regelstudiensem. <b>2</b>	Turnus	Dauer <b>1 Semester</b>	SWS <b>4</b>	ECTS-Punkte <b>5</b>

**Modulverantwortliche/r** Christian Wagner

**Dozent/inn/en** Christian Wagner

**Zuordnung zum Curriculum** Physikalische Wahlpflicht

**Zulassungsvoraussetzungen** Keine formalen Voraussetzungen.  
Inhaltliche Voraussetzungen: grundlegende Kenntnisse in Mechanik und Feldgleichungen (Typischerweise erworben in Modulen EP I und EP II und TPI und TP II)

**Leistungskontrollen / Prüfungen** Erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben bzw. Seminarvortrag; anschließend mündliche Prüfung

**Lehrveranstaltungen / SWS** Vorlesung (3 SWS)  
Übung/Seminar zur Vorlesung (1 SWS)

**Arbeitsaufwand**

- Präsenzzeit Vorlesungen	45 Stunden
15 Wochen à 3 SWS	
- Präsenzzeit Übungen	15 Stunden
15 Wochen à 1 SWS	
- Vor- und Nachbearbeitung Vorlesung, Bearbeitung der Übungsaufgaben Klausur- und Prüfungsvorbereitung	<u>90 Stunden</u>
Summe	150 Stunden

**Modulnote** Aus dem Ergebnis der mündlichen Prüfung

#### Lernziele/Kompetenzen

- Überblick über aktuelle Forschungsfragen wie Selbstorganisation in hydrodynamischen und biologischen Systemen
- Die Fähigkeit eine einfach lineare Stabilitätsanalyse zu machen
- Bifurkationen von Modellsystemen bestimmen zu können
- Eine elementare Analyse chaotischer System zu erstellen

#### Inhalt

- Klassifikation nichtlinearer Differentialgleichungen
- Einführung in die lineare Stabilitätsanalyse
- Vorstellung experimenteller Modellsystem aus der Hydrodynamik und der Biologie
- Bifurkationen
- Chaostheorie
- Konzepte zur Strukturbildung, Ginzburg Landau Gleichungen
- Strukturbildung in hydrodynamischen und biologischen Modellsystemen
- Defekte und Fronten

#### Weitere Informationen

Unterrichtssprache: Deutsch

#### Literaturhinweise:

- Strogatz, Nonlinear Dynamics And Chaos: With Applications To Physics, Biology, Chemistry, And Engineering, Westview Press, ISBN 978-0738204536
- Daniel Waelgraf, Spatio-Temporal Pattern Formation: With Examples from Physics, Chemistry, and Materials Science, Springer, ISBN 978-1461273110
- Scott Camazine et al., Self-Organization in Biological Systems, Princeton Univers. Press, ISBN 978-0691116242

Quantentheorie des Lichts					QTL
Studiensem. 1 oder 2	Regelstudiensem. 2	Turnus	Dauer 1 Semester	SWS 4	ECTS-Punkte 5
<b>Modulverantwortliche/r Dozent/inn/en</b>		Morigi Hochschullehrer(innen) der Theoretische Physik			
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>		Physikalische Wahlpflicht			
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>		Keine formalen Voraussetzungen. Inhaltliche Voraussetzungen: grundlegende Kenntnisse in Atomphysik, Theoretische Quantenphysik und Statistische Physik.			
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>		Klausur oder mündl. Prüfung			
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vorlesung (3 SWS)</li> <li>- Seminar (1 SWS)</li> </ul>			
<b>Arbeitsaufwand</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Präsenzzeit: 60 h (4 SWS x 15 Wo.)</li> <li>- Vor- und Nachbereitung (V): 30 h (2 h/Wo x 15 Wo.)</li> <li>- Vorbereitung Seminarvortrag und Abfassen der schriftlichen Version: 60 h (4 h/Wo. x 15 Wo.)</li> </ul>			
<b>Modulnote</b>		Aus der Klausurnote bzw. Note der mündlichen Prüfung			

### Lernziele / Kompetenzen

Einführung in die Methoden der Quanten Feldtheorie

Überblick über die grundlegenden Konzepte und Methoden der Quantenfeldtheorie und der Quanten-Elektrodynamik

Selbstständiges Erarbeiten eines eng umgrenzten Themengebiets anhand vorgegebener Literatur

### Inhalt

- Theoretische Beschreibung des quantenmechanischen wlektromagnetischen Feldes im Vakuum. Quanten Vakuum, Quantenfluktuationen.
- Atom-Photon Wechselwirkung
- Streu-Prozesse: Rayleigh, Raman, Thompson, (Compton) Streuung
- Quanten Elektrodynamische Effekte in Atomphysik: Spontane Emission, Lamb-Verschiebung, Casimir-Polder Effekt.
- Cavity-Quanten-Elektrodynamik: Purcell Effekt, Jaynes-Cummings Modell.
- Greensche Funktion zur Beschreibung der Atom-Photon Dynamik (Resolvent-Theorie)
- Anwendungen: Resonanz Fluoreszenz von Laser-getriebenen Atomen; Mechanische Effekte des Lichtes / Laser Kühlung von Atomen

### Weitere Informationen

Unterrichtssprache: Deutsch

Literaturhinweise:

- C. Cohen-Tannoudij, et al, Photons and Atoms, Wiley Ed. (1997).
- C. Cohen-Tannoudij, et al, Atom-Photon Interactions, Wiley Ed (1998).
- P.W. Milonni, The quantum vacuum, Academic Press Ed. (1994).
- J.J. Sakurai, Advanced Quantum Mechanics, Addison-Wesley Ed. (1967).
- W. Heitler, The Quantum Theory of Radiation, Wiley Ed. (3<sup>rd</sup> ed., 1954).

W. H. Luisell, Quantum Statistical Properties of Radiation, Wiley Ed. (1973).



Modul <b>Phasenübergänge 2. Art und kritische Phänomene</b> <b>Transitions de phases et phénomènes critiques</b>					Abk. <b>Crit</b>
Studiensem.	Regelstudiensem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS-Punkte
<b>1,3</b>	<b>3</b>	<b>WS</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>Modulverantwortlicher</b>		Henkel			
<b>Dozenten</b>		Henkel			
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>		Physikalische Wahlpflicht (für Master und Doktoranden)			
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>		Keine formalen Voraussetzungen. Grundkenntnisse der statistischen Mechanik nützlich			
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>		mündliche Prüfung oder Klausur, Teilnahmevoraussetzung: regelmäßige Teilnahme			
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>		Vorlesung 2 SWS			
<b>Arbeitsaufwand</b>		Präsenzzeit Vorlesungen 15 Wochen à 2 SWS			30 Stunden
		Vor- und Nachbereitung Vorlesung, Bearbeitung der Übungsaufgaben, Klausur- oder Prüfungsvorbereitung			60 Stunden
<b>Modulnote</b>		Note aus der Klausur bzw. mündlichen Prüfung			

### Lernziele/Kompetenzen

Einführung in der Physik der Phasenübergänge 2. Art und ihre Beschreibung durch universelle kritische Exponenten. Konventionelle selbst-konsistente Methoden sind grundsätzlich nicht in der Lage, weder die Werte dieser Exponenten noch ihre Universalität korrekt vorherzusagen. Begriff und Benutzung der Renormierungsgruppe.

### Inhalt

Begriff der kritischen Phänomene, Zusammenhang mit Singularitäten der thermodynamischen Potentiale, kritische Exponenten, Begriff der Universalität, Skalengesetze, Renormierungsgruppe, Anwendungen in klassischen und quantenmechanischen Systemen, exakt lösbare Modelle zur Illustration

### Weitere Informationen

Unterrichtssprache: german (if necessary, english is also possible ;  
l'enseignant est particulièrement ouvert aux besoins des étudiants francophones)

### Literaturhinweise:

J.L. Cardy „Scaling and Renormalization in Statistical Physics” (Cambridge University Press 1996)  
M.E. Fisher in F. Hahne (ed) “Critical Phenomena” Springer Lecture Notes in Physics 186 (1983)  
J.M. Yeomans “Statistical mechanics of phase transitions”, Oxford University Press (1993)

