

---

# Modulhandbuch

**Masterstudiengang Physik (ab WiSe 16/17)**

**Mathematisch-Naturwissenschaftlich-  
Technische Fakultät**

**Sommersemester 2024**

Prüfungsordnung vom 13.7.2016

---

Die weiteren Verwendungsmöglichkeiten der Module in anderen Studiengängen können Sie im Digicampus einsehen.

---

# Übersicht nach Modulgruppen

## 1) Festkörperphysik (ECTS: 8)

Version 2 (seit WS16/17)

PHM-0044: Experimentelle Festkörperphysik (8 ECTS/LP, Wahlpflicht).....	8
PHM-0046: Theoretische Festkörperphysik (8 ECTS/LP, Wahlpflicht).....	11

## 2) Wissenschaftliches Arbeiten und Präsentieren (ab WiSe 16/17) (ECTS: 34)

Version 7 (seit SoSe24)

### a) Seminar (ECTS: 4)

Version 7 (seit SoSe24)

PHM-0104: Seminar über Zweidimensionales Elektronengas: Theorie und Anwendungen (4 ECTS/LP).....	13
PHM-0090: Seminar über Spektroskopie an funktionalen Materialien (4 ECTS/LP, Wahlpflicht).....	15
PHM-0093: Seminar über Physik dünner Schichten (4 ECTS/LP, Wahlpflicht) *.....	16
PHM-0095: Seminar über Magnetische Resonanz (4 ECTS/LP, Wahlpflicht).....	18
PHM-0096: Seminar on Glass Physics (4 ECTS/LP, Wahlpflicht) *.....	20
PHM-0097: Seminar über Elektronische Eigenschaften der Materie (4 ECTS/LP, Wahlpflicht) *.....	22
PHM-0188: Seminar on Spectroscopy of Organic Semiconductors (4 ECTS/LP, Wahlpflicht) *.....	24
PHM-0197: Seminar on Selected Topics in Nanomagnetism (4 ECTS/LP, Wahlpflicht) *.....	26
PHM-0098: Seminar über Fluidodynamik komplexer Flüssigkeiten (4 ECTS/LP, Wahlpflicht).....	28
PHM-0099: Seminar über Plasmen in Forschung und Industrie (4 ECTS/LP, Wahlpflicht) *.....	30
PHM-0100: Seminar über Ausgewählte Aspekte der Klima- und Atmosphärenforschung (4 ECTS/LP, Wahlpflicht) *.....	32
PHM-0102: Seminar über Moderne Aspekte der Quantentheorie (4 ECTS/LP, Wahlpflicht) *.....	34
PHM-0249: Seminar on Magnetic skyrmions in crystals and thin films (4 ECTS/LP, Wahlpflicht).....	36
PHM-0296: Seminar on Acoustic Effects of Electromagnetic Radiation and their Applications (4 ECTS/LP, Wahlpflicht).....	38
PHM-0302: Seminar on Machine Learning (4 ECTS/LP, Wahlpflicht).....	40

### b) Wissenschaftliches Arbeiten und Präsentieren (ECTS: 30)

Version 7 (seit SoSe24)

PHM-0107: Fachpraktikum (15 ECTS/LP, Pflicht).....	42
PHM-0108: Projektarbeit (15 ECTS/LP, Pflicht).....	44

---

\* = Im aktuellen Semester wird mindestens eine Lehrveranstaltung für dieses Modul angeboten

### 3) Physikalischer Wahlbereich (ab WiSe 16/17) (ECTS: 30 - 33)

#### Version 13 (seit SoSe24)

Hinweis: In den Modulgruppen "Physikalischer Wahlbereich" und "Nebenfach" sind umfangreiche Wahlmöglichkeiten vorgesehen; insgesamt müssen 48 Leistungspunkte erbracht werden. Diese Wahlmöglichkeiten erlauben den Studierenden, nach eigenem Interesse und im Hinblick auf das spätere Berufsziel Schwerpunkte zu setzen. Zurzeit sind die folgenden Nebenfächer zugelassen: Chemie, Materialwissenschaften, Mathematik (jeweils 18 LP); Geographie, Informatik, Philosophie (jeweils 16 LP); Wirtschaftswissenschaften (Betriebswirtschaftslehre), Wirtschaftswissenschaften (Volkswirtschaftslehre) (je 15 LP). Das bedeutet, wenn ein Student oder eine Studentin z. B. ein 16-LP-Nebenfach wählen möchte, muss er oder sie in der Modulgruppe "Physikalischer Wahlbereich" 32 LP erbringen. D. h. die Zahl der Leistungspunkte, die in der Modulgruppe "Physikalischer Wahlbereich" erbracht werden müssen, hängt von der Wahl des Nebenfachs ab. Bitte beachten Sie dies bei der Prüfungsanmeldung!

PHM-0267: Fundamentals of Materials for Energy (6 ECTS/LP, Wahlpflicht).....	46
PHM-0285: Method Course: Computational Biophysics (8 ECTS/LP, Wahlpflicht) *.....	48
PHM-0286: Machine learning in physics (6 ECTS/LP, Wahlpflicht) *.....	50
PHM-0290: Dynamics in quantum matter (6 ECTS/LP).....	52
PHM-0293: Stochastic Processes in Physics (6 ECTS/LP).....	54
PHM-0297: Method Course: Methods in Bioanalytics (8 ECTS/LP, Wahlpflicht) *.....	56
PHM-0362: Quantum Optics (6 ECTS/LP).....	58
PHM-0363: Method Course: Applying Theoretical Concepts from Non-equilibrium Statistical Physics (8 ECTS/LP).....	60
PHM-0044: Experimentelle Festkörperphysik (8 ECTS/LP, Wahlpflicht).....	62
PHM-0046: Theoretische Festkörperphysik (8 ECTS/LP, Wahlpflicht).....	65
PHM-0014: Physikalisches Fortgeschrittenenpraktikum (6 Versuche) (6 ECTS/LP, Wahlpflicht) *.....	67
PHM-0049: Nanostructures / Nanophysics (6 ECTS/LP, Wahlpflicht) *.....	69
PHM-0051: Biophysics and Biomaterials (6 ECTS/LP, Wahlpflicht) *.....	71
PHM-0052: Solid State Spectroscopy with Synchrotron Radiation and Neutrons (6 ECTS/LP, Wahlpflicht) *.....	73
PHM-0219: Moderne Optik (6 ECTS/LP, Wahlpflicht) *.....	75
PHM-0056: Ion-Solid Interaction (6 ECTS/LP, Wahlpflicht).....	77
PHM-0057: Physics of Thin Films (6 ECTS/LP, Wahlpflicht).....	79
PHM-0058: Organic Semiconductors (6 ECTS/LP, Wahlpflicht).....	81
PHM-0059: Magnetism (6 ECTS/LP, Wahlpflicht) *.....	83
PHM-0060: Low Temperature Physics (6 ECTS/LP, Wahlpflicht).....	85

---

\* = Im aktuellen Semester wird mindestens eine Lehrveranstaltung für dieses Modul angeboten

# Inhaltsverzeichnis

---

PHM-0061: Plasmaphysik und Fusionsforschung (6 ECTS/LP, Wahlpflicht) *	87
PHM-0193: Plasma-Material-Wechselwirkung (6 ECTS/LP, Wahlpflicht) *	89
PHM-0063: Physik der Atmosphäre I (6 ECTS/LP, Wahlpflicht)	91
PHM-0065: Physik der Atmosphäre II (6 ECTS/LP) *	93
PHM-0066: Superconductivity (6 ECTS/LP, Wahlpflicht)	95
PHM-0067: Complex Materials: Fundamentals and Applications (8 ECTS/LP, Wahlpflicht) *	97
PHM-0068: Spintronics (6 ECTS/LP, Wahlpflicht)	99
PHM-0069: Applied Magnetic Materials and Methods (6 ECTS/LP, Wahlpflicht)	101
PHM-0117: Surfaces and Interfaces (6 ECTS/LP, Wahlpflicht)	103
PHM-0199: Understanding Correlated Materials (6 ECTS/LP, Wahlpflicht) *	105
PHM-0203: Physics of Cells (6 ECTS/LP, Wahlpflicht)	108
PHM-0252: Optical Excitations in Materials (6 ECTS/LP, Wahlpflicht) *	110
PHM-0084: Theorie der kondensierten Materie (8 ECTS/LP, Wahlpflicht)	112
PHM-0070: Vielteilchentheorie (8 ECTS/LP, Wahlpflicht) *	114
PHM-0071: Nonequilibrium Statistical Physics (8 ECTS/LP, Wahlpflicht) *	116
PHM-0073: Relativistische Quantenfeldtheorie (8 ECTS/LP, Wahlpflicht)	118
PHM-0083: Computational Physics and Materials Science (8 ECTS/LP, Wahlpflicht)	120
PHM-0187: Mathematik und Physik der Raum-Zeit (8 ECTS/LP, Wahlpflicht)	122
PHM-0206: Method Course: Infrared Microspectroscopy under Pressure (8 ECTS/LP, Wahlpflicht) *	124
PHM-0223: Method Course: Tools for Scientific Computing (8 ECTS/LP, Wahlpflicht) *	126
PHM-0228: Symmetry concepts and their applications in solid state physics and materials science (6 ECTS/LP, Wahlpflicht)	129
PHM-0225: Analog Electronics for Physicists and Materials Scientists (6 ECTS/LP, Wahlpflicht)	131
PHM-0226: Digital Electronics for Physicists and Materials Scientists (6 ECTS/LP, Wahlpflicht) *	132
PHM-0150: Method Course: Spectroscopy on Condensed Matter (8 ECTS/LP, Wahlpflicht)	134
PHM-0294: Introduction to theory of soft and living matter (6 ECTS/LP, Wahlpflicht)	136
PHM-0291: Quantum Computing (6 ECTS/LP, Wahlpflicht)	138
PHM-0368: Field-theory of classical and quantum collective dynamics (6 ECTS/LP, Wahlpflicht) *... 140	140
PHM-0287: Method Course: Spectroscopy of Organic Semiconductors (8 ECTS/LP, Wahlpflicht) *	142
PHM-0365: Method Course: Research Challenges in Biophysics (8 ECTS/LP, Wahlpflicht) *	144

---

\* = Im aktuellen Semester wird mindestens eine Lehrveranstaltung für dieses Modul angeboten

PHM-0224: Method Course: Theoretical Concepts and Simulation (8 ECTS/LP, Wahlpflicht) * .....	146
PHM-0048: Physics and Technology of Semiconductor Devices (6 ECTS/LP, Wahlpflicht) * .....	148

## 4) Nebenfach (ab WiSe 16/17) (ECTS: 15 - 18)

### Version 10 (seit SoSe24)

Hinweis: In den Modulgruppen "Physikalischer Wahlbereich" und "Nebenfach" sind umfangreiche Wahlmöglichkeiten vorgesehen; insgesamt müssen 48 Leistungspunkte erbracht werden. Diese Wahlmöglichkeiten erlauben den Studierenden, nach eigenem Interesse und im Hinblick auf das spätere Berufsziel Schwerpunkte zu setzen. Zurzeit sind die folgenden Nebenfächer zugelassen: Chemie, Materialwissenschaften, Mathematik (jeweils 18 LP); Informatik, Philosophie (jeweils 16 LP); Geographie, Wirtschaftswissenschaften (Betriebswirtschaftslehre), Wirtschaftswissenschaften (Volkswirtschaftslehre) (je 15 LP). Das bedeutet, wenn ein Student oder eine Studentin z. B. ein 16-LP-Nebenfach wählen möchte, muss er oder sie in der Modulgruppe "Physikalischer Wahlbereich" 32 LP erbringen. D. h. die Zahl der Leistungspunkte, die in der Modulgruppe "Physikalischer Wahlbereich" erbracht werden müssen, hängt von der Wahl des Nebenfachs ab. Bitte beachten Sie dies bei der Prüfungsanmeldung!