Modul <b>Quantum Optics with Ultracold Atoms</b>					Abk. <b>TQT</b>
Studiensem. <b>1. oder 2.</b>	Regelstudiensem. <b>2</b>	Turnus	Dauer <b>1 Sem</b>	SWS <b>4</b>	ECTS-Punkte <b>5</b>
<b>Modulverantwortliche/r</b>		<b>Morigi</b>			
<b>Dozent/inn/en</b>		Morigi			
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>		Physikalische Wahlpflicht			
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>		erfolgreiche Teilnahme an TP III			
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>		Mündliche Prüfung oder Klausur Teilnahmevoraussetzung: Bearbeitung der Übungsaufgaben.			
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>		3 SWS Vorlesungen, 1 SWS Übung			
<b>Arbeitsaufwand</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Präsenzzeit Vorlesungen 15 Wochen à 3 SWS</li> <li>• Präsenzzeit Übung 15 Wochen à 1 SWS</li> <li>• Vor- und Nachbereitung Vorlesung, Bearbeitung der Übungsaufgaben, Klausur- oder Prüfungsvorbereitung</li> </ul>			45 Stunden
					15 Stunden
					90 Stunden
		Summe			----- 150 Stunden
<b>Modulnote</b>		Note aus Klausur bzw. mündliche Prüfung			

#### Lernziele/Kompetenzen

- Verständnis wichtiger Grundlagen der Quantenstatistik
- Verständnis wichtiger Grundlagen der Vielteilchenphysik
- Fähigkeit zum Verständnis feldtheoretischer Beschreibung von Vielteilchensystemen
- Fähigkeit zum Verständnis von Originalliteratur in diesem Gebiet

#### Inhalt

- Bose-Einstein statistics and condensation
- Quantum degenerate atomic gases and Bose-Einstein condensation in interacting systems
- Field-theoretical description of weakly interacting bosons.
- Superfluidity, Bose-Einstein condensates, and quantum coherence
- Bose-Einstein condensation in optical lattices
- Outlook: Ultracold Fermi gases, Quantum simulators with ultracold atoms.

Weitere Informationen :

MuN-Studierende und Studierende im Bachelor Physik wird um vorherige Rücksprache mit Dozent(in) gebeten.

Unterrichtssprache: englisch

Literaturhinweise:

- A. J. Leggett, Quantum Liquids
- L. Pitaevskii, S. Stringari, Bose-Einstein Condensation
- C. J. Pethick and H. Smith, Bose-Einstein Condensation in Dilute Gases
- S. Sachdev, Quantum Phase Transitions
- K. Huang, Statistical Mechanics

Rheologie und Strömungsdynamik komplexer Flüssigkeiten					PWP RS
Studiensem. 1 oder 2	Regelstudiensem. 2	Turnus	Dauer 1 Semester	SWS 4	ECTS-Punkte 5
<b>Modulverantwortliche/r</b>	Wagner				
<b>Dozent/inn/en</b>	Wagner				
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>	Physikalische Wahlpflicht				
<b>Zugangsvoraussetzungen</b>	Keine formalen Voraussetzungen. Inhaltliche Voraussetzungen: grundlegende Kenntnisse in Mechanik und Feldgleichungen (typischerweise erworben in Modulen EPI und EP II und TP I und TP II)				
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>	Erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben bzw. Seminarvortrag; abschließend mündl. Prüfung				
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b> [ggf. max. Gruppengröße]	Vorlesung (3 SWS) Übung/Seminar zur Vorlesung (1 SWS)				
<b>Arbeitsaufwand</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Präsenzzeit Vorlesungen 15 Wochen à 3 SWS</li> <li>• Präsenzzeit Übung 15 Wochen à 1 SWS</li> <li>• Vor- und Nachbereitung Vorlesung, Bearbeitung der Übungsaufgaben, Klausur- oder Prüfungsvorbereitung</li> </ul>				45 Stunden  15 Stunden  90 Stunden
	-----				
	Summe				150 Stunden
<b>Modulnote</b>	Aus dem Ergebnis der mündlichen Prüfung				

### Lernziele / Kompetenzen

- Überblick über aktuelle Forschungsfragen wie Mikrorheologie, biologische Strömungssituationen, industrielle Fertigungsprozesse von Kunststoffen
- Kenntnis über die kontinuumsmechanische Beschreibung einfacher Strömungssituationen
- Überblick über charakteristische Fließphänomene komplexer Flüssigkeiten
- Kenntnis über den Zusammenhang zwischen den mikroskopischen Modellen und dem makroskopischen Fließverhalten für verschiedene Modellsysteme
- Überblick über moderne Messmethoden der Strömungsmesstechnik und Rheologie

### Inhalt

- Kontinuumsmechanische Beschreibung für einfache und komplexe Flüssigkeiten: Lagrange und Eulerformalismus, Deformationen, Spannungstensor, die Navier-Stokes-Gleichung und einfache Lösungen
- Mikroskopische Modelle verschiedener Modellsysteme wie Polymere und Kolloide.
- Spezielle Fließphänomene.
- Messmethoden wie klassische Rheologie, Dehnreologie, Mikrorheologie, rheooptische Methoden, Particle Imaging Velocimetry, Laser Doppler Anemometrie und Streuexperimente.

---

**Weitere Informationen**

**Literaturhinweise:**

Die Veranstaltungen folgen keinem bestimmten Lehrbuch. Zu Beginn der Veranstaltung wird unterstützende Literatur bekannt gegeben.

Folgende beispielhafte Standardwerke sind zu empfehlen:

- E. Guyon, J.P. Hulin, L. Petit, *Physical Hydrodynamics*, Oxford Univ. Press, 2000
- Ch. W. Macosko, *Rheology: Principles, Measurements, and Applications*, Verlag Wiley, 1. Auflage, 1994
- M. Doi, S. F. Edwards, *The Theory of Polymer Dynamics*, Clarendon Press, Reprint edition, 1988
- G. Marrucci, R. B. Bird, C. F. Curtiss, R. C. Armstrong, O. Hassager, *Dynamics of polymeric liquids*, Vol 1 & 2, John Wiley & Sons, Inc., New York, 2nd Ed., 1987
- G.G. Fuller, *Optical Rheometry of Complex Fluids*, Oxford University Press, 1. Auflage, 1997
- M.E Cates, M.R Evans, *Soft and Fragile Matter*, Taylor & Francis 1. Auflage, 2000

Stochastic Processes					STOCH
Studiensem.	Regelstudiensem	Turnus	Dauer	SWS	ECTS-Punkte
1 oder 2	2		1 Semester	4	5
<b>Modulverantwortliche/r</b>		Santen			
<b>Dozent/inn/en</b>		Rieger, Santen			
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>		Physikalische Wahlpflicht			
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>		Keine formalen Voraussetzungen.			
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>		Mündliche Prüfung oder Klausur Teilnahmevoraussetzung: Bearbeitung der Übungsaufgaben.			
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>		Vorlesung (3 SWS), Übung (1 SWS)			
<b>Arbeitsaufwand</b>		Präsenzzeit Vorlesungen 15 Wochen à 3 SWS		45 Stunden	
		Präsenzzeit Übung 15 Wochen à 1 SWS		15 Stunden	
		Vor- und Nachbereitung Vorlesung, Bearbeitung der Übungsaufgaben, Klausur- oder Prüfungsvorbereitung		90 Stunden	
		----- Summe		150 Stunden	
<b>Modulnote</b>		Mittelwert der Noten aus den Klausuren bzw. mündlichen Prüfungen			

### Lernziele/Kompetenzen

- Fähigkeit, stochastische Prozesse mathematisch zu beschreiben
- Fähigkeit der Analyse stochastischer Prozesse
- Fähigkeit der selbständigen Lektüre aktueller Veröffentlichungen aus dem Gebiet der stochastischen Prozesse

### Inhalt

- Stochastische Variablen und Zufallsereignisse
- Markov-Prozesse
- Master-, Langevin-, und Fokker-Planck-Gleichungen
  - Diffusionsprozesse, Stochastische Integrale
  - First-Passage Times, Rare Events

### Weitere Informationen

Unterrichtssprache: Englisch oder Deutsch

Literaturhinweise:

- Kaprivsky, Redner, Ben-Naim: A Kinetic View of Statistical Physics
- van Kampen: Stochastic Processes in Physics and Chemistry
- Gardiner: Handbook of Stochastic Methods