### a) Chemie (ECTS: 18)

#### Version 10 (seit SoSe24)

PHM-0218: Novel Methods in Solid State NMR Spectroscopy (6 ECTS/LP, Wahlpflicht).....	150
PHM-0269: Materialien zur elektrochemischen Energiespeicherung (6 ECTS/LP, Wahlpflicht) * .....	151
PHM-0271: Photonische Materialien (6 ECTS/LP, Wahlpflicht).....	153
PHM-0277: Grundzüge der Seltenerdchemie (6 ECTS/LP, Wahlpflicht) * .....	155

### b) Materialwissenschaften (ECTS: 18)

#### Version 10 (seit SoSe24)

PHM-0267: Fundamentals of Materials for Energy (6 ECTS/LP, Wahlpflicht).....	157
PHM-0117: Surfaces and Interfaces (6 ECTS/LP, Wahlpflicht).....	159
PHM-0110: Materials Chemistry (6 ECTS/LP, Wahlpflicht).....	161
PHM-0122: Non-Destructive Testing (6 ECTS/LP, Wahlpflicht).....	163
MRM-0112: Finite-Elemente-Modellierung von Multiphysik-Phänomenen (6 ECTS/LP, Wahlpflicht) * .....	165
PHM-0253: Dielectric Materials (6 ECTS/LP, Wahlpflicht) * .....	167
PHM-0218: Novel Methods in Solid State NMR Spectroscopy (6 ECTS/LP, Wahlpflicht).....	169

### c) Mathematik (ECTS: 18)

#### Version 10 (seit SoSe24)

MTH-1040: Analysis III (9 ECTS/LP, Wahlpflicht).....	170
MTH-1240: Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen (9 ECTS/LP, Wahlpflicht) * .....	172

MTH-1110: Gewöhnliche Differentialgleichungen (9 ECTS/LP, Wahlpflicht).....	174
MTH-1150: Einführung in die Stochastik (Stochastik I) (9 ECTS/LP, Wahlpflicht).....	176
MTH-1160: Statistik (Stochastik II) (= Statistik (Stochastik II)) (9 ECTS/LP, Wahlpflicht) *.....	178
MTH-1100: Funktionalanalysis (9 ECTS/LP, Wahlpflicht) *.....	179
MTH-1050: Einführung in die Algebra (9 ECTS/LP, Wahlpflicht).....	180
MTH-1070: Einführung in die Geometrie (9 ECTS/LP, Wahlpflicht) *.....	182
MTH-1220: Topologie (= Topologie) (9 ECTS/LP, Wahlpflicht).....	184
MTH-1080: Funktionentheorie (9 ECTS/LP, Wahlpflicht) *.....	186
MTH-1140: Einführung in die Optimierung (Optimierung I) (9 ECTS/LP, Wahlpflicht) *.....	188
MTH-1200: Nichtlineare und kombinatorische Optimierung (Optimierung II) (9 ECTS/LP, Wahlpflicht).....	190
MTH-1560: Stochastische Differentialgleichungen (9 ECTS/LP, Wahlpflicht) *.....	192
MTH-1550: Nichtlineare partielle Differentialgleichungen (9 ECTS/LP, Wahlpflicht) *.....	194
MTH-2290: Theorie partieller Differentialgleichungen (= Theorie partieller Differentialgleichungen) (9 ECTS/LP, Wahlpflicht).....	196

## **d) Geographie (ECTS: 16)**

Version 10 (seit SoSe24)

GEO-1801: Vorlesung Physische Geographie 1 (5 ECTS/LP, Wahlpflicht).....	197
GEO-1805: Vorlesung Humangeographie 1 (5 ECTS/LP, Wahlpflicht).....	199
GEO-1803: Vorlesung Physische Geographie 2 (5 ECTS/LP, Wahlpflicht) *.....	201
GEO-1807: Vorlesung Humangeographie 2 (5 ECTS/LP, Wahlpflicht) *.....	203
GEO-2802: Methoden der Geographie (5 ECTS/LP, Wahlpflicht).....	205
GEO-2804: Fernerkundung (5 ECTS/LP, Wahlpflicht) *.....	206
GEO-2803: Kartographie (5 ECTS/LP, Wahlpflicht) *.....	208
GEO-2805: Geographische Informationssysteme (5 ECTS/LP, Wahlpflicht).....	210

## **e) Informatik (ECTS: 16)**

Version 10 (seit SoSe24)

INF-0111: Informatik 3 (8 ECTS/LP, Wahlpflicht).....	211
INF-0138: Systemnahe Informatik (8 ECTS/LP, Wahlpflicht) *.....	213
INF-0081: Kommunikationssysteme (8 ECTS/LP, Wahlpflicht).....	215
INF-0087: Multimedia Grundlagen I (8 ECTS/LP, Wahlpflicht).....	217
INF-0166: Multimedia Grundlagen II (8 ECTS/LP, Wahlpflicht) *.....	219

INF-0073: Datenbanksysteme (8 ECTS/LP, Wahlpflicht).....	221
INF-0440: Quantum Algorithms (5 ECTS/LP, Wahlpflicht) *.....	223
INF-0316: Machine Learning and Computer Vision (8 ECTS/LP, Wahlpflicht) *.....	226

## **f) Philosophie (ECTS: 16)**

Version 10 (seit SoSe24)

PHI-0026: Überblick Philosophiegeschichte/Systematik (8 ECTS/LP, Wahlpflicht) *.....	228
PHI-0027: Text und Diskurs Philosophiegeschichte/Systematik (8 ECTS/LP, Wahlpflicht) *.....	231

## **g) Wirtschaftswissenschaften (Betriebswirtschaftslehre) (ECTS: 15)**

Version 10 (seit SoSe24)

WIW-0001: Kostenrechnung (5 ECTS/LP, Wahlpflicht) *.....	236
WIW-0014: Bilanzierung I (5 ECTS/LP, Wahlpflicht).....	238
WIW-0002: Bilanzierung II (5 ECTS/LP, Wahlpflicht) *.....	240
WIW-0003: Investition und Finanzierung (5 ECTS/LP, Wahlpflicht) *.....	242
WIW-0004: Produktion und Logistik (5 ECTS/LP, Wahlpflicht).....	244
WIW-0005: Marketing (5 ECTS/LP, Wahlpflicht) *.....	246
WIW-0006: Organisation und Personalwesen (5 ECTS/LP, Wahlpflicht).....	248
WIW-0007: Wirtschaftsinformatik (5 ECTS/LP, Wahlpflicht).....	250

## **h) Wirtschaftswissenschaften (Volkswirtschaftslehre) (ECTS: 15)**

Version 10 (seit SoSe24)

WIW-0008: Mikroökonomik I (5 ECTS/LP, Wahlpflicht) *.....	251
WIW-0009: Mikroökonomik II (5 ECTS/LP, Wahlpflicht) *.....	253
WIW-0010: Makroökonomik I (5 ECTS/LP, Wahlpflicht) *.....	255
WIW-0011: Makroökonomik II (5 ECTS/LP, Wahlpflicht).....	257
WIW-0012: Wirtschaftspolitik (5 ECTS/LP, Wahlpflicht).....	259

## **5) Abschlussleistung (ECTS: 30)**

Version 1 (seit WS15/16)

PHM-0205: Masterarbeit (30 ECTS/LP, Pflicht).....	261
---	-----

<b>Modul PHM-0044: Experimentelle Festkörperphysik</b> <i>Experimental Solid State Physics</i>		8 ECTS/LP
Version 1.0.1 (seit WS09/10) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. István Kézsmárki		
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kristallstrukturen und Symmetrieeigenschaften</li> <li>• Strukturanalyse: Röntgen-/Neutronendiffraktion/Tunnel-,Kraftmikroskopie</li> <li>• Elektronischen Struktur von Kristallen: Freies Elektronengas, Energiebänder, Dynamik von Kristallelektronen</li> <li>• Dielektrische Eigenschaften von Kristallen: Polarisation, dielektrischer Tensor, Ferroelektrizität</li> <li>• Optische Anregungen: optische Phononen, Kristallfeldanregungen, Exzitonen, Bandübergänge</li> <li>• Magnetische Eigenschaften von Festkörpern</li> <li>• Supraleitung</li> </ul>		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden kennen Konzepte, Phänomenologie und experimentelle Methoden zur Erforschung von Struktur und Dynamik kondensierter Materie.</li> <li>• Die Studierenden haben Fertigkeiten, komplexe Experimente selbständig durchzuführen; sie sind vertraut mit allgemeinen Auswertemethoden und können selbständig Messdaten bewerten und analysieren.</li> <li>• Die Studierenden besitzen die Kompetenz, übergreifende Problemstellungen im Bereich der experimentellen Festkörperphysik selbständig zu bearbeiten. Dies umfasst insbesondere die kritische Wertung der Messergebnisse und detaillierte Interpretationen experimenteller Ergebnisse durch aktuelle Theorien.</li> <li>• Die Studierenden erwerben analytisch-methodische Kompetenzen des wissenschaftlichen und logischen Denkens und der Literaturrecherche mit englischer Fachliteratur.</li> <li>• Die Studierenden kennen die Grundsätze guter wissenschaftlicher Praxis.</li> </ul>		
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 240 Std. 90 Std. Vorlesung und Übung (Präsenzstudium) 30 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes anhand bereitgestellter Unterlagen (Selbststudium) 30 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes durch Literatur (Selbststudium) 90 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes Übung/Fallstudien (Selbststudium)		
<b>Voraussetzungen:</b> Das Modul baut auf den Inhalten der Bachelor-Vorlesungen Physik I - III, Theoretische Physik I - IV und insbesondere auf Physik IV auf.		
<b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Wintersemester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> ab dem 1.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 6	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	

<b>Modulteile</b>
<b>Modulteil: Experimentelle Festkörperphysik</b> <b>Lehrformen:</b> Vorlesung <b>Sprache:</b> Deutsch <b>SWS:</b> 4
<b>Lernziele:</b> siehe Modulbeschreibung

**Inhalte:**

- Dielektrische Funktion des Elektronengases
  - Dispersionsrelation elektromagnetischer Wellen
  - Plasmaschwingungen
  - Polaritonen
  - Polaronen und Exzitonen
- Dielektrische Festkörper
  - Dielektrische Konstante
  - Polarisierbarkeit, Innere Felder
- Polare Ordnung
  - Ferroelektrizität
  - Anti-Ferroelektrizität
- Optische Spektroskopie
  - FIR und Raman Streuung
  - Elektronenspektroskopie
- Magnetismus von Festkörpern
  - Grundbegriffe und Einleitung
  - Magnetische Momente im Festkörper
  - Diamagnetismus
  - Paramagnetismus
  - Magnetische Wechselwirkung
  - Ferro- und Antiferromagnetismus
  - Magnetische Domänen
- Magnetische Resonanz
  - Blochgleichung
  - NMR und ESR
- Supraleitung
  - Grundbegriffe und Phänomenologie
  - Meißner-Effekt, Eindringtiefe, Kohärenzlänge
  - Thermodynamik
  - Grundlagen der BCS-Theorie
  - Hochtemperatur- und unkonventionelle Supraleiter

**Literatur:**

- R. Gross, A. Marx, Festkörperphysik (De Gruyter)
- N.W. Ashcroft, N.D. Mermin, Festkörperphysik (Oldenbourg)
- Ch. Kittel, Einführung in die Festkörperphysik (Oldenbourg)
- D. Craik, Magnetism: Principles and Applications
- N. Spaldin, Magnetic Materials
- W. A. Harrison, Electronic Structure and the Properties of Solids
- W. Buckel, Supraleitung