Modul					Abk.
<b>Technische und moderne Optik</b>					
Studiensem. <b>7 oder 8</b>	Regelstudiensem. <b>7 oder 8</b>	Turnus	Dauer <b>1 Semester</b>	SWS <b>4</b>	ECTS-Punkte <b>5</b>
<b>Modulverantwortliche/r</b>		Ott			
<b>Dozent/inn/en</b>		Ott			
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>		Wahlpflichtfach (Master)			
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>		Keine formalen Voraussetzungen Inhaltliche Voraussetzungen: grundlegende Kenntnisse in Elektrodynamik und Optik (entsprechend den Modulen EP II / EP III)			
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>		Mündlich oder schriftlich Prüfung am Ende der Veranstaltung Prüfungsvorleistung: Erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben bzw. Seminarvortrag mit abschließender mündl. Prüfung			
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>		3 V + 1 Ü = 4SWS			
<b>Arbeitsaufwand</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Präsenzzeit Vorlesungen 15 Wochen à 3 SWS <span style="float: right;">45 Stunden</span></li> <li>• Präsenzzeit Übung 15 Wochen à 1 SWS <span style="float: right;">15 Stunden</span></li> <li>• Vor- und Nachbereitung Vorlesung,, Bearbeitung der Übungsaufgaben,, Klausur- oder Prüfungsvorbereitung <span style="float: right;">90 Stunden</span></li> </ul> <p style="text-align: right;">----- Summe <span style="float: right;">150 Stunden</span></p>			
<b>Modulnote</b>		Ergebnis der Prüfung			
<b>Lernziele/Kompetenzen</b>					
Beherrschen der theoretischen Grundlagen von optischen Systemen (Kohärenz, Interferenz, Polarisation, Reflexion, Brechung, Fourieroptik, Abbildungen, optische Moden)					
Kenntnis und Verständnis von wichtigen optischen Anwendungen und ihrer physikalischen Grenzen (z.B. Interferometer, optische Fasern, Strahlungsquellen, optische Korrelatoren u.ä.)					
<b>Inhalt</b>					
Maxwellgleichungen, Reflexion und Brechung, Beugung, Fourier Optik, Faseroptik, Interferenz und Kohärenz (ausgewählte Kapitel zu Anwendungen), Optische Elemente, Ausgewählte Kapitel und Anwendungen					
Weitere Informationen					
Unterrichtssprache: Deutsch					
Literaturhinweise:					
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Optics, Hecht, Addison Wesley</li> <li>• Technische Optik: Grundlagen und Anwendungen, Schröder / Treiber, Vogel Media</li> <li>• Principles of Optics, Born/Wolf, Cambridge University Press</li> <li>• Introduction to Optics, Pedrotti, Addison Wesley</li> </ul>					

Modul <b>Teilchenfallen und Laserkühlung</b>					Abk. <b>TFLK</b>
Studiensem. <b>1. oder 2.</b>	Regelstudiensem. <b>2.</b>	Turnus	Dauer <b>1 Semester</b>	SWS <b>4</b>	ECTS-Punkte <b>5</b>

<b>Modulverantwortliche/r</b>	Jürgen Eschner
<b>Dozent/inn/en</b>	Hochschullehrer(innen) der Experimental-Physik
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>	Teilmodul zum Modul Physikalische Wahlpflicht (PWP)
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine formalen Voraussetzungen.  Inhaltliche Voraussetzungen: Kenntnisse in Atomphysik, Quantenphysik und Optik.
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>	Klausur und/oder mündliche Prüfung
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>	Vorlesung (3 SWS) + Übungen (1 SWS)
<b>Arbeitsaufwand</b>	- Präsenzzeit: 60 h (4 SWS x 15 Wo.) - Vor- und Nachbereitung (V): 30 h (2 h/Wo x 15 Wo.) - Vorbereitung Seminarvortrag und Abfassen der schriftlichen Version: 60 h (4 h/Wo. x 15 Wo.)
<b>Modulnote</b>	Aus der Klausurnote bzw. Note der mündlichen Prüfung

---

#### Lernziele/Kompetenzen

- Überblick über die grundlegenden Konzepte des Themas: experimentelle Techniken und Realisierungen, theoretische Methoden und Modelle
- Herstellen des Zusammenhangs zwischen den theoretischen Modellen und experimentellen Systemen und Ergebnissen
- Kenntnis von Schlüsselexperimenten; Überblick über die Anwendungen
- Selbstständiges Erarbeiten eines eng umgrenzten Themengebiets anhand vorgegebener Literatur
- Einüben von Präsentationstechniken

---

#### Inhalt

- Licht-Atom-Wechselwirkung
- Mechanische Effekte des Lichts
- Paul- und Penningfalle
- Dipolfalle
- Magnetische und magneto-optische Falle
- Andere Fallentechniken
- Laserkühlung freier Teilchen
- Laserkühlung gefangener Teilchen
- Spezielle Kühltechniken
- Anwendungen: Quantenoptik, Quanteninformation, Präzisionsmessungen, Ultrakalte Materie

---

#### Weitere Informationen

Unterrichtssprache: deutsch

Literaturhinweise:

Metcalf, v.d. Straten, *Laser Cooling and Trapping*

Foot, *Atomic Physics*

Cohen-Tannoudji, Guery-Odelin, *Advances in Atomic Physics: An Overview*

spezielle Literaturquellen, insbesondere Übersichtsartikel, werden in der Veranstaltung bereitgestellt

Theoretische Biophysik					TBP
Studiensem.	Regelstudiensem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS-Punkte
1 oder 2	2		1 Semester	4	5

<b>Modulverantwortliche/r</b>	Hub
<b>Dozent/inn/en</b>	Rieger, Santen
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>	Physikalische Wahlpflicht
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine formalen Voraussetzungen.
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>	Mündliche Prüfung oder Klausur Teilnahmevoraussetzung: Bearbeitung der Übungsaufgaben.
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesung (3 SWS)</li> <li>• Übung (1 SWS)</li> </ul>
<b>Arbeitsaufwand</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Präsenzzeit Vorlesungen 15 Wochen à 3 SWS 45 Stunden</li> <li>• Präsenzzeit Übung 15 Wochen à 1 SWS 15 Stunden</li> <li>• Vor- und Nachbereitung Vorlesung, Bearbeitung der Übungsaufgaben, Klausur- oder Prüfungsvorbereitung 90 Stunden</li> </ul> <p>-----</p> <p>Summe Stunden 150</p>
<b>Modulnote</b>	Mittelwert der Noten aus den Klausuren bzw. mündlichen Prüfungen

---

**Lernziele/Kompetenzen:**

- Fähigkeit, biologische Systeme zu analysieren
- Fähigkeit, physikalische Beschreibungen biologischer Systeme zu entwickeln
- Einüben von interdisziplinärer Kommunikation
- Fähigkeit der selbständigen Lektüre aktueller biophysikalischer Veröffentlichungen

---

**Inhalt**

- Einführung in zelluläre Prozesse
- Netzwerk motive, Robustheit
- Statistische Physik von Polymeren
- Stochastische Prozesse
- Molekulare Motoren
- Dynamik von Axonemen
- Zytoskelettdynamik
- Evolutionsdynamik

---

**Weitere Informationen**

**Literaturhinweise:**

- U. Alon: An Introduction to Systems Biology
  - P. Nelson: Biological Physics
  - J. Howard: Mechanics of Motor Proteins and the Cytoskeleton
  - M. Doi, S. Edwards: The Theory of Polymer Dynamics
- C. Gardiner: Handbook of Stochastic Methods



Modul <b>Theoretische Physik für Quantentechnologien</b>					Abk.
Studiensem. <b>1. oder 2.</b>	Regelstudiensem. <b>2</b>	Turnus	Dauer <b>1 Sem</b>	SWS <b>4</b>	ECTS-Punkte <b>5</b>

<b>Modulverantwortliche/r</b>	Wilhelm-Mauch, Morigi				
<b>Dozent/inn/en</b>	Wilhelm-Mauch, Morigi				
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>	Physikalische Wahlpflicht				
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine formalen Voraussetzungen				
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>	Mündliche Prüfung oder Klausur Teilnahmevoraussetzung: Bearbeitung der Übungsaufgaben. Dringende Empfehlung: erfolgreiche Teilnahme an TP III oder TP III für LaG				
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>	3 SWS Vorlesungen, 1 SWS Übung				
<b>Arbeitsaufwand</b>	Präsenzzeit Vorlesungen 15 Wochen à 3 SWS				45 Stunden
	• Präsenzzeit Übung 15 Wochen à 1 SWS				15 Stunden
	• Vor- und Nachbereitung Vorlesung, Bearbeitung der Übungsaufgaben, Klausur- oder Prüfungsvorbereitung				
	Summe				90 Stunden 150 Stunden
<b>Modulnote</b>	Note aus der Klausur oder mündlichen Prüfung				

### Lernziele/Kompetenzen

- Verständnis wichtiger Grundlagen der Quantentechnologien
- Verständnis wichtiger Quantenalgorithmien und –protokolle
- Fähigkeit zur Analyse, Beschreibung, und Kontrolle der Dynamik offener Quantensysteme
- Fähigkeit zum Verständnis von Originalliteratur in diesem Gebiet

### Inhalt

- Struktur der Quantentheorie unter Informationsgesichtspunkten
- Elementare quantenmechanische Logikgatter und Algorithmen
- Quantenteleportation und Quantenkommunikation
- Elementare Theorie der Quantenmessung
- Elementare Theorie der offenen Systemen
- Quantenkanäle, Elementare Theorie der Quantenfehlerkorrektur

### Weitere Informationen

MuN-Studierende und Studierende im Bachelor Physik wird um vorherige Rücksprache mit Dozent(in) gebeten.