**Modulteil: Übung zu Experimentelle Festkörperphysik**

**Lehrformen:** Übung

**Sprache:** Deutsch

**SWS:** 2

**Lernziele:**

siehe Modulbeschreibung

**Prüfung**

**Experimentelle Festkörperphysik**

Klausur / Prüfungsdauer: 120 Minuten, benotet

<b>Modul PHM-0046: Theoretische Festkörperphysik</b> <i>Theoretical Solid State Physics</i>		8 ECTS/LP
Version 2.1.0 (seit WS16/17) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Liviu Chioncel		
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kristallstruktur, reziprokes Gitter</li> <li>• Nichtwechselwirkende Elektronen im periodischen Potential: Bloch-Theorem, Störungstheorie, stark gebundene Elektronen</li> <li>• Semiklassische Dynamik von Blochelektronen: Zener-Durchbruch, Semiklassik im konstanten Magnetfeld, Drude-Theorie, Diffusion</li> <li>• Gitterdynamik: Born-Oppenheimer-Näherung, Phononen, Debye- und Einstein-Modell</li> <li>• Elektron-Elektron-Wechselwirkung: Hartree-Fock-Näherung, Dichtefunktionaltheorie, Abschirmung</li> <li>• Formalismus der zweiten Quantisierung</li> </ul>		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden kennen die Grundlagen und Methoden der quantentheoretischen Beschreibung von Festkörpern und ihren Eigenschaften im Rahmen nicht wechselwirkender Vielteilchensysteme bzw. effektiver Einteilchentheorien,</li> <li>• sind in der Lage, physikalische Fragestellungen der Festkörperphysik theoretisch zu formulieren und durch Anwendung geeigneter Näherungsmethoden zu untersuchen,</li> <li>• haben die Fähigkeit, Problemstellungen in den genannten Teilgebieten selbständig zu bearbeiten.</li> <li>• Integrierter Erwerb von Schlüsselqualifikationen: eigenständiges Arbeiten mit englischsprachiger Fachliteratur, Erfassen komplexer Zusammenhänge und deren modellhafte Darstellung mit Hilfe mathematischer Strukturen, Methodenkompetenz</li> </ul>		
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 240 Std. 30 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes anhand bereitgestellter Unterlagen (Selbststudium) 90 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes Übung/Fallstudien (Selbststudium) 30 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes durch Literatur (Selbststudium) 90 Std. Vorlesung und Übung (Präsenzstudium)		
<b>Voraussetzungen:</b> Das Modul baut insbesondere auf den Inhalten der Bachelor-Vorlesungen Theoretische Physik II + III und Physik IV auf.		
<b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Wintersemester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> ab dem 1.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 6	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	

<b>Modulteile</b>
<b>Modulteil: Theoretische Festkörperphysik</b> <b>Lehrformen:</b> Vorlesung <b>Sprache:</b> Deutsch <b>SWS:</b> 4
<b>Lernziele:</b> siehe Modulbeschreibung
<b>Inhalte:</b> siehe Modulbeschreibung

**Literatur:**

- N. W. Ashcroft and N. D. Mermin, Solid State Physics (Rinehart and Winston)
- J. Callaway, Quantum Theory of the Solid State (Academic)
- P. Coleman, Introduction to Many Body Physics (Cambridge)
- P. Fulde, Electron Correlations in Molecules and Solids (Springer)
- G. Giuliani and G. Vignale, Quantum Theory of the Electron Liquid (Cambridge)
- C. Kittel, Quantum Theory of Solids (Wiley)
- P. L. Taylor and O. Heinonen, A Quantum Approach to Condensed Matter Physics (Cambridge)
- J. M. Ziman, Prinzipien der Festkörpertheorie (Harri Deutsch)

**Modulteil: Übung zu Theoretische Festkörperphysik**

**Lehrformen:** Übung

**Sprache:** Deutsch

**SWS:** 2

**Lernziele:**

siehe Modulbeschreibung

**Prüfung**

**Theoretische Festkörperphysik**

Mündliche Prüfung / Prüfungsdauer: 45 Minuten, benotet

<b>Modul PHM-0104: Seminar über Zweidimensionales Elektronengas: Theorie und Anwendungen</b> <i>Seminar on Two-Dimensional Electron Gas: Theory and Applications</i>		4 ECTS/LP
Version 2.0.0 (seit WS23/24) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Klaus Ziegler PD Dr. Udo Schwingenschlögl		
<b>Inhalte:</b> Folgende Themen bzw. Themenkreise werden behandelt: <ul style="list-style-type: none"> <li>• ganzzahliger und fraktionaler Quanten-Hall-Effekt</li> <li>• Quantenpunkte</li> <li>• Resonantes Tunneln</li> <li>• Zyklotron-Resonanz</li> <li>• zweidimensionale Materialien</li> <li>• topologische Randzustände</li> </ul>		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden kennen die Denkweisen und theoretischen Methoden in einem modernen Spezialgebiet der Halbleiter- und Nanophysik, einschließlich einiger wichtiger technologischer Anwendungsmöglichkeiten.</li> <li>• Sie besitzen die Fertigkeit, sich unter Verwendung moderner Methoden der Literaturrecherche selbständig in ein aktuelles Themengebiet einzuarbeiten und dieses zu durchdringen. Sie sind in der Lage, das Thema mit angemessener Medienunterstützung anschaulich und überzeugend darzustellen.</li> <li>• Die Studierenden sind kompetent in der eigenständigen Bearbeitung eines vorgegebenen, speziellen Themas. Sie können das Thema strukturiert darstellen und ihre eigenen Bewertungen dazu in der Diskussion mit den übrigen Seminarteilnehmern vertreten.</li> </ul>		
<b>Bemerkung:</b> Bei der Auswahl der Vortragsthemen können die Wünsche der Studierenden berücksichtigt werden.		
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 120 Std. 90 Std. Vorbereitung von Präsentationen (Selbststudium) 30 Std. Seminar (Präsenzstudium)		
<b>Voraussetzungen:</b> gute Kenntnisse der Quantenmechanik, der Statistischen Physik und der Festkörpertheorie		
<b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Wintersemester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> ab dem 2.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 2	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	
<b>Modulteile</b>		
<b>Modulteil: Seminar über Zweidimensionales Elektronengas: Theorie und Anwendungen</b> <b>Lehrformen:</b> Seminar <b>Sprache:</b> Englisch / Deutsch <b>Angebotshäufigkeit:</b> jährlich <b>SWS:</b> 2		
<b>Lernziele:</b> siehe Modulbeschreibung		
<b>Inhalte:</b> siehe Modulbeschreibung		

**Literatur:**

- G. Bauer, F. Kuchar, H. Heinrich, Two-dimensional systems: physics and devices (Springer)
- L. L. Chang, L. Esaki, Semiconductor quantum heterostructures, Physics Today, 36 (1992)
- F. Capasso, S. Datta, Quantum electron devices, Physics Today, 74 (1990)
- T. Ando, A.B. Fowler, F. Stern, Electronic properties of two-dimensional systems, Rev. Mod. Phys.
- D. Heitmann, J. Kotthaus, The spectroscopy of quantum dot barrays, Physics Today, 56 (1993)
- S. Datta, Transport in Mesoscopic Systems (Cambridge)
- Y. Imry, Introduction to Mesoscopic Physics (Oxford)
- R. Prange, S. Girvin, The quantum Hall effect (Springer-Verlag)
- A. H. Castro Neto et al., The electronic properties of grapheme, Rev. Mod. Phys.
- A. K. Geim, K.S. Novoselov, The rise of graphene, Nature Materials
- M. I. Katsnelson, K.S. Novoselov, A.K. Geim, Chiral Tunneling and the Klein paradox in graphene, Nature Physics

**Prüfung**

**Seminar über Zweidimensionales Elektronengas: Theorie und Anwendungen**

Seminar / Prüfungsdauer: 60 Minuten, unbenotet

<b>Modul PHM-0090: Seminar über Spektroskopie an funktionalen Materialien</b> <i>Seminar on Spectroscopy of Functional Materials</i>		4 ECTS/LP
Version 1.0.0 (seit WS09/10) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Christine Kuntscher		
<b>Inhalte:</b> Verschiedene funktionale Materialien werden diskutiert hinsichtlich ihrer: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Herstellungsmethode,</li> <li>• anwendungsrelevanten physikalischen und chemischen Eigenschaften,</li> <li>• geeigneten spektroskopischen Charakterisierungsmethode,</li> <li>• möglichen bzw. bereits realisierten Anwendungen.</li> </ul> Beispiele der diskutierten funktionalen Materialien sind: Kohlenstoff-Nanostrukturen (Fullerene, Kohlenstoff-Nanoröhren), Supraleiter, Hochtemperatursupraleiter, Materialien mit kolossalem Magnetowiderstand, Ferroelektrika, Multiferroika, dünne Filme und Oberflächen, anorganische und organische Schichtstrukturen.		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden kennen aktuelle Forschungsthemen aus dem Gebiet der funktionalen Materialien und kennen deren spektroskopische Charakterisierungsmethoden und mögliche Anwendungen.</li> <li>• Sie besitzen die Fertigkeit, sich selbständig in ein aktuelles Themengebiet einzuarbeiten und die erworbenen Kenntnisse überzeugend zu kommunizieren.</li> <li>• Die Studierenden sind kompetent in der selbständigen Bearbeitung und strukturierten Darstellung eines vorgegebenen speziellen Themas.</li> </ul>		
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 120 Std. 90 Std. Vorbereitung von Präsentationen (Selbststudium) 30 Std. Seminar (Präsenzstudium)		
<b>Voraussetzungen:</b> Es wird empfohlen das Modul Solid State Spectroscopy zuerst zu absolvieren.		
<b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Sommersemester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> ab dem 2.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 2	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	
<b>Modulteile</b>		
<b>Modulteil: Seminar über Spektroskopie an funktionalen Materialien</b> <b>Lehrformen:</b> Seminar <b>Sprache:</b> Deutsch <b>SWS:</b> 2		
<b>Lernziele:</b> siehe Modulbeschreibung		
<b>Inhalte:</b> siehe Modulbeschreibung		
<b>Literatur:</b> Es werden Originalartikel aus der Fachliteratur zu dem jeweiligen Thema ausgegeben.		
<b>Prüfung</b> <b>Seminar über Spektroskopie an funktionalen Materialien</b> Seminar / Prüfungsdauer: 60 Minuten, unbenotet		