Unterrichtssprache:

Literaturhinweise:

- J. Stolze, D. Suter: Quantum Computing
- G. Benentii, G. Casati, G. Strini: Principles of Quantum Computation and Information (Vol. I+II)
- M. Nielsen, I. Chuang: Quantum Computation and Quantum Information
- N.D. Mermin: Quantum Computer Science: An Introduction
- C.W. Gardiner and P. Zoller, Quantum Noise
- V. B. Braginsky, F. Ya. Khalili, Quantum measurement

Modul <b>Optik für Fortgeschrittene – Advanced Optics</b>					Abk.
Studiensem. <b>1,3</b>	Regelstudiensem. <b>4</b>	Turnus <b>Wintersemester</b>	Dauer <b>1 Semester</b>	SWS <b>4</b>	ECTS-Punkte <b>5</b>

<b>Modulverantwortlicher</b>	Dr. rer. nat. Martin Straub
<b>Dozent</b>	Dr. rer. nat. Martin Straub
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>	Wahlpflicht-Lehrveranstaltung für Masterstudenten der Physik
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine formale Voraussetzungen
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>	Klausur oder mündliche Prüfung
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>	3 SWS Vorlesung, 1 SWS Seminar
<b>Arbeitsaufwand</b>	45h Vorlesung, 50h Vor- und Nachbereitung, 15h Seminar, 40h Vorbereitung des Seminarvortrags
<b>Modulnote</b>	Note der Prüfung

### Lernziele/Kompetenzen

Vertiefte Kenntnisse in den folgenden Bereichen:

- Licht-Materie Wechselwirkung
- Design und Eigenschaften moderner optischer Systeme und Komponenten
- Fourier-Methoden in der Optik
- Hochauflösende optische Mikroskopie
- Optische Lithographie, optische Nanostrukturierung, Mikro- und Nanooptik

Einen besonderen Schwerpunkt bildet die nichtlineare Optik und ihre Anwendungen:

- Lichterzeugung und –ausbreitung in nichtlinearen Medien
- Nichtlinear-optische Spektroskopie
- Optisch-induzierte transiente und stationäre Materialveränderungen
- Nichtlineare Optik von Oberflächen, in Wellenleitern und in Plasmen

### Inhalt

- Lichtausbreitung in Materie
- Polarisation, Dichroismus und Doppelbrechung, Matrizenmethoden: Jones- und Müllermatrizen
- Optische Komponenten und Systeme:  
Adaptive Optik, dicke Linsen, Strahlverlaufsrechnung, Aberrationen, Emittoren und Detektoren
- Fourier-Optik und Kohärenztheorie
- Lithographie, Holographie; Optische Nanostrukturierung, Mikro-, Nano- und integrierte Optik
- Nichtlineare Optik I: Wellenausbreitung in nichtlinearen Medien, nichtlineare Suszeptibilitäten
- Nichtlineare Optik II: Electro- und magneto-optische Effekte, optische Frequenzverdopplung, Summen- und Differenzfrequenzerzeugung, parametrische Verstärkung und Oszillation
- Nichtlineare Optik III: Stimulierter Raman-Effekt, Zwei-Photonen-Absorption, Spektroskopie
- Nichtlineare Optik IV: Kerr-Effekte, Selbstfokussierung und –phasenmodulation
- Nichtlineare Optik V: Transiente optische Effekte, starke Licht-Materie-Wechselwirkung, Laserisotopentrennung, nichtlineare Optik von Oberflächen, in Wellenleitern und Plasmen

Weitere Informationen: Vorlesungsfolien in englischer Sprache

Unterrichtssprache: Deutsch

Literaturhinweise: [1] E. Hecht: Optics, 5th ed., Addison Wesley, 2002. [2] Y. R. Shen, The Principles of Nonlinear Optics, Wiley, 2003.

Modul <b>Nichtlineare Optik</b>					Abk. <b>NLO</b>
Studiensem. <b>1,3</b>	Regelstudiensem. <b>4</b>	Turnus <b>Sommersemester</b>	Dauer <b>1 Semester</b>	SWS <b>4</b>	ECTS-Punkte <b>5</b>

<b>Modulverantwortlicher</b>	<b>PD Dr. rer. nat. Martin Straub</b>
<b>Dozent</b>	<b>PD Dr. rer. nat. Martin Straub</b>
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>	<b>Wahlpflicht-Lehrveranstaltung für Masterstudenten der Physik, der Biophysik sowie Mikrotechnologie und Nanostrukturen</b>
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine formalen Voraussetzungen
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>	Klausur oder mündliche Prüfung
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>	3 SWS Vorlesung, 1 SWS Seminar
<b>Arbeitsaufwand</b>	45 h Vorlesung, 45 h Vor- und Nachbereitung, 15 h Seminar, 45 h Vorbereitung des Seminarvortrags
<b>Modulnote</b>	Note der Prüfung

---

### Lernziele/Kompetenzen

- Vertiefte Kenntnisse von Grundlagen (Experimente, Theorie) und Anwendungen nichtlinearer Optik
  - Verständnis grundlegender Unterschiede zwischen linearer und nichtlinearer Optik
  - Kenntnis in der linearen Optik nicht existenter optischer Effekte und ihrer technischen Bedeutung
  - Verständnis der Rolle nichtlinearer Optik in wichtigen Anwendungsgebieten wie optische Telekommunikation, hochauflösende Mikroskopie und Lithographie sowie Lasertechnologie
- Beherrschung der klassischen, semi-klassischen und teilweise auch quantenelektrodynamischen Behandlung nichtlinear-optischer Prozesse
- Eigenständige Erarbeitung und Präsentation aktueller nichtlinear-optischer Forschungsthemen

---

### Inhalt

Wellenausbreitung und Wellenkopplung in nichtlinearen Medien; nichtlineare Suszeptibilitäten, ihre quantenphysikalische Darstellung und Symmetrien, Snellius-Gesetz der nichtlinearen Optik, Lichtfelder an Grenzflächen nichtlinearer Medien. Elektro- und magneto-optische Effekte, optische Frequenzverdopplung und höhere Harmonische, Summen und Differenzfrequenzerzeugung, parametrische Verstärkung und Oszillation, stimulierter Ramaneffekt, Zwei- und Multiphotonen-Absorption. Nichtlinear-optische Spektroskopie: Quantum Beats, Sättigungsspektroskopie, dopplerfreie Zwei-Photonen-Absorptionsspektroskopie, Ramsey-Fringes. Vier-Wellen-Mischung, CARS, phasenkonjugierte Spiegel. Optisch induzierte Doppelbrechung, Kerr-Effekte, optische Bistabilität, Selbstfokussierung und Selbstphasenmodulation. Transiente optische Effekte: Optische Bloch-Gleichung, transiente Nutation, freier Induktionszerfall, Photonenechos, adiabatische Besetzungsinversion, selbstinduzierte Transparenz, Superfluoreszenz. Starke Licht-Materie Wechselwirkung. Laserisotopentrennung, Einzelmolekülspektroskopie. Nichtlineare Optik von Oberflächen, in Wellenleitern und Plasmen.

---

Weitere Informationen: Vorlesungsfolien in englischer Sprache

Unterrichtssprache: Deutsch

Literaturhinweise: [1] Y. R. Shen, The Principles of Nonlinear Optics, Wiley, 2003. [2] R. W. Boyd, Nonlinear Optics, Elsevier, 2008.

Nicht-Physikalische Wahlpflicht					NPW
Studiensem.	Regelstudiensem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS-Punkte
1	2	WS & SS	1 Semester		18

<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prüfungsausschuss Master Physik
<b>Dozent/inn/en</b>	DozentInnen der Veranstaltung
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>	Wahlpflicht
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine formalen Voraussetzungen.
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>	Klausur(en) oder mündliche Prüfung(en)
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>	Siehe einzelne Teilmodule.
<b>Arbeitsaufwand</b>	Der Arbeitsaufwand in den Teilmodulen muss mindestens 540 h (18 CP) entsprechen.
<b>Modulnote</b>	Klausur oder mündliche Prüfung  Es müssen mindestens 9 CP in benoteten Teilmodulen erworben werden.