<b>Modul PHM-0093: Seminar über Physik dünner Schichten</b> <i>Seminar on Physics of Thin Films</i>		4 ECTS/LP
Version 1.0.0 (seit WS09/10) Modulverantwortliche/r: apl. Prof. Dr. Helmut Karl		
<b>Inhalte:</b> Folgende Themen bzw. Themenkreise werden behandelt: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Herstellungsmethoden (Thermisches Aufdampfen PVD, Sputtern, CVD, Laserablation, MBE, ALD)</li> <li>• Materialien (Metalle, Halbleiter, Isolatoren, Oxide, organische Materialien)</li> <li>• Schichtwachstum (Epitaxie, Keimbildung, Wachstum, Texturbildung)</li> <li>• Charakterisierung (Topographie, Elementzusammensetzung, Kristallstruktur, Textur, Mikro- und Nanostruktur mittels REM, TEM, STM, AFM, XRD, EDX, RBS, RHEED, LEED, Raman, IR)</li> <li>• Physikalische Eigenschaften (elektrisch, mechanisch, optisch)</li> <li>• Dotierung</li> <li>• Grenzflächen</li> </ul>		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden kennen die wichtigsten Herstellungsverfahren, Charakterisierungsmethoden und physikalischen Eigenschaften dünner Schichten,</li> <li>• besitzen die Fertigkeit, sich selbständig in ein aktuelles Themengebiet einzuarbeiten und die erworbenen Kenntnisse überzeugend zu präsentieren, und</li> <li>• sind kompetent in der selbständigen Bearbeitung und strukturierten Darstellung eines vorgegebenen, speziellen Themas.</li> </ul>		
<b>Bemerkung:</b> Bei der Auswahl der Vortragsthemen können die Wünsche der Studierenden berücksichtigt werden.		
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 120 Std. 90 Std. Vorbereitung von Präsentationen (Selbststudium) 30 Std. Seminar (Präsenzstudium)		
<b>Voraussetzungen:</b> Grundkenntnisse aus Physik I - IV, Festkörperphysik		
<b>Angebotshäufigkeit:</b> jährlich	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> ab dem 2.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 2	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	
<b>Modulteile</b>		
<b>Modulteil: Seminar über Physik dünner Schichten</b> <b>Lehrformen:</b> Seminar <b>Sprache:</b> Deutsch <b>SWS:</b> 2		
<b>Lernziele:</b> siehe Modulbeschreibung		
<b>Inhalte:</b> siehe Modulbeschreibung		

**Literatur:**

- Klug and Alexander: X-ray diffraction procedures for polycrystalline and amorphous materials (Wiley, 1974)
- Spieß, Schwarzer, Behnken, Teichert: Moderne Röntgenbeugung (Vieweg + Teubner, 2005)
- Kleber: Einführung in die Kristallographie (Oldenbourg)
- Handbook of Deposition Technologies for Films and Coatings, edited by R. Bunshah (Noyes, 1994)

**Zugeordnete Lehrveranstaltungen:**

**Seminar über Physik dünner Schichten** (Seminar)

*\*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.\**

**Prüfung**

**Seminar über Physik dünner Schichten**

Seminar / Prüfungsdauer: 60 Minuten, unbenotet

<b>Modul PHM-0095: Seminar über Magnetische Resonanz</b> <i>Seminar on Magnetic Resonance</i>		4 ECTS/LP
Version 1.0.0 (seit WS09/10) Modulverantwortliche/r: Dr. Hans-Albrecht Krug von Nidda		
<b>Inhalte:</b> Folgende Themen werden behandelt: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Magnetische Momente von freien Ionen</li> <li>• Magnetische Suszeptibilität im Festkörper</li> <li>• Dynamik der Magnetisierung: Blochgleichungen</li> <li>• Grundlagen der gepulsten Kernspinresonanz</li> <li>• Grundlagen der Elektronenspinresonanz</li> <li>• Magnetische Resonanz in Industrie und Geologie</li> <li>• Kernspintomographie in der Medizin</li> <li>• Magnetische Resonanz im Festkörper</li> <li>• Anregung von Spinwellen</li> <li>• Magnetische Solitonen und Vortizes</li> <li>• Neutronenstreuung</li> <li>• Myonenspinrotation</li> </ul>		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden verstehen die physikalischen Grundlagen von Kern- und Elektronenspinresonanz,</li> <li>• kennen die Anwendungsmöglichkeiten der magnetischen Resonanz sowohl in der Festkörperphysik, als auch in anderen Bereichen wie Chemie, Geologie, Medizin und Industrie,</li> <li>• besitzen die Fähigkeit, sich selbstständig in ein wissenschaftliches Thema einzuarbeiten und</li> <li>• sind kompetent, das Thema anschaulich und umfassend zu präsentieren.</li> </ul>		
<b>Bemerkung:</b> Bei der Auswahl der Vortragsthemen können die Wünsche der Studierenden berücksichtigt werden.		
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 120 Std. 30 Std. Seminar (Präsenzstudium) 90 Std. Vorbereitung von Präsentationen (Selbststudium)		
<b>Voraussetzungen:</b> Grundkenntnisse der Quantenmechanik		
<b>Angebotshäufigkeit:</b> jährlich	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> ab dem 2.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 2	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	
<b>Modulteile</b>		
<b>Modulteil: Seminar über Magnetische Resonanz</b> <b>Lehrformen:</b> Seminar <b>Sprache:</b> Deutsch <b>SWS:</b> 2		
<b>Lernziele:</b> siehe Modulbeschreibung		
<b>Inhalte:</b> siehe Modulbeschreibung		

**Literatur:**

- C. Kittel, Einführung in die Festkörperphysik (Oldenbourg)
- G. E. Pake, T. L. Estle, The Physical Principles of Electron Paramagnetic Resonance (Benjamin)
- 24. IFF Ferienkurs, Magnetismus von Festkörpern und Grenzflächen (ausgewählte Vorlesungsmanuskripte)
- Originalarbeiten aus wissenschaftlichen Zeitschriften

**Prüfung**

**Seminar über Magnetische Resonanz**

Seminar / Prüfungsdauer: 60 Minuten, unbenotet

<b>Modul PHM-0096: Seminar on Glass Physics</b> <i>Seminar on Glass Physics</i>		4 ECTS/LP
Version 1.0.0 (seit WS09/10) Modulverantwortliche/r: PD Dr. Peter Lunkenheimer		
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Technische Gläser</li> <li>• Polymere</li> <li>• Metallische Gläser</li> <li>• Relaxationsphänomene</li> <li>• Modelle zum Glasübergang</li> <li>• Alterungsphänomene in Gläsern</li> <li>• Nicht-strukturelle Gläser</li> <li>• Ionenleitung</li> <li>• Elektronen in Gläsern</li> </ul>		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden kennen die Phänomenologie des Glaszustandes und des Glasübergangs, die Materialeigenschaften von Gläsern, deren technische Anwendungen und die wichtigsten Modellbeschreibungen von glasbildender Materie. Sie verfügen über Kenntnisse zur Gestaltung von wissenschaftlichen Präsentationen.</li> <li>• Sie besitzen die Fertigkeit, sich unter Verwendung verschiedener Informationsquellen selbständig in ein physikalisches oder materialwissenschaftliches Themengebiet einzuarbeiten. Sie sind in der Lage, einen wissenschaftlichen Vortrag unter Verwendung moderner, computergestützter Präsentationstechniken in graphisch ansprechender Form zu erstellen und diesen in informativer und anschaulicher Weise, unter Einhaltung eines vorgegebenen Zeitrahmens, zu präsentieren.</li> <li>• Die Studierenden besitzen die Kompetenz, bei der Erstellung einer Präsentation zu einem wissenschaftlichen Thema zwischen wichtigen und unwichtigen Inhalten zu unterscheiden, die ausgewählten Inhalte in didaktisch geschickter Weise aufzubereiten und strukturiert darzustellen.</li> <li>• Integrierter Erwerb von Schlüsselqualifikationen: Erlernen des eigenständigen Arbeitens mit Lehrbüchern und englischsprachiger Fachliteratur, Erwerb von Abstraktionsfähigkeiten am Beispiel des physikalischen Glasbegriffs, Fähigkeit zur vergleichenden Wertung konkurrierender Modelle zur Erklärung experimenteller Ergebnisse, Erlernen von Präsentationstechniken, Einüben der Fachsprache Englisch.</li> </ul>		
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 120 Std. 90 Std. Vorbereitung von Präsentationen (Selbststudium) 30 Std. Seminar (Präsenzstudium)		
<b>Voraussetzungen:</b> Grundkenntnisse in Festkörperphysik		<b>ECTS/LP-Bedingungen:</b> Bestehen der Modulprüfung (Vortrag 60 min)
<b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Sommersemester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> ab dem 2.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 2	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	
<b>Modulteile</b>		
<b>Modulteil: Seminar on Glass Physics</b> <b>Lehrformen:</b> Seminar <b>Sprache:</b> Englisch <b>SWS:</b> 2		

<p><b>Lernziele:</b> siehe Modulbeschreibung</p>
<p><b>Inhalte:</b> siehe Modulbeschreibung</p>
<p><b>Literatur:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• H. Scholze, Glas: Natur, Struktur und Eigenschaften (Springer, Berlin, 1988).</li> <li>• S.R. Elliott, Physics of Amorphous Materials (Longman, London, 1990).</li> <li>• R. Zallen, The Physics of Amorphous Solids (Wiley-VCH, Weinheim, 1998).</li> <li>• J. Zarzycki (ed.), Material Science and Technology, Vol. 9: Glasses and Amorphous Materials (VCH, Weinheim, 1991).</li> <li>• J. Zarzycki, Glasses and the Vitreous State (Cambridge University Press, Cambridge, 1991).</li> </ul>
<p><b>Zugeordnete Lehrveranstaltungen:</b></p> <p><b>Seminar on Glass Physics</b> (Seminar)  <i>*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.*</i></p> <p>Glasses belong to the oldest materials used by mankind. Nowadays glasses are materials of paramount technological importance and almost ubiquitous in our daily live, not only in the classical fields (e.g., windows, bottles), but also in more recent applications as, e.g., communication technique (optical fibres) or energy storage (ionic conductors in batteries). Despite a long history of glass research, the transition from the liquid to the glassy state of matter still is considered as one of the great unresolved problems of condensed matter physics. In the present seminar, some advanced topics of modern glass physics and materials science shall be treated. Topics: Relaxation phenomena: alpha- and beta-relaxation and their theoretical explanations Fast processes: experiment and theory Microscopic models of the glass transition Aging phenomena in glasses Non-structural glasses: Model systems for the glass transition Mechanisms of ionic conductivity Electrons in glasses Low-temperature an...          (weiter siehe Digicampus)</p>
<p><b>Prüfung</b></p> <p><b>Seminar on Glass Physics</b>          Seminar / Prüfungsdauer: 60 Minuten, unbenotet</p>

<b>Modul PHM-0097: Seminar über Elektronische Eigenschaften der Materie</b> <i>Seminar on Electronic Properties of Matter</i>		4 ECTS/LP
Version 1.0.0 (seit WS09/10) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Philipp Gegenwart Dr. Veronika Fritsch		
<b>Inhalte:</b> In diesem Modul werden sowohl grundlegende als auch aktuelle Themen der Festkörperphysik behandelt, wobei die elektronischen Freiheitsgrade (Ladung, Spin) und mögliche Anwendungen im Zentrum stehen.		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden verfügen über vertiefte Kenntnis der elektronischen Eigenschaften der Materie und sind mit aktuellen Fragestellungen dieses Forschungsfeldes vertraut.</li> <li>• Sie besitzen die Fertigkeit, die erworbene Kenntnis auf neue Fragestellungen anzuwenden. Sie sind in der Lage, eine wissenschaftliche Präsentation zu gestalten und vorzutragen.</li> <li>• Die Studierenden sind kompetent in der eigenständigen Bearbeitung eines vorgegebenen, speziellen Themas. Sie können das Thema strukturiert darstellen und ihre eigenen Erkenntnisse dazu in der Diskussion mit den übrigen Seminarteilnehmern vertreten.</li> <li>• Integrierter Erwerb von Schlüsselqualifikationen: Erlernen von Präsentationstechniken, Vermittlung wissenschaftlicher Inhalte in auch für Laien verständlicher Form.</li> </ul>		
<b>Bemerkung:</b> Bei der Auswahl der Vortragsthemen können die Wünsche der Studierenden berücksichtigt werden.		
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 120 Std. 90 Std. Vorbereitung von Präsentationen (Selbststudium) 30 Std. Seminar (Präsenzstudium)		
<b>Voraussetzungen:</b> Kenntnisse der Festkörperphysik		
<b>Angebotshäufigkeit:</b> jährlich	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> ab dem 2.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 2	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	
<b>Modulteile</b>		
<b>Modulteil: Seminar über Elektronische Eigenschaften der Materie</b> <b>Lehrformen:</b> Seminar <b>Sprache:</b> Deutsch <b>SWS:</b> 2		
<b>Lernziele:</b> siehe Modulbeschreibung		
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Quantenmechanische Grundlagen</li> <li>• Isolierte magnetische Momente und Momente im Festkörper</li> <li>• Magnetische Wechselwirkungen</li> <li>• Phasenübergänge</li> <li>• Detektion magnetischer Strukturen und ihrer Anregungen</li> <li>• Hochkorrelierte Systeme und neue Quantenphasen</li> <li>• Magnetwiderstandseffekte und Anwendungen</li> </ul>		

**Literatur:**

- S. Blundell, Magnetism in Condensed Matter, Oxford [u.a.], Oxford Univ. Press, 2003
- N. W. Ashcroft, N. D. Mermin: Festkörperphysik, Deutsch: München, Oldenbourg, 2013; Englisch: Andover [u.a.], Cengage Learning, 2011
- C. Kittel: Einführung in die Festkörperphysik, Deutsch: München, Oldenbourg, 2013; Englisch: Hoboken, NJ, Wiley, 2005
- H. Ibach, H. Lüth: Festkörperphysik, Berlin [u.a.], Springer, 2009

Weitere Literatur wird den Studierenden im Seminar zur Verfügung gestellt.

**Zugeordnete Lehrveranstaltungen:**

**Seminar über Elektronische Eigenschaften der Materie** (Seminar)

*\*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.\**

**Prüfung**

**Seminar über Elektronische Eigenschaften der Materie**

Seminar / Prüfungsdauer: 60 Minuten, unbenotet

<b>Modul PHM-0188: Seminar on Spectroscopy of Organic Semiconductors</b> <i>Seminar on Spectroscopy of Organic Semiconductors</i>		4 ECTS/LP
Version 1.3.0 (seit WS15/16) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Wolfgang Brütting		
<b>Inhalte:</b> The seminar will cover selected examples from the physics of organic semiconductors and their applications in optoelectronic devices.		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• The students know the basic concepts of organic semiconductors with respect to application in optoelectronic devices.</li> <li>• They acquire the skill to identify the essential points of a current research topic and present them to their fellow students.</li> <li>• The students are competent in treating a given problem in an autonomous way, using specialized literature. They are able to develop their own assessment, and to present and defend their opinion in the discussion with their fellow students.</li> <li>• Integrated acquirement of key qualifications: gaining experience in working with scientific literature in English, and improving presentation techniques as well as English speaking skills.</li> </ul>		
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 120 Std. 90 Std. Vorbereitung von Präsentationen (Selbststudium) 30 Std. Seminar (Präsenzstudium)		
<b>Voraussetzungen:</b> Sound knowledge of molecular and solid state physics as well as the physics of semiconductors; recommended participation in the lecture on Organic Semiconductors		<b>ECTS/LP-Bedingungen:</b> Seminar presentation
<b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Semester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> ab dem 3.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 2	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	
<b>Modulteile</b>		
<b>Modulteil: Seminar on Spectroscopy of Organic Semiconductors</b> <b>Lehrformen:</b> Seminar <b>Sprache:</b> Englisch / Deutsch <b>SWS:</b> 2		
<b>Lernziele:</b> see module description		
<b>Inhalte:</b> see module description		
<b>Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• M. Schwoerer, H.C. Wolf: Organic Molecular Solids (Wiley-VCH)</li> <li>• W. Brütting: Physics of Organic Semiconductors (Wiley-VCH)</li> <li>• A. Köhler, H. Bässler: Electronic Processes in Organic Semiconductors (Wiley-VCH)</li> </ul>		
<b>Zugeordnete Lehrveranstaltungen:</b> <b>Seminar on Spectroscopy of Organic Semiconductors</b> (Seminar) <i>*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.*</i>		

**Prüfung**

**Seminar on Spectroscopy of Organic Semiconductors**

Seminar / Prüfungsdauer: 30 Minuten, unbenotet

**Prüfungshäufigkeit:**

jedes Semester

<b>Modul PHM-0197: Seminar on Selected Topics in Nanomagnetism</b> <i>Seminar on Selected Topics in Nanomagnetism</i>		4 ECTS/LP
Version 1.0.0 (seit WS15/16) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Manfred Albrecht		
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Magnetic nanoparticles</li> <li>• Magnetic coupling phenomena</li> <li>• Magneto-transport phenomena</li> <li>• Magnetic sensors, permanent magnets</li> <li>• Experimental methods</li> </ul>		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Knowledge of physical properties and applications of magnetic phenomena and material systems in selected fields</li> <li>• The students are competent in treating a given special topic in an autonomous way. They are able to present this topic in a structured way, to develop their own assessment, and to present and defend their opinion in the discussion with their fellow students.</li> <li>• Integrated acquirement of soft skills: practicing technical English, working with English specialist literature, ability to interpret experimental results</li> </ul>		
<b>Bemerkung:</b> From time to time, the seminar will be supplemented by lectures from external experts.		
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 120 Std. 30 Std. Seminar (Präsenzstudium) 90 Std. Vorbereitung von Präsentationen (Selbststudium)		
<b>Voraussetzungen:</b> Basics in solid state physics and magnetism		<b>ECTS/LP-Bedingungen:</b> presentation (60 minutes)
<b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Semester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> ab dem 2.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 2	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	

<b>Modulteile</b>
<b>Modulteil: Seminar on Selected Topics in Nanomagnetism</b> <b>Lehrformen:</b> Seminar <b>Sprache:</b> Englisch <b>SWS:</b> 2
<b>Lernziele:</b> see module description
<b>Inhalte:</b> see module description

**Literatur:**

- S. Blundell: Magnetism in Condensed Matter. Oxford Master Series in Condensed Matter Physics, Oxford, 2008
- R. C. O'Handley: Modern Magnetic Materials - Principles and Applications. Wiley-Interscience Publications, New York, 2000
- J. M. D. Coey: Magnetism and Magnetic Materials. Cambridge University Press, Cambridge, 2010
- J. Stöhr and H. C. Siegmann: Magnetism - From Fundamentals to Nanoscale Dynamics. Springer, Berlin, Heidelberg, 2006

**Zugeordnete Lehrveranstaltungen:**

**Seminar on Selected Topics in Nanomagnetism** (Seminar)

*\*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.\**

**Prüfung**

**Seminar on Selected Topics in Nanomagnetism**

Seminar / Prüfungsdauer: 60 Minuten, unbenotet

<b>Modul PHM-0098: Seminar über Fluidodynamik komplexer Flüssigkeiten</b> <i>Seminar on Fluid Dynamics of Complex Liquids</i>		4 ECTS/LP
Version 1.0.0 (seit WS12/13) Modulverantwortliche/r: PD Dr. Thomas Franke		
<b>Inhalte:</b> Aktuelle Forschungsergebnisse und klassische Veröffentlichungen werden von den Studierenden zusammengefasst und in Form eines Vortrags vorgestellt. Dazu soll eine kurze Zusammenfassung der erarbeiteten Literatur als schriftliche Hausarbeit erfolgen.		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> <li>• erarbeiten sich Kenntnisse der Präsentation wissenschaftlicher Ergebnisse anhand der Präsentation aktueller Publikationen,</li> <li>• lernen sich selbständig in komplexe experimentelle Forschungsergebnisse einzuarbeiten und diese in Form eines Vortrags und einer schriftlichen Hausarbeit zusammen zu fassen,</li> <li>• sind kompetent, einen eigenen Standpunkt zu einem komplexen Sachverhalt zu entwickeln und diesen in der Diskussion zu vertreten.</li> <li>• Integrierter Erwerb von Schlüsselkompetenzen: Erlernen des eigenständigen Arbeitens mit englischsprachiger Fachliteratur, Erlernen von Präsentationstechniken, kritische Reflexion experimenteller Ergebnisse im internationalen wissenschaftlichen Kontext, Präsentation eigener Ergebnisse auf wissenschaftlichen Konferenzen, Grundsätze guter wissenschaftlicher Praxis</li> </ul>		
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 120 Std. 90 Std. Vorbereitung von Präsentationen (Selbststudium) 30 Std. Seminar (Präsenzstudium)		
<b>Voraussetzungen:</b> Solide Kenntnisse der Inhalte der Module Physik I - IV, insbesondere Strömungslehre und Elastizitätslehre		<b>ECTS/LP-Bedingungen:</b> Seminarvortrag mit Diskussion, etwa 45 min; schriftliche Ausarbeitung, etwa 10 Seiten
<b>Angebotshäufigkeit:</b> jährlich	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> ab dem 2.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 2	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	
<b>Modulteile</b>		
<b>Modulteil: Seminar über Fluidodynamik komplexer Flüssigkeiten</b> <b>Lehrformen:</b> Seminar <b>Sprache:</b> Deutsch <b>SWS:</b> 2		
<b>Lernziele:</b> siehe Modulbeschreibung		
<b>Inhalte:</b> siehe Modulbeschreibung		
<b>Literatur:</b> Die zu bearbeitende Literatur wird den Studierenden zur Verfügung gestellt.		

**Prüfung**

**Seminar über Fluidodynamik komplexer Flüssigkeiten**

Seminar / Prüfungsdauer: 60 Minuten, unbenotet

<b>Modul PHM-0099: Seminar über Plasmen in Forschung und Industrie</b> <i>Seminar on Plasmas in Research and Industry</i>		4 ECTS/LP
Version 1.0.0 (seit WS09/10) Modulverantwortliche/r: apl. Prof. Dr.-Ing. Ursel Fantz Dr. Roland Friedl		
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlagen der Niedertemperatur-Plasmaphysik</li> <li>• Plasmadiagnostik</li> <li>• Plasmaprozesstechnik</li> <li>• Industrielle Anwendungen von Plasmen</li> </ul>		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden besitzen vertiefte Kenntnisse der Denkweisen und Methoden in einem Spezialgebiet der Plasmaphysik.</li> <li>• Sie haben die Fertigkeit, sich selbständig, nach Rücksprache mit dem jeweiligen Betreuer, in ein begrenztes Themengebiet einzuarbeiten und dieses zu durchdringen. Sie sind in der Lage, das Thema für ein studentisches Publikum anschaulich darzustellen.</li> <li>• Die Studierenden sind kompetent in der eigenständigen Bearbeitung eines vorgegebenen Themas. Sie können ihre Ergebnisse strukturiert darstellen und in der Diskussion vertreten.</li> <li>• Integrierter Erwerb von Schlüsselqualifikationen: Erlernen der wissenschaftlichen Präsentation anwendungsorientierter Thematiken, Entwicklung eines eigenen Standpunkts zu einem komplexen Sachverhalt, Fähigkeit zur wissenschaftlichen Diskussion.</li> </ul>		
<b>Bemerkung:</b> Bei der Auswahl der Vortragsthemen können die Wünsche der Studierenden berücksichtigt werden.		
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 120 Std. 30 Std. Seminar (Präsenzstudium) 90 Std. Vorbereitung von Präsentationen (Selbststudium)		
<b>Voraussetzungen:</b> Inhalte der Vorlesung "Plasmaphysik" wünschenswert.		<b>ECTS/LP-Bedingungen:</b> Vortrag im Seminar
<b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Sommersemester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> ab dem 2.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 2	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	
<b>Modulteile</b>		
<b>Modulteil: Seminar über Plasmen in Forschung und Industrie</b> <b>Lehrformen:</b> Seminar <b>Sprache:</b> Deutsch / Englisch <b>SWS:</b> 2		
<b>Lernziele:</b> siehe Modulbeschreibung		
<b>Inhalte:</b> siehe Modulbeschreibung		