#### Lernziele / Kompetenzen

- Erlernen der Methodik und Sprache benachbarter wissenschaftlicher Disziplinen
- Vorbereitung auf die Arbeit in interdisziplinären Forschungsprojekten
- Anwenden von physikalischen Methoden auf interdisziplinäre Fragestellungen.
- Siehe Modulbeschreibungen der Wahlpflichtfächer.

---

#### Inhalt

Siehe Modulbeschreibungen der einzelnen Veranstaltungen.

---

#### Weitere Informationen

Es wird sichergestellt, dass in jedem Semester geeignete Wahlpflichtvorlesungen angeboten werden.

Programmierung 1					CS 120 / P1
Studiensem.	Regelstudiensem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS-Punkte
5	5	WS	1 Semester	6	9
<b>Modulverantwortliche/r</b>		Prof. Dr. Gert Smolka			
<b>Dozent/inn/en</b>		Prof. Dr. Gert Smolka Prof. Dr.-Ing. Holger Hermanns			
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>		Nichtphysikalische Wahlpflicht			
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>		Keine			
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zwei Klausuren (Mitte und Ende der Vorlesungszeit)</li> <li>• Die Note wird aus den Klausuren gemittelt und kann durch Leistungen in den Übungen verbessert werden.</li> <li>• Eine Nachklausur findet innerhalb der letzten beiden Wochen vor Vorlesungsbeginn des Folgesemesters statt.</li> </ul>			
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>		Vorlesung: 4 SWS (ca. 250 Studierende) Übung: 2 SWS Übungsgruppen mit bis zu 20 Studierenden			
<b>Arbeitsaufwand</b>		270 h = 80 h Präsenz- und 190 h Eigenstudium			
<b>Modulnote</b>		Wird aus Leistungen in Klausuren, Übungen und praktischen Aufgaben ermittelt. Die genauen Modalitäten werden vom Modulverantwortlichen bekannt gegeben.			

### Lernziele/Kompetenzen

- höherstufige, getypte funktionale Programmierung anwenden können
- Verständnis rekursiver Datenstrukturen und Algorithmen, Zusammenhänge mit Mengenlehre
- Korrektheit beweisen und Laufzeit abschätzen
- Typabstraktion und Modularisierung verstehen
- Struktur von Programmiersprachen verstehen
- einfache Programmiersprachen formal beschreiben können
- einfache Programmiersprachen implementieren können
- anwendungsnahe Rechenmodelle mit maschinennahen Rechenmodellen realisieren können
- Praktische Programmiererfahrung, Routine im Umgang mit Interpretern und Übersetzern

### Inhalt

- Funktionale Programmierung
- Algorithmen und Datenstrukturen (Listen, Bäume, Graphen; Korrektheitsbeweise; asymptotische Laufzeit)
- Typabstraktion und Module
- Programmieren mit Ausnahmen
- Datenstrukturen mit Zustand
- Struktur von Programmiersprachen (konkrete und abstrakte Syntax, statische und dynamische Syntax)
- Realisierung von Programmiersprachen (Interpreter, virtuelle Maschinen, Übersetzer)

### Weitere Informationen

Unterrichtssprache: deutsch

Literaturhinweise:

Bekanntgabe jeweils vor Beginn der Vorlesung auf der Vorlesungsseite im Internet

Programmierung 2					P2
Studiensem.	Regelstudiensem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS-Punkte
1	2	SS	1 Semester	6	9
<b>Modulverantwortliche/r</b>		Prof. Dr. Sebastian Hack			
<b>Dozent/inn/en</b>		Prof. Dr. Sebastian Hack Prof. Dr. Andreas Zeller			
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>		Nicht-physikalische Wahlpflicht			
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>		Programmierung 1 (empfohlen)			
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>		<p>Die Prüfungsleistungen werden in zwei Teilen erbracht, die zu gleichen Teilen in die Endnote eingehen. Um die Gesamtveranstaltung zu bestehen, muss jeder Teil einzeln bestanden werden.</p> <p>Im <b>Praktikumsteil</b> müssen die Studierenden eine Reihe von Programmieraufgaben selbstständig implementieren. Diese Programmieraufgaben ermöglichen das Einüben der Sprachkonzepte und führen außerdem komplexere Algorithmen und Datenstrukturen ein. Automatische Tests prüfen die Qualität der Implementierungen. Die Note des Praktikumsteils wird maßgeblich durch die Testergebnisse bestimmt.</p> <p>Im <b>Vorlesungsteil</b> müssen die Studierenden Klausuren absolvieren und Übungsaufgaben bearbeiten. Die Aufgaben vertiefen dabei den Stoff der Vorlesung. Die Zulassung zu der Klausur hängt von der erfolgreichen Bearbeitung der Übungsaufgaben ab.</p> <p>Im Praktikumsteil kann eine Nachaufgabe angeboten werden.</p>			
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>		Vorlesung: 4 SWS Übung: 2 SWS Übungsgruppen mit bis zu 20 Studierenden			
<b>Arbeitsaufwand</b>		Präsenzzeit: 45 h Vor-und Nachbereitung: 225 h Gesamtzeit: 270 h			
<b>Modulnote</b>		Wird aus Leistungen in Klausuren, Übungen und praktischen Aufgaben ermittelt. Die genauen Modalitäten werden vom Modulverantwortlichen bekannt gegeben.			

### **Lernziele / Kompetenzen**

Die Studierenden lernen die Grundprinzipien der imperativen /objektorientierten Programmierung kennen. Dabei wird primär Java als Programmiersprache verwendet.

In dieser Vorlesung lernen sie:

- wie Rechner Programme ausführen
- die Grundlagen imperativer und objektorientierter Sprachen
- mittelgroße objektorientierte Systeme in Java zu implementieren und zu testen
- kleinere, wohlstrukturierte Programme in C zu schreiben
- sich in wenigen Tagen eine neue imperative/objektorientierte Sprache anzueignen, um sich in ein bestehendes Projekt einzuarbeiten

---

### **Inhalt**

- Imperatives Programmieren
- Objekte und Klassen
- Klassendefinitionen
- Objektinteraktion
- Objektsammlungen
- Objekte nutzen und testen
- Vererbung
- Dynamische Bindung
- Fehlerbehandlung
- Klassendesign und Modularität
- Systemnahe Programmierung

sowie spezifische Vorlesungen für die Programmieraufgaben.

### **Weitere Informationen**

Unterrichtssprache: deutsch

#### **Java**

- David J. Barnes & Michael Kölling: *Java lernen mit BlueJ*
- Bruce Eckel: *Thinking in Java*
- Joshua Bloch, *Effective Java*

#### **C++**

- Mark Allen Weiss: *C++ for Java programmers*
-

Modul <b>Image Processing and Computer Vision</b>					Abk. <b>CS 572/PCV</b>
Studiensem. <b>2</b>	Regelstudiensem. <b>2</b>	Turnus <b>At least once every two years</b>	Dauer <b>1 Semester</b>	SWS <b>6</b>	ECTS-Punkte <b>9</b>

**Modulverantwortliche/r** Prof. Dr. Joachim Weickert

**Dozent/inn/en** Prof. Dr. Joachim Weickert

**Zuordnung zum Curriculum** Nicht-physikalische Wahlpflicht

**Zulassungsvoraussetzungen** For graduate students: none

**Leistungskontrollen / Prüfungen**

- Regular attendance of classes and tutorials.
- At least 50% of all possible points from the weekly assignments have to be gained to qualify for the final exam.
- Passing the final exam.
- A re-exam takes place during the last two weeks before the start of lectures in the following semester.

**Lehrveranstaltungen / SWS** Lecture 4 h (weekly)  
Tutorial 2 h (weekly)  
Tutorials in groups of up to 20 students

**Arbeitsaufwand** 270 h = 90 h of classes and 180 h private study

**Modulnote** Wird aus Leistungen in Klausuren, Übungen und praktische Aufgaben ermittelt. Die genauen Modalitäten werden vom Modulverantwortlichen bekannt gegeben.

### Lernziele/Kompetenzen

Broad introduction to mathematical methods in image processing and computer vision.

### Inhalt

1. Basics
  - 1.1 Image Types and Discretisation
  - 1.2 Degradations in Digital Images
2. Image Transformations
  - 2.1 Fourier Transform
  - 2.2 Image Pyramids
  - 2.3 Wavelet Transform
3. Colour Perception and Colour Spaces
4. Image Enhancement
  - 4.1 Point Operations
  - 4.2 Linear Filtering
  - 4.3 Wavelet Shrinkage, Median Filtering, M-Smothers
  - 4.4 Mathematical Morphology
  - 4.5 Diffusion Filtering
  - 4.6 Variational Methods
  - 4.7 Deblurring
5. Feature Extraction
  - 5.1 Edges
  - 5.2 Corners
  - 5.3 Lines and Circles



- 
- 6 Texture Analysis
  - 7 Segmentation
    - 7.1 Clasisical Methods
    - 7.2 Variational Methods
  - 8 Image Sequence Analysis
    - 8.1 Local Methods
    - 8.2 Variational Methods
  - 9 3-D Reconstruction
    - 9.1 Camera Geometry
    - 9.2 Stereo
    - 9.3 Shape-from-Shading
  - 10 Object Recognition
    - 10.1 Eigenspace Methods
    - 10.2 Moment Invariances
- 

Weitere Informationen

Unterrichtssprache: Englisch

Literaturhinweise:

Bekanntgabe jeweils vor Beginn der Vorlesung auf der Vorlesungsseite im Internet.

Partielle Differentialgleichungen					PDG
Studiensem. 1	Regelsem. 2	Turnus jährlich	Dauer 1 Semester	SWS 6	ECTS-Punkte 9
<b>Modulverantwortliche(r)</b>		M. Fuchs			
<b>Dozent(inn)en</b>		Dozenten der Mathematik			
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>		Nicht-physikalische Wahlpflicht			
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>		Analysis I – III, Lineare Algebra I + II (empfohlen)			
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>		Regelmäßige aktive Teilnahme an der Vorlesung und den begleitenden Übungen; Abschlussprüfung			
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>		Vorlesung (4 SWS), Übung (2 SWS)			
<b>Arbeitsaufwand</b>		60 h Kontaktzeit für die Vorlesung, 30 h Kontaktzeit in den Übungen, 180 h Selbststudium (Vor- und Nachbereitung, Bearbeitung von Übungsaufgaben) – insgesamt 270 h.			
<b>Modulnote</b>		Durch Klausur(en) oder mündliche Prüfung. Der Modus wird zu Beginn der Vorlesung bekannt gegeben.			

#### Inhalt

- Beispiele für partielle Differentialgleichungen, Klassifikation, elementare Lösungsmethoden
- Lineare elliptische Gleichungen der Ordnung zwei: Maximumprinzipien, Existenz- und Eindeutigkeitsaussagen für verschiedene Randwertaufgaben
- Diskussion der Anfangs/Randwertaufgabe für lineare parabolische Probleme
- Einführung in die Theorie nichtlinearer partieller Differentialgleichungen

#### Weitere Informationen

Unterrichtssprache: deutsch, bei Bedarf auch englisch

Literaturhinweise:

J.. Jost, Partielle Differentialgleichungen. Springer 1998

D. Gilbarg, N.S. Trudinger, Elliptic partial differential equations of second order. Springer 1983

F. John, Partial Differential Equations. Springer 1982

A. Friedman, Partial Differential Equations of parabolic type. Prentice-Hall 1964

Weitere Angaben werden jeweils vor Beginn der Vorlesung auf der Vorlesungsseite im Internet bekannt gegeben.

*Methoden:* Information durch Vorlesung; Vertiefung durch Eigentätigkeit (Nacharbeit, Übung)

*Anmeldung:* Bekanntgabe jeweils rechtzeitig vor Semesterbeginn durch Aushang und im Internet

Variationsrechnung					VR
Studiensem. 1	Regelsem. 2	Turnus unregelmäßig	Dauer 1 Semester	SWS 6	ECTS-Punkte 9
<b>Modulverantwortliche(r)</b>		M. Fuchs			
<b>Dozent(inn)en</b>		Dozenten der Mathematik			
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>		Nicht-physikalische Wahlpflicht			
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>		Analysis I – III, Lineare Algebra I + II (empfohlen)			
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>		Regelmäßige, aktive Teilnahme an der Vorlesung und an den begleitenden Übungen; Abschlussprüfung.			
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>		Vorlesung (4 SWS), Übung (2 SWS)			
<b>Arbeitsaufwand</b>		60 h Kontaktzeit für die Vorlesung, 30 h Kontaktzeit in den Übungen, 180 h Selbststudium (Vor- und Nachbereitung, Bearbeitung von Übungsaufgaben) – insgesamt 270 h.			
<b>Modulnote</b>		Durch die Klausur(en) oder mündliche Prüfung. Der Modus wird zu Beginn der Vorlesung bekannt gegeben.			

#### Inhalt

- Beispiele für unendlichdimensionale Extremwertaufgaben: Minimalflächen, Harmonische Abbildungen zwischen Riemannschen Mannigfaltigkeiten, elastisches und plastisches Materialverhalten
- Funktionalanalytische Grundlagen: Sobolevräume und ihre Eigenschaften
- Die direkte Methode der Variationsrechnung: Unterhalbstetigkeitssätze und Existenz schwacher Minima für konvexe Probleme
- Entwicklung einer Regularitätstheorie für einfache Modelle
- Variationsprobleme aus Fluid- und Kontinuumsmechanik

#### Weitere Informationen

Unterrichtssprache: deutsch, bei Bedarf auch englisch

Literaturhinweise:

B. Dacorogna, Direct methods in the calculus of variations. Springer 1988

M. Giaquinta, Multiple integrals in the calculus of variations and nonlinear elliptic systems. Princeton UP 1983

M. Fuchs, Topics In The Calculus Of Variations, Vieweg Verlag 1994

M. Fuchs, G. Seregin, Variational methods for problems from plasticity theory and for generalized Newtonian fluids. Springer LNM 1749 (2000)

Weitere Angaben werden jeweils vor Beginn der Vorlesung auf der Vorlesungsseite im Internet bekannt gegeben.

*Methoden:* Information durch Vorlesung; Vertiefung durch Eigentätigkeit (Nacharbeit, Übung)

*Anmeldung:* Bekanntgabe jeweils rechtzeitig vor Semesterbeginn durch Aushang und im Internet

Modul <b>Funktionalanalysis I</b>					Abk.
Studiensem. <b>1</b>	Regelstudiensem. <b>2</b>	Turnus <b>Jährlich</b>	Dauer <b>1 Semester (WS)</b>	SWS <b>6</b>	ECTS-Punkte <b>9</b>

**Modulverantwortliche/r** Eschmeier, Speicher

**Dozent/inn/en** Dozenten der Mathematik

**Zuordnung zum Curriculum** Nicht-physikalische Wahlpflicht

**Zulassungsvoraussetzungen** Analysis I – III, Lineare Algebra I + II (empfohlen)

**Leistungskontrollen / Prüfungen** Regelmäßige, aktive Teilnahme an der Vorlesung und an den begleitenden Übungen; Abschlussprüfung

**Lehrveranstaltungen / SWS** Vorlesung (4 SWS), Übung (2 SWS)

**Arbeitsaufwand** 60 h Kontaktzeit für die Vorlesung,  
30 h Kontaktzeit in den Übungen,  
180 h Selbststudium (Vor- und Nachbereitung, Bearbeitung von Übungsaufgaben) – insgesamt 270 h

**Modulnote** Durch Klausur(en) oder mündliche Prüfung.  
Der Modus wird zu Beginn der Vorlesung bekannt gegeben.

### Inhalt

- Grundlagen der Topologie
- Normierte Räume, Banachräume, Räume von Operatoren, Banachalgebren
- Dualräume, Satz von Hahn-Banach, schwache Topologien, Reflexivität
- Sätze von der offenen Abbildung und das Prinzip von der gleichmäßigen Beschränktheit
- Kompakte Operatoren, Fredholmoperatoren
- Operatoren auf Hilberträumen
- Analytischer Funktionalkalkül
- C\*-Algebren und Spektralsatz für normale Operatoren

Beherrschung der grundlegenden funktionalanalytischen Methoden, Prinzipien und Techniken.

Weitere Informationen

Unterrichtssprache: deutsch, bei Bedarf auch englisch

Literaturhinweise:

W. Rudin: Functional Analysis, Mc-Graw-Hill, 1991.

H. Schröder, Funktionalanalysis, Akademie-Verlag, Berlin 1997.

Weitere Angaben werden jeweils vor Beginn der Vorlesung auf der Vorlesungsseite im Internet bekannt gegeben.

Methoden: Information durch Vorlesung; Vertiefung durch Eigentätigkeit (Nacharbeit, Übungen).