**Literatur:**

- Vorlesungsskript (EPP Homepage)
- M. Kaufmann: Plasmaphysik und Fusionsforschung (Teubner, 2003)
- R. J. Goldston, P.H. Rutherford: Introduction to Plasma Physics (IOP Publishing, 1997)
- F. F. Chen: Introduction to Plasma Physics and Controlled Fusion (Plenum Press, 1990)
- M. A. Lieberman, A. J. Lichtenberg: Principles of Plasma Discharges and Materials Processing (Wiley, 2005)
- G. Janzen: Plasmatechnik (Hüthig, 1992)
- R. Hippler: Low Temperature Plasmas (Wiley-VCH, 2008)
- J. R. Roth: Industrial Plasma Engineering (IOP Publishing, 1995)
- A. Grill: Cold Plasma in Materials Fabrication (IEEE Press, 1994)

**Zugeordnete Lehrveranstaltungen:**

**Seminar über Plasmen in Forschung und Industrie** (Seminar)

*\*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.\**

**Prüfung**

**Seminar über Plasmen in Forschung und Industrie**

Seminar / Prüfungsdauer: 60 Minuten, unbenotet

**Prüfungshäufigkeit:**

wenn LV angeboten

<b>Modul PHM-0100: Seminar über Ausgewählte Aspekte der Klima- und Atmosphärenforschung</b> <i>Seminar on Selected Topics of Climate and Atmosphere Research</i>		4 ECTS/LP
Version 2.0.0 (seit SoSe24) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Michael Bittner		
<b>Inhalte:</b> Folgende Themen bzw. Themenkreise werden behandelt: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufbau, Zirkulation und Kopplungsmechanismen der Atmosphäre</li> <li>• Klimamodellierung</li> <li>• Prinzip der Fernerkundung (Landoberfläche, Atmosphäre)</li> <li>• Wolken, Aerosole</li> <li>• Ozon</li> <li>• Einfluss des Menschen auf das Klima</li> <li>• Experimentelle Methoden zur Erfassung atmosphärischer Parameter</li> </ul>		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden kennen die Denkweisen und grundlegenden Methoden in einem modernen Spezialgebiet, der Atmosphärenphysik, einschließlich einiger wichtiger technologischer Anwendungsmöglichkeiten.</li> <li>• Sie besitzen die Fertigkeit, sich unter Verwendung moderner Methoden der Literaturrecherche selbständig in ein aktuelles Themengebiet einzuarbeiten und dieses zu durchdringen. Sie sind in der Lage, das Thema mit angemessener Medienunterstützung anschaulich und überzeugend darzustellen.</li> <li>• Die Studierenden sind kompetent in der eigenständigen Bearbeitung eines vorgegebenen, speziellen Themas. Sie können das Thema strukturiert darstellen und ihre eigenen Bewertungen dazu in der Diskussion mit den übrigen Seminarteilnehmern vertreten.</li> </ul>		
<b>Bemerkung:</b> Das Seminar wird in der Umweltforschungsstation Schneefernerhaus (Zugspitze) als Blockseminar in der vorlesungsfreien Zeit durchgeführt.  Die Veranstaltung wird nur dann abgehalten werden können, wenn es die Sicherheitslage aufgrund Covid19 dies zulässt.		
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 120 Std. 90 Std. Vorbereitung von Präsentationen (Selbststudium) 30 Std. Seminar (Präsenzstudium)		
<b>Voraussetzungen:</b> gute Kenntnisse der Thermodynamik, Molekül- und Atomphysik und Optik  Teilnahme an mind. einem der Module Physik der Atmosphäre I oder II		
<b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Semester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> ab dem 2.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 2	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	
<b>Modulteile</b>		
<b>Modulteil: Seminar über Ausgewählte Aspekte der Klima- und Atmosphärenforschung</b> <b>Lehrformen:</b> Seminar <b>Dozenten:</b> Prof. Dr. Michael Bittner, PD Dr. habil. Sabine Wüst <b>Sprache:</b> Deutsch <b>SWS:</b> 2		

**Lernziele:**

siehe Modulbeschreibung

**Inhalte:**

siehe Modulbeschreibung

**Literatur:**

- W. Rödel, 2000. Physik unserer Umwelt: Die Atmosphäre (Springer, 3. Auflage)
- G. Visconti, 2016. Fundamentals of physics and chemistry of the atmosphere (Springer, 2. Auflage)
- G. P. Brasseur et al., 1999. Atmospheric chemistry and global change (Oxford)
- K. E. Trenberth (Ed.), 2009. Climate System Modeling (Cambridge, 2. Auflage)
- W. G. Rees, 2013. Physical principles of remote sensing: 1. Remote sensing (Cambridge, 3. Auflage)
- J. P. Peixoto und A. H. Oort, 1992. Physics of climate (American Institute of Physics, 2. Auflage)
- C. Elachi, J. van Zyl, 2021. Introduction to the physics and techniques of remote sensing (Wiley, 3. Auflage)

**Zugeordnete Lehrveranstaltungen:**

**Seminar über Ausgewählte Aspekte der Klima- und Atmosphärenforschung** (Seminar)

*\*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.\**

**Prüfung**

**Seminar über Ausgewählte Aspekte der Klima- und Atmosphärenforschung**

Seminar / Prüfungsdauer: 60 Minuten, unbenotet

<b>Modul PHM-0102: Seminar über Moderne Aspekte der Quantentheorie</b> <i>Seminar on Modern Topics in Quantum Theory</i>		4 ECTS/LP
Version 1.0.0 (seit WS09/10) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Gert-Ludwig Ingold		
<b>Inhalte:</b> In diesem Seminar werden modernere Entwicklungen der Quantentheorie diskutiert, die über den Stoff einer Vorlesung im Bachelorstudiengang hinausgehen. Die Vortragsthemen stammen zum Beispiel aus den Bereichen Nichtlokalität, Verschränkung mit Anwendungen in der Quanteninformation, Dekohärenz und Quantendissipation sowie quantenmechanischer Messprozess.		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden kennen moderne Entwicklungen in der Quantentheorie und haben sich mit aktuellen Forschungsthemen auseinandergesetzt.</li> <li>• Sie besitzen die Fertigkeit, sich anhand von Originalliteratur und durch eigene bibliographische Recherchen selbständig in ein aktuelles Forschungsthema einzuarbeiten.</li> <li>• Sie sind in der Lage, aktuelle Forschungsergebnisse für eine interessante und verständliche Präsentation aufzubereiten, und können adäquat zwischen verschiedenen Präsentationstechniken auswählen.</li> <li>• Sie können Forschungsergebnisse in der Diskussion vertreten, aber auch kritisch bewerten. Als Zuhörer nehmen sie aktiv an der Diskussion teil.</li> </ul>		
<b>Bemerkung:</b> Die genaue Auswahl der Vortragsthemen richtet sich nach den Wünschen der Studierenden, wobei auch zum Thema passende, aktuelle Entwicklungen berücksichtigt werden.		
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 120 Std. 30 Std. Seminar (Präsenzstudium) 90 Std. Vorbereitung von Präsentationen (Selbststudium)		
<b>Voraussetzungen:</b> gute Kenntnisse der Quantentheorie		
<b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Sommersemester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> ab dem 2.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 2	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	
<b>Modulteile</b>		
<b>Modulteil: Seminar über Moderne Aspekte der Quantentheorie</b> <b>Lehrformen:</b> Seminar <b>Sprache:</b> Deutsch <b>SWS:</b> 2		
<b>Lernziele:</b> siehe Modulbeschreibung		
<b>Inhalte:</b> siehe Modulbeschreibung		
<b>Literatur:</b> Die Vortragsthemen werden überwiegend anhand von Originalliteratur erarbeitet, die je nach Themenwahl bekannt gegeben wird.		
<b>Zugeordnete Lehrveranstaltungen:</b> <b>Seminar über Moderne Aspekte der Quantentheorie</b> (Seminar)		

*\*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.\**

**Prüfung**

**Seminar über Moderne Aspekte der Quantentheorie**

Seminar / Prüfungsdauer: 60 Minuten, unbenotet

**Prüfungshäufigkeit:**

wenn LV angeboten

<b>Modul PHM-0249: Seminar on Magnetic skyrmions in crystals and thin films</b> <i>Seminar on Magnetic skyrmions in crystals and thin films</i>	4 ECTS/LP
Version 1.0.0 (seit WS15/16) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. István Kézsmárki	
<b>Inhalte:</b> 1.) Magnetic interactions governing the formation of spin spirals and skyrmions <ul style="list-style-type: none"> <li>• Competition between symmetric and antisymmetric exchange interactions leading to magnetic modulations (mechanism #1)</li> <li>• Frustration of exchange interactions giving rise to magnetic modulations (mechanism #2)</li> <li>• Competition between easy-axis magnetic anisotropy and magnetic dipole-dipole interaction leading to magnetic modulations (mechanism #3)</li> </ul> 2.) Different classes of magnetic magnetic spirals and skyrmions <ul style="list-style-type: none"> <li>• Spin helices versus spin cycloids; Bloch- and Néel-type skyrmions versus antiskyrmions; introduction of vorticity and helicity</li> <li>• Stability of the different types of skyrmion lattices depending on the crystal symmetry of the host materials (for skyrmions stabilized via mechanism #1)</li> <li>• Experimental observation of magnetic skyrmions</li> <li>• Real-space imaging of magnetic spirals and skyrmions using scanning probe techniques, such as magnetic force microscopy and scanning tunneling microscopy</li> <li>• Real-space imaging of magnetic spirals and skyrmions using Lorentz transmission electron microscopy</li> <li>• Reciprocal-space imaging of magnetic spirals and skyrmions using small angle neutron and X-ray scattering</li> <li>• Signatures of magnetic spiral and skyrmion lattice states in thermodynamic and transport properties</li> <li>• Spectroscopic studies on the excitations of magnetic spiral and skyrmion lattice states</li> </ul> 3.) Possible magnetic memory applications of skyrmions <ul style="list-style-type: none"> <li>• Race-track type memories</li> <li>• Hard-drive style memories</li> </ul> 4.) Manipulation of individual skyrmions and skyrmion lattices by external stimuli	
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> The students <ul style="list-style-type: none"> <li>• understand basic physical concepts behind the formation and manipulation of modulated magnetic textures, such as spin spirals and magnetic skyrmions, on the nano- to mesoscopic scale.</li> <li>• learn to know the experimental methods frequently used to image/detect magnetic skyrmions</li> <li>• learn to assess a scientific problem and present the subject in a concise and understandable manner</li> </ul>	
<b>Bemerkung:</b> The seminar will consist of two parts: i) tutorial part about the basic concepts (different magnetic interactions leading to skyrmion formation and different classes of skyrmions), ii) seminar talks of students based on research articles (review articles whenever possible) describing the experimental observation of skyrmions, their manipulation and their possible applications in magnetic memories.	
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 120 Std. 90 Std. Vorbereitung von Präsentationen (Selbststudium) 30 Std. Seminar (Präsenzstudium)	
<b>Voraussetzungen:</b> Grundkenntnisse der Quantenmechanik	

<b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Sommersemester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> ab dem 2.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 2	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	

<b>Modulteile</b>
<p><b>Modulteil:</b> <a href="#">Seminar on Magnetic skyrmions in crystals and thin films</a></p> <p><b>Lehrformen:</b> Seminar</p> <p><b>Dozenten:</b> Prof. Dr. István Kézsmárki</p> <p><b>Sprache:</b> Englisch</p> <p><b>SWS:</b> 2</p> <p><b>ECTS/LP:</b> 4.0</p>

<p><b>Prüfung</b></p> <p><b>Seminar on Magnetic skyrmions in crystals and thin films</b></p> <p>Seminar / Prüfungsdauer: 60 Minuten, benotet</p>
--

<b>Modul PHM-0296: Seminar on Acoustic Effects of Electromagnetic Radiation and their Applications</b> <i>Seminar on Acoustic Effects of Electromagnetic Radiation and their Applications</i>		4 ECTS/LP
Version 1.0.0 (seit WS22/23) Modulverantwortliche/r: PD Dr. Igor Goychuk		
<b>Inhalte:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. The photoacoustic effect from its discovery by Alexander Bell (1880) and early research by Tyndall and Röntgen to the present.</li> <li>2. Auditory effects in humans from pulsed microwave exposure: a mystery and its resolution. Thresholds of perception in humans and animals.</li> <li>3. The common physical mechanism behind photoacoustic and microwave acoustic effects, and a general theory.</li> <li>4. Dosimetry and microwave absorption.</li> <li>5. Thermoelastic pressure waves in canonical head models.</li> <li>6. Computer simulations of pressure waves in anatomic models.</li> <li>7. Microwave thermoacoustic tomography and imaging.</li> <li>8. Other applied, health and social aspects and implications.</li> </ol>		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Students know basic experimental facts on sound excitation in solids and liquids irradiated by pulsed visible light (photoacoustic effect) and microwaves (microwave acoustic effect). Students learn also a common thermoelastic mechanism behind these effects and the related theory. Moreover, students know the biophysical manifestation of the microwave acoustic effect in humans and animals known as the Microwave Auditory Effect or Frey effect: basic experimental facts and the related theory. Furthermore, students learn basic principles of other applications like microwave thermoacoustic tomography and imaging.</li> <li>• They acquire the skills to identify the essential points of a hot research topic and present them to other students.</li> <li>• The students are competent in treating a given problem in an autonomous way, using specialized literature. They are able to develop their own assessment, present, and defend their opinion in the discussion with other students.</li> <li>• Integrated acquirement of key qualifications: gaining experience in working with scientific literature in English, and improving presentation techniques as well as English speaking skills.</li> </ul>		
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 120 Std.		
<b>Voraussetzungen:</b> Good knowledge of continuum mechanics and electrodynamics		<b>ECTS/LP-Bedingungen:</b> Bestehen der Modulprüfung
<b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Wintersemester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> ab dem 1.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 2	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	
<b>Modulteile</b>		
<b>Modulteil: Seminar on Acoustic Effects of Electromagnetic Radiation and their Applications</b> <b>Sprache:</b> Englisch <b>SWS:</b> 2 <b>ECTS/LP:</b> 4.0		

**Lernziele:**

- Students know basic experimental facts on sound excitation in solids and liquids irradiated by pulsed visible light (photoacoustic effect) and microwaves (microwave acoustic effect). Students learn also a common thermoelastic mechanism behind these effects and the related theory. Moreover, students know the biophysical manifestation of the microwave acoustic effect in humans and animals known as the Microwave Auditory Effect or Frey effect: basic experimental facts and the related theory. Furthermore, students learn basic principles of other applications like microwave thermoacoustic tomography and imaging.
- They acquire the skills to identify the essential points of a hot research topic and present them to other students.
- The students are competent in treating a given problem in an autonomous way, using specialized literature. They are able to develop their own assessment, present, and defend their opinion in the discussion with other students.
- Integrated acquirement of key qualifications: gaining experience in working with scientific literature in English, and improving presentation techniques as well as English speaking skills.

**Inhalte:**

1. The photoacoustic effect from its discovery by Alexander Bell (1880) and early research by Tyndall and Röntgen to the present.
2. Auditory effects in humans from pulsed microwave exposure: a mystery and its resolution. Thresholds of perception in humans and animals.
3. The common physical mechanism behind photoacoustic and microwave acoustic effects, and a general theory.
4. Dosimetry and microwave absorption.
5. Thermoelastic pressure waves in canonical head models.
6. Computer simulations of pressure waves in anatomic models.
7. Microwave thermoacoustic tomography and imaging.
8. Other applied, health and social aspects and implications.

**Literatur:**

- J. C. Lin, Auditory Effects of Microwave Radiation (Springer, Switzerland, 2021)
- Photoacoustic Imaging and Spectroscopy, ed. L. V. Wang (CRC Press, Taylor & Francis, Boca Raton, 2009)
- V. E. Gusev and A. A. Karabutov, Laser Optoacoustics (AIP, New York, 1993)
- Biological Effects of Radiofrequency Radiation, eds. J. A. Elder and D. F. Cahill (US Environmental Protection Agency, 1984)
- A.H. Frey, Human auditory system response to modulated electromagnetic energy, J. Appl. Physiol., 17, 689-692 (1962)
- K.R. Foster and E.D. Finch, Microwave hearing: Evidence for thermoacoustic auditory stimulation by pulsed microwaves, Science 185, 256-258(1974)
- C.K. Chou, A.W. Guy, R. Galambos, Auditory perception of radio-frequency electromagnetic fields, J. Acoust. Soc. Am., 71, 1321-1334 (1982).
- J. C. Lin and J. W. Wang, Hearing of microwave pulses by humans and animals: effects, mechanisms, and thresholds, Health Physics 92, 621-628 (2007)
- N.M. Yitzhak, R. Ruppin, R. Hareuveny, Numerical simulation of pressure waves in the cochlea induced by a microwave pulse. Bioelectromagnetics 35, 491-496 (2014)

**Prüfung****PHM-0296 Seminar on Acoustic Effects of Electromagnetic Radiation and their Applications**

Präsentation, Seminar / Prüfungsdauer: 60 Minuten, unbenotet

<b>Modul PHM-0302: Seminar on Machine Learning</b> <i>Seminar on Machine Learning</i>		4 ECTS/LP
Version 1.0.0 Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Nadine Schwierz-Neumann		
<b>Inhalte:</b> The topics for the presentations are from the following subject areas <ul style="list-style-type: none"> <li>- Multilayer perceptrons and backpropagation</li> <li>- Deep neural networks</li> <li>- Classification tasks in machine learning</li> <li>- Training of machine learning algorithms</li> <li>- Decision tree learning</li> <li>- Ensemble learning and random forests</li> <li>- Dimensional reduction</li> <li>- Unsupervised learning techniques</li> </ul>		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- The students have a basic understanding of machine learning tasks and algorithms.</li> <li>- Students have the competence to independently examine and work through predetermined topics.</li> <li>- The students have the skills to become acquainted with specific topics and to understand them.</li> <li>- The students are capable to present the topics to an audience of students.</li> <li>- They can discuss their results in a structured manner.</li> <li>- Integrated acquisition of key qualifications: working independently with textbooks, literature and computer algorithms, creating presentations and defending topics in discussions, presenting in English.</li> </ul>		
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 120 Std. 30 Std. Seminar (Präsenzstudium) 90 Std. Vorbereitung von Präsentationen (Selbststudium)		
<b>Voraussetzungen:</b> Basic knowledge of python programming language and jupyter notebooks is expected.		<b>ECTS/LP-Bedingungen:</b> Bestehen der Modulprüfung
<b>Angebotshäufigkeit:</b> alle 4 Semester Ab SoSe2023	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> ab dem 1.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 2	<b>Wiederholbarkeit:</b> einmalig	

<b>Modulteile</b>
<b>Modulteil: Seminar on Machine Learning</b> <b>Sprache:</b> Englisch <b>SWS:</b> 2
<b>Lernziele:</b> siehe Modulbeschreibung
<b>Inhalte:</b> siehe Modulbeschreibung
<b>Lehr-/Lernmethoden:</b> siehe Modulbeschreibung
<b>Literatur:</b> siehe Modulbeschreibung

**Prüfung**

**Seminar on machine learning**

Seminar, Vortrag / Prüfungsdauer: 60 Minuten, unbenotet

**Prüfungshäufigkeit:**

wenn LV angeboten

<b>Modul PHM-0107: Fachpraktikum</b> <i>Practical Training</i>		15 ECTS/LP
Version 1.0.1 (seit WS09/10) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Arno Kampf bzw. Vorsitzender des Prüfungsausschusses		
<b>Inhalte:</b> entsprechend der gewählten Methodik		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden kennen ausgewählte Methoden, die in einer der Arbeitsgruppen des Instituts für Physik Anwendung finden,</li> <li>• besitzen die Fertigkeit, diese Methoden in laufende wissenschaftliche Untersuchungen einzubringen, sowie die Fähigkeit, eine wissenschaftliche Methode und ihre beispielhafte Anwendung angemessen schriftlich darzustellen,</li> <li>• und sind grundsätzlich kompetent, sich in moderne experimentelle oder theoretische Methoden einzuarbeiten.</li> <li>• Integrierter Erwerb von Schlüsselqualifikationen: Teamfähigkeit, Methodenkompetenz, Fähigkeit, ein Thema schriftlich darzustellen</li> </ul>		
<b>Bemerkung:</b> Das Fachpraktikum wird im SoSe 2020 angeboten, sobald es die aktuelle Situation erlaubt.  Es wird empfohlen, dieses Modul vor dem Modul Projektarbeit oder parallel dazu zu absolvieren. Die thematische Wahl des Moduls Fachpraktikum sollte im Hinblick auf das angestrebte Thema der Masterarbeit erfolgen.		
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 450 Std. 150 Std. Anfertigen von schriftlichen Arbeiten (Selbststudium) 300 Std. Praktikum (Präsenzstudium)		
<b>Voraussetzungen:</b> werden vom jeweiligen Betreuer/von der jeweiligen Betreuerin bekannt gegeben		<b>ECTS/LP-Bedingungen:</b> mindestens mit "ausreichend" bewerteter Abschlussbericht
<b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Semester Siehe Bemerkungen	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> 2.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	

<b>Modulteile</b>
<b>Modulteil: Fachpraktikum</b> <b>Lehrformen:</b> Praktikum <b>Sprache:</b> Deutsch / Englisch
<b>Lernziele:</b> siehe Modulbeschreibung
<b>Lehr-/Lernmethoden:</b> Erarbeitung spezieller wissenschaftlicher Methoden anhand konkreter Fragestellungen; in der Regel Mitarbeit in der jeweiligen Arbeitsgruppe
<b>Literatur:</b> wird vom jeweiligen Betreuer/von der jeweiligen Betreuerin bekannt gegeben

**Prüfung**

**Fachpraktikum**

Projektarbeit, schriftlicher Abschlussbericht, ca. 20 Seiten / Bearbeitungsfrist: 4 Wochen, benotet

<b>Modul PHM-0108: Projektarbeit</b> <i>Project Work</i>		15 ECTS/LP
Version 1.0.1 (seit WS09/10) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Arno Kampf bzw. Vorsitzender des Prüfungsausschusses		
<b>Inhalte:</b> entsprechend dem gewählten Thema		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden sind mit einem aktuellen Forschungsthema und der zugehörigen Literatur vertraut,</li> <li>• sind in der Lage, ein Forschungsthema kritisch zu reflektieren und mit angemessener Medienunterstützung überzeugend darzustellen,</li> <li>• besitzen die Kompetenz, ein kleineres Forschungsprojekt unter Anleitung mit wissenschaftlichen Methoden zu bearbeiten.</li> <li>• Integrierter Erwerb von Schlüsselqualifikationen: Teamfähigkeit, eigenständiges Arbeiten, Präsentationstechniken, Fähigkeit, ein Thema in der Diskussion zu vertreten</li> </ul>		
<b>Bemerkung:</b> Die Projektarbeit wird im SoSe 2020 angeboten, sobald es die aktuelle Situation erlaubt.  In diesem Modul bearbeitet der Student/die Studentin in der Regel einen kleineren, genau definierten Teilaspekt der laufenden wissenschaftlichen Forschungen einer Arbeitsgruppe.  Es wird empfohlen, dieses Modul nach dem Modul Fachpraktikum oder parallel dazu zu absolvieren. Die thematische Wahl des Moduls Projektarbeit sollte im Hinblick auf das angestrebte Thema der Masterarbeit erfolgen.		
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 450 Std. 90 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes Übung/Fallstudien (Selbststudium) 300 Std. Vorlesung und Übung (Präsenzstudium) 30 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes durch Literatur (Selbststudium) 30 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes anhand bereitgestellter Unterlagen (Selbststudium)		
<b>Voraussetzungen:</b> werden vom jeweiligen Betreuer/von der jeweiligen Betreuerin bekannt gegeben		<b>ECTS/LP-Bedingungen:</b> mit "bestanden" bewertete mündliche Präsentation
<b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Semester Siehe Bemerkungen	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> 3.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	