Anmeldung: Bekanntgabe jeweils rechtzeitig vor Semesterbeginn durch Aushang und im Internet.

Modul <b>Grundlagen der Materialchemie</b>					Abk. <b>MatChem I</b>
Studiensem. <b>6</b>	Regelstudiensem. <b>6</b>	Turnus <b>jährlich</b>	Dauer <b>1 Semester</b>	SWS <b>4</b>	ECTS-Punkte <b>6</b>

<b>Modulverantwortliche/r</b>	Kickelbick
<b>Dozent/inn/en</b>	Kickelbick, Kraus,
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>	Nicht-physikalische Wahlpflicht
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Modul AAI Praktikum PKG: ACI, AnII, OCIII
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>	Abschlussklausur zur Vorlesung (benotet), Seminarvortrag (unbenotet); Praktikum: Testat, Protokolle (unbenotet)
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>	<b>MaC01</b> Einführung in die Materialchemie, 2V + 1S <b>PKG</b> Praktikum Kolloide und Grenzflächen, 3 P
<b>Arbeitsaufwand</b>	<b>MaC01</b> Vorlesung: 7,5 Wochen, 4 SWS 30 h Vor- und Nachbereitung, Prüfung 45 h (zus. 2,5 CP) <b>MaC01</b> Seminar: 7,5 Wochen, 2 SWS 15 h Vor- und Nachbereitung, Prüfung 15 h (zus. 1 CP) <b>PKG</b> 3 Wochen Blockpraktikum 55 h Vor-/Nachbereitung 20 h (zus. 2,5 CP) Summe: 180 h (6 CP)
<b>Modulnote</b>	Note der Klausur. Praktikum und Seminar unbenotet.

### Lernziele/Kompetenzen

Die Studierenden erwerben Kenntnisse in Kernbereichen der Materialchemie und Materialwissenschaften:

#### MaC01:

- Überblick über chemische Bindungen und ihr Einfluss auf Materialeigenschaften
- Verständnis von fundamentalen chemischen Ansätzen zur Synthese von Materialien
- Vergleich verschiedener Methoden zur Charakterisierung von Materialien
- Überblick zur molekularen Materialchemie
- Verständnis der Chemie von Funktionswerkstoffen
- Eigenständiges Erarbeiten eines materialchemischen Themas und Präsentation vor dem Auditorium

#### PKG:

- Verständnis disperser Systeme mit Partikeln verschiedener Größenbereiche
- Synthese von Nanopartikel-Suspensionen auf unterschiedlichen Wegen
- Verständnis des kolloidalen Verhaltens von Partikeln
- Relevanz von Grenzflächen in dispersen Systemen
- Charakterisierung von Suspensionen durch optische Spektroskopie und Streuung
- Kennenlernen technischer Anwendungsbereiche disperser Partikel
- Präparation von Materialien und Schichten aus Partikeln
- Kennenlernen der elektronenmikroskopischen Untersuchung von Partikeln

---

**Inhalt**

**MaC01** *Einführung in die Materialchemie mit Seminar (3,5 CP):*

- Ionische, kovalente und metallische Bindungsbeschreibung und die Auswirkung auf Materialeigenschaften
- Prinzipien der Synthese von Materialien an ausgewählten Materialklassen (z.B. anorganische nichtmetallische Feststoffe)
- Unterschiede in der Synthese von Materialien in Abhängigkeit der Aggregatzustände
- Materialcharakterisierung von Feststoffen und Flüssigkeiten: Möglichkeiten und Grenzen: Röntgenbeugung, Röntgenstreuung, bildgebende Verfahren, NMR-, IR-, Raman-Spektroskopie, thermische Verfahren, Kopplungstechniken)
- Molekulare Materialchemie: Rolle der Gestalt von Molekülen, chemische Reaktivität, Selbstanordnungsphänomene, Kristallisation
- Chemie von ausgewählten Funktionswerkstoffen: Gläser, Hochleistungskeramiken, Membrane, optische und photonische Materialien, Oberflächenchemie von Materialien, Biomaterialien, Nanomaterialien

**PKG** *Praktikum Kolloide und Grenzflächen (2,5 CP):*

5 Gruppen von Experimenten:

- Siliziumdioxidpartikel: Synthese, Modifikation, Charakterisierung, Herstellung eines Opals
- Goldpartikel: Synthese, Modifikation, Charakterisierung, Agglomeration
- Halbleiterpartikel: Synthese, Fluoreszenzeigenschaften, Einbau in ein Nanokomposit
- Titandioxidpartikel: Synthese, Extraktion aus Sonnencreme, Charakterisierung, Photokatalyse
- Keramische und andere Partikel: Rheologie von Schlickern, Rus, Aktivkohle

---

Weitere Informationen

Unterrichtssprache: Deutsch oder Englisch (Unterlagen vielfach auf Englisch)

Literaturhinweise:

**MaC01:**

Vorlesung auf Powerpoint-Folien (zum Download im Internet zugänglich).

Introduction to Materials Chemistry, H.R. Allcock, Wiley

Materials Chemistry, B.D. Fahlman, Springer

Understanding Solids – The Science of Materials, R. Tilley, Wiley

**PKG:**

D. F. Evans and H. Wennerstrom, „The colloidal domain: where physics, chemistry, biology, and technology meet“, 2nd edition, Wiley, 1999.

R. Jelinek, „Nanoparticles“, 1st edition, De Gruyter, 2015.

G. Schmid: „Nanoparticles : from theory to application“, 2nd edition, Wiley, 2010.

T. F. Tadros, „Interfacial Phenomena and Colloid Stability: Basic Principles“, 1st edition, De Gruyter, 2015.

**Anmeldung zum Praktikum** per email: [praktikum-kolloide@uni-saarland.de](mailto:praktikum-kolloide@uni-saarland.de)

Modul <b>Objektorientierte Sprachen und generische Programmierung ITG2 (ab WS 21/22)</b>					Abk. <b>ITG2</b>
Studiensem.	Regelstudiensem	Turnus	Dauer	SWS	ECTS-Punkte
<b>Ba 5, Ma 1</b>	<b>Ba 5, Ma 1</b>	<b>WS</b>	<b>1 Sem.</b>	<b>6</b>	<b>9</b>

<b>Modulverantwortliche/r</b>	Hoffmann	
<b>Dozent/inn/en</b>	Hoffmann, N.N.	
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>	Master-Physik, nicht-phys. Wahlpflicht, Bachelor Physik, Wahlpflichtbereich	
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	keine	
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>	Klausur und/oder Projektarbeiten	
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>	3V 3Ü	
<b>Arbeitsaufwand</b>	- Präsenzzeit Vorlesungen: 15 Wochen à 3 SWS	45 h
	- Präsenzzeit Übung: 5 Wochen à 3 SWS	45 h
	- Vor- und Nachbereitung Vorlesung, Bearbeitung der Übungsaufgaben, Projekt- und Klausurvorbereitung	180 h
	Summe	270 h
<b>Modulnote</b>	benotet	

#### Lernziele/Kompetenzen

Die Veranstaltung vermittelt fundierte theoretische und praktische Kenntnisse aus den Bereichen objektorientierte Programmiersprachen (OOP) und generische Programmierung (GP), sowie elementare Grundlagen über Software Design Pattern (SDP) und über theoretische Informatik (lexikalische und syntaktische Analyse, Datenstrukturen, Algorithmen).

Kenntnisse in OOP, GP und vor allem in SDP stellen fundamentale und außerordentlich nützliche Hilfsmittel bzgl. Algorithmen und Datenstrukturen bei der Implementierung komplexer physikalischer Probleme dar (Simulationen).

Vorkenntnisse: die Kenntnis einer Programmiersprache ist hilfreich in einer Vorlesung über objektorientierte Programmierung, ist aber keine notwendige Bedingung, da wir mit C++ bei „Null“ beginnen.

#### Aus dem Inhalt:

- Theorie und Praxis objektorientierter Programmiersprachen
- Generische Programmierung (Templates, Traits, Constraints, Concepts, SDP)
- Software Design Pattern: „Das richtige Klassen-Konzept für jede Problemkategorie“
- Algorithmen und Datenstrukturen: Deterministische und nicht-deterministische Programmierung, Parallelisierung und Nebenläufigkeit...
- Grundlagen der theoretischen Informatik (Grammatiken, Sprachen, Parser, Code-Generierung)
- Optionale Themen (Linux-Kernelmodule und Device-Treiber, Assembler, Informationstheorie)

#### Weitere Informationen

Für weitere Fragen: <https://alpha.lusi.uni-sb.de/chhof>

Unterrichtssprache: deutsch

#### Literaturhinweise:

Es existiert ein ausführliches, umfangreiches und quasikontinuierlich aktualisiertes Skript inkl. sämtlicher Materialien (Aufgaben, Lösungen, Codes, Datenblätter, Literatur, ...) als Attachments unter

<https://alpha.lusi.uni-sb.de/chhof/Skript.pdf>

Modul <b>Digitalelektronik und digitales Schaltungsdesign (ITG 3) (ab WS 21/22)</b>					Abk. <b>ITG 3</b>
Studiensem.	Regelstudiensem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS-Punkte
<b>2</b>	<b>2</b>	<b>SS</b>	<b>1 Sem.</b>	<b>6</b>	<b>9</b>
<b>Modulverantwortliche/r</b>		Hoffmann			
<b>Dozent/inn/en</b>		Hoffmann, N.N			
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>		Master-Physik, Nicht-physikalische Wahlpflicht			
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>		Keine formale Voraussetzungen			
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>		Klausur und/oder Projektarbeiten			
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>		3V 3Ü			
<b>Arbeitsaufwand</b>		- Präsenzzeit Vorlesungen: 15 Wochen à 3 SWS			45 h
		- Präsenzzeit Übung: 15 Wochen à 3 SWS			45 h
		- Vor- und Nachbereitung Vorlesung, Bearbeitung der Übungsaufgaben, Klausur- oder Prüfungsvorbereitung			180 h
		Summe			270 h
<b>Modulnote</b>		Benotet			

### Lernziele/Kompetenzen

Lernziele: Vermittelt werden breitgefächerte und anwendungsnahe (Grund-)Kenntnisse aus den Gebieten Analog- und Digitalelektronik, sowie analoge und digitale Schaltungstechnik. Dabei steht die Entwicklung einer vollständigen 8-Bit CPU und deren Implementierung auf einem FPGA am Ende der Veranstaltung. Die dazu notwendigen Grundlagen der Automatentheorie, Digitalelektronik und Rechnerarchitektur werden erarbeitet.

Kompetenzen: Wesentliches Ziel ist die Entwicklung des physikalischen Verständnisses für elektronische und elektrotechnische Zusammenhänge und deren Übertragung auf allgemeine physikalische Systeme, sowie die Umsetzung praktischer Mess-, Steuer- und Regeltechniken mit Mitteln der Analog- bzw. Digitalelektronik.

Weitere Kompetenzen: Die Handhabung typischer Messgeräte wie Oszilloskop, Spektrum-Analyzer und Logic-Analyzer zur Analyse und Fehlersuche wird in einer Vielzahl praktischer Aufgaben eingeübt. Damit soll die Veranstaltung eine wesentliche Lücke zwischen der theoretisch-physikalischen Ausbildung und den Anforderungen der experimentellen Arbeit schließen.

Vorkenntnisse: Elementare mathematische und physikalische Kenntnissen der ersten beiden Bachelor-Semester sind hilfreich aber nicht notwendig. Insbesondere sind keine Programmierkenntnisse nötig.

### Inhalt

Einige der Themen sind obligatorisch, einige optional und werden je nach Interessen und Wünschen der Teilnehmer behandelt.

- Grundlagen Analogelektronik: Lineare Systemtheorie, Laplace-Transformation und komplexe Übertragungsfunktion, lineare und nichtlineare elektronische Bauelemente und Kleinsignalanalyse (physikalisch: lineare Störungstheorie)
- Digitalelektronik: Gatter, Boolesche Logik, kombinatorische und sequentielle Schaltungstechnik
- Arbeiten mit Oszilloskop, Spektrum-Analyzer, Logic-Analyzer, etc.
- Entwicklung einer 8-Bit CPU in Verilog und Implementierung auf FPGA



---

**Weitere Informationen**

Für weitere Fragen: <https://alpha.lusi.uni-sb.de/chhof>

Unterrichtssprache: deutsch

Literaturhinweise:

Es existiert ein ausführliches, umfangreiches und quasikontinuierlich aktualisiertes Skript inkl. sämtlicher Materialien (Aufgaben, Lösungen, Codes, Datenblätter, Literatur, ...) als Attachments unter

<https://alpha.lusi.uni-sb.de/chhof/Skript.pdf>

Modul: <b>NanoBioMaterialien (Neue Materialien)</b>					Abkürzung
Studiensemester <b>1-2</b>	Regelstudiensemester <b>2</b>	Turnus <b>jährlich</b>	Dauer <b>2 Semester</b>	SWS <b>4</b>	ECTS-Punkte <b>6</b>
<b>Modulverantwortliche</b>		Prof. Eduard Arzt			
<b>Dozent/inn/en</b>		Arzt und Dozenten des INM,			
<b>Zuordnung zum Curriculum</b> [Pflicht, Wahlpflicht]		nicht-physikalische Wahlpflicht			
<b>Zulassungsvoraussetzungen zur Modulprüfung</b>		Keine			
<b>Prüfungen</b>		Mündl. Prüfung			
<b>Lehrveranstaltungen</b>		Vorlesung NanoBioMaterialien 1 (2V im WS) Vorlesung NanoBioMaterialien 2 (2h im SS)			
<b>Arbeitsaufwand</b>		Nano/Biomaterialien 4 SWS: 60 h Vor- Nachbereitung, mündl. Prüfungen 120 h Summe: 180 h (6 CP)			
<b>Modulnote</b>		Note der Prüfung			
<b>Lernziele/Kompetenzen</b>					
Erlernen der größenabhängigen Eigenschaften auf Nanoebene und ihrer Anwendung für spezifische Materialien Industrielle Bedeutung und Verfahren der Nanobiomaterialien Herstellung und Charakterisierung einfacher Materialien					
<b>Inhalte</b>					
<u>Vorlesung Nano/Biomaterialien 1 und 2</u> Herstellung von Nanopartikeln Nanokomposite Polymere Oberflächenstrukturen Biologische Materialien Nanopartikel in biologischer Umgebung Nanotribologie Mikro/Nanometalle Nanoanalytik II– Mikroskopie Komposit-Materialien für die Optik Schutzschichten PVD/CVD Processes and Biomedical Coatings Biominalisation					
<b>Weitere Informationen</b>					
Unterrichtssprache: Deutsch/Englisch					
Literaturhinweise: werden zu Beginn der Veranstaltung bekannt gegeben.					

Modul <b>Sprachkurse (Niveau mindestens B1, Englisch mindestens C1)</b>					Abk.
Studiensem. <b>1-6</b>	Regelstudiensem. <b>6</b>	Turnus <b>Jedes Semester</b>	Dauer <b>1 Sem.</b>	SWS <b>2-4 &amp; indiv.</b>	ECTS-Punkte <b>Max. 4</b>

<b>Modulverantwortliche/r</b>	Dr. Peter Tischer, Leiter des Sprachenzentrums
<b>Dozent/inn/en</b>	<a href="https://www.szs.uni-saarland.de/personal.html">https://www.szs.uni-saarland.de/personal.html</a>
<b>Zuordnung zum Curriculum</b>	Master Physik, nicht-physikalische Wahlpflicht (einbringbar bei Niveau mindestens B1, für Englisch mindestens C1)
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Für Anfänger: keine Französisch, Englisch, Spanisch: Obligatorischer Einstufungstest Fortgeschrittenenkurse: Nachweise über belegte Kurse bzw. Gespräche mit dem Dozenten
<b>Leistungskontrollen / Prüfungen</b>	Abschlussklausur und Anwesenheit beim Unterricht (mindestens 80%)
<b>Lehrveranstaltungen / SWS</b>	Seminar mit 2 -4 SWS, eigenständiges Lernen mit monatlichen Treffen und 4wöchige Intensivkurse mit 4 h Unterricht täglich. Gruppe von 6 – 40 Studierenden
<b>Arbeitsaufwand</b>	2 SWS: 90 h = 30 h Seminar und 60 h Eigenstudium 4 SWS: 180 h = 80 h Seminar und 100 h Eigenstudium
<b>Modulnote</b>	Unbenotet

---

### Lernziele/Kompetenzen

Auf entsprechendem Niveau:

- Leseverstehen
- Hörverstehen
- Sprechfertigkeit
- Grammatik
- Schreibtraining

---

### Inhalt

Abhängig vom Kurs

---

### Weitere Informationen

Unterrichtssprache: Deutsch und unterrichtete Sprache

Literatur: Kursabhängig

Medienform: Bücher, Beamer, Folien, Tafel, Sprachlabor, Video