<b>Modulteile</b>
<b>Modulteil: Projektarbeit</b> <b>Lehrformen:</b> Praktikum <b>Sprache:</b> Deutsch / Englisch
<b>Lernziele:</b> siehe Modulbeschreibung
<b>Literatur:</b> wird vom jeweiligen Betreuer/von der jeweiligen Betreuerin bekannt gegeben

**Prüfung**

**Projektarbeit**

Projektarbeit, mündliche Präsentation mit Diskussion / Prüfungsdauer: 90 Minuten, unbenotet

<b>Modul PHM-0267: Fundamentals of Materials for Energy</b> <i>Fundamentals of Materials for Energy</i>		6 ECTS/LP
Version 2.2.0 (seit SoSe23) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Wolfgang Brütting		
<b>Inhalte:</b> This class teaches fundamentals of conventional as well as renewable energy conversion. The following topics will be addressed: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Basics facts on energy conversion and climate change</li> <li>• Fossil energy</li> <li>• Nuclear energy</li> <li>• Renewable energy</li> <li>• Energy storage and transport</li> </ul>		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> Students know the fundamentals of different energy technologies. They are able to assess their respective efficiency and their potential for covering current and future energy demand. They are able to deal with a specific problem using up-to-date literature and participate in the ongoing discussion about how to cover our increasing need for various forms of energy.		
<b>Voraussetzungen:</b> Sound background in physics, in particular solid state physics and thermodynamics.		<b>ECTS/LP-Bedingungen:</b> Seminar presentation + written handout.
<b>Angebotshäufigkeit:</b> Wintersemester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b>	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 5	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	
<b>Modulteile</b>		
<b>Modulteil: Fundamentals of Materials for Energy</b> <b>Lehrformen:</b> Vorlesung <b>Dozenten:</b> Prof. Dr. Wolfgang Brütting <b>Sprache:</b> Englisch / Deutsch <b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Wintersemester <b>SWS:</b> 3		
<b>Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• M. Stutzmann, C. Csoklich: The Physics of Renewable Energy (Springer)</li> <li>• J. Fricke, W.L. Borst: Essentials of Energy Technology (Wiley-VCH)</li> <li>• D.S. Ginley, D. Cahen: Fundamentals of Materials for Energy and Environmental Sustainability (Cambridge Univ. Press)</li> <li>• D.J.C. MacKay: Sustainable Energy - without the hot air (<a href="https://www.withouthotair.com/">https://www.withouthotair.com/</a>)</li> </ul>		
<b>Prüfung</b> <b>Fundamentals of Materials for Energy</b> Vorlesung + Begleitseminar / Prüfungsdauer: 45 Minuten, benotet <b>Prüfungshäufigkeit:</b> jedes Semester <b>Beschreibung:</b> 30min seminar presentation + 15min discussion, together with a detailed written handout		

---

**Modulteile**

**Modulteil:** [Fundamentals of Materials for Energy \(Tutorial\)](#)

**Lehrformen:** Übung

**Sprache:** Englisch / Deutsch

**SWS:** 2

<b>Modul PHM-0285: Method Course: Computational Biophysics</b> <i>Method Course: Computational Biophysics</i>		8 ECTS/LP
Version 1.0.0 (seit SoSe22) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Nadine Schwierz-Neumann		
<b>Inhalte:</b> Life relies on the interactions of proteins, nucleic acids, lipids and other biomolecules. This course introduces computational methods to study the structure, dynamics and mechanics of these biomolecules. In the first part of the course, the physics behind biomolecular simulations is explained and the basic principles of classical and statistical mechanics are reviewed. In the second part, different simulation techniques are introduced including molecular dynamics simulations and Monte Carlo simulations. Subsequently the methods are applied to biological systems consisting of proteins, nucleic acids and lipids		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Students have an active understanding of the principles of biomolecular simulations and can assess their capacity and limitations of biomolecular simulations</li> <li>• Students are able to solve typical biophysical problems analytically and numerically</li> <li>• Students are able to run and analyze computer simulations of biological matter</li> <li>• Students know how to visualize, document and present their simulation results</li> </ul>		
<b>Bemerkung:</b> Number of students will be limited to 15.		
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 240 Std. 90 Std. Prüfungsvorbereitung (Selbststudium) 60 Std. laufende Vor- und Nachbereitung (Selbststudium) 90 Std. Teilnahme an Lehrveranstaltungen (Präsenzstudium)		
<b>Voraussetzungen:</b> Knowledge of classical mechanics on the bachelor level is expected.		<b>ECTS/LP-Bedingungen:</b> Passing of the module exam
<b>Angebotshäufigkeit:</b> alle 4 Semester ab SoSe2022	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> ab dem 1.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 6	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	

<b>Modulteile</b>
<b>Modulteil: Method Course: Computational Biophysics</b> <b>Lehrformen:</b> Vorlesung <b>Sprache:</b> Englisch / Deutsch <b>SWS:</b> 2
<b>Lernziele:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Students have an active understanding of the principles of biomolecular simulations and can assess their capacity and limitations of biomolecular simulations</li> <li>• Students are able to solve typical biophysical problems analytically and numerically</li> </ul>

**Inhalte:**

- Introduction to classical mechanics in phase space
- Probability and information theory
- Connection to statistical mechanics
- Molecular dynamics basics
- Monte Carlo Simulations
- Forces and force fields in biomolecular systems
- Simulations in different ensembles
- Calculating macroscopic thermodynamic properties from simulations

**Literatur:**

- Daniel M. Zuckerman, *Statistical Physics of Biomolecules* (2010 by Taylor and Francis Inc.)
- Ken Dill and Sarina Bromberg, *Molecular Driving Forces* (2012 by Taylor and Francis Inc; 2nd edition)
- Daan Frenkel and Berend Smit, *Understanding Molecular Simulation* (2002 by Elsevier, 2nd edition)

**Zugeordnete Lehrveranstaltungen:****Method Course: Computational Biophysics** (Vorlesung)

\*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.\*

Life relies on the interactions of proteins, nucleic acids, lipids and other biomolecules. This course introduces computational methods to study the structure, dynamics and mechanics of these biomolecules. In the first part of the course, the physics behind biomolecular simulations is explained and the basic principles of classical and statistical mechanics are reviewed. In the second part, different simulation techniques are introduced including molecular dynamics simulations and Monte Carlo simulations. Subsequently the methods are applied to biological systems consisting of proteins, nucleic acids and lipids.

**Modulteil: Method Course: Computational Biophysics (Practical Course)**

**Lehrformen:** Praktikum

**Sprache:** Englisch / Deutsch

**SWS:** 4

**Lernziele:**

- Students are able to solve typical biophysical problems analytically and numerically
- Students are able to run and analyze computer simulations of biological matter
- Students know how to visualize, document and present their simulation results

**Inhalte:**

The methods and tools discussed in the lecture will be applied to typical biophysical problems and biological systems. The students work individually or in small teams under supervision. The students present their solutions, document their simulations and summarize their results in a final report.

**Zugeordnete Lehrveranstaltungen:****Method Course: Computational Biophysics (Practical Course)** (Praktikum)

\*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.\*

**Prüfung****Method Course: Computational Biophysics**

Klausur / Prüfungsdauer: 2 Stunden, benotet

<b>Modul PHM-0286: Machine learning in physics</b> <i>Machine learning in physics</i>		6 ECTS/LP
Version 1.0.0 (seit SoSe22) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Markus Heyl		
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Basics of artificial neural networks</li> <li>Fundamentals of supervised learning algorithms and applications to classification and discrimination problems in physics</li> <li>Unsupervised learning, dimensional reduction and generative models</li> <li>Foundations of reinforcement learning and application to the discovery of strategies for physical problems</li> </ul> <p>It will be the key goal to illustrate and apply machine learning algorithms to interesting problems in physics.</p>		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>The students have acquired basic understanding of machine learning algorithms.</li> <li>They can implement basic machine learning algorithms in a modern programming language.</li> <li>The students can apply basic machine learning algorithms to problems in physics and analyze the results.</li> <li>Integrated acquisition of key qualifications: Abstraction skills using the example of formulating complex physical problems in a machine learning context, familiarization with English professional language.</li> </ul>		
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 180 Std. 100 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes Übung/Fallstudien (Selbststudium) 60 Std. Vorlesung und Übung (Präsenzstudium) 20 Std. Prüfungsvorbereitung (Selbststudium)		
<b>Voraussetzungen:</b> Knowledge of the programming language Python is expected on the level taught in the module PHM-0041 „Einführung in das Programmieren für Physiker und Materialwissenschaftler“.		<b>ECTS/LP-Bedingungen:</b> Bestehen der Modulprüfung
<b>Angebotshäufigkeit:</b> alle 4 Semester idR im SoSe	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> ab dem 1.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 4	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	
<b>Modulteile</b>		
<b>Modulteil: Machine learning in physics</b> <b>Lehrformen:</b> Vorlesung <b>Sprache:</b> Englisch / Deutsch <b>SWS:</b> 3		
<b>Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Pankaj Mehta, Marin Bukov, Ching-Hao Wang, Alexandre G.R. Day, Clint Richardson, Charles K. Fisher, and David J. Schwab, <i>A high-bias, low-variance introduction to Machine Learning for physicists</i>, Physics Reports <b>810</b>, 1 (2019)</li> <li>Florian Marquardt, <i>Machine learning and quantum devices</i>, SciPost Phys. Lect. Notes 29 (2021)</li> </ul>		
<b>Zugeordnete Lehrveranstaltungen:</b> <b>Machine learning in physics</b> (Vorlesung) <i>*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.*</i>		

**Modulteil: Machine learning in physics (Tutorial)**

**Lehrformen:** Übung

**Sprache:** Englisch / Deutsch

**SWS:** 1

**Zugeordnete Lehrveranstaltungen:**

**Machine learning in physics (Tutorial) (Übung)**

*\*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.\**

**Prüfung**

**Machine learning in physics**

Mündliche Prüfung / Prüfungsdauer: 30 Minuten, benotet

<b>Modul PHM-0290: Dynamics in quantum matter</b> <i>Dynamics in quantum matter</i>		6 ECTS/LP
Version 1.0.0 (seit WS23/24) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Markus Heyl		
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nonequilibrium dynamics in isolated quantum many-body systems</li> <li>• Quantum simulators</li> <li>• Quantum integrability, quantum chaos and the eigenstate thermalization hypothesis</li> <li>• Lieb-Robinson bounds and light-cone dynamics</li> <li>• Quantum entanglement dynamics</li> <li>• Further special topics will be discussed such as: localization, eigenstate order, dynamical phase transitions, fractons</li> </ul>		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• The students acquire knowledge of the basic principles of the dynamics in isolated quantum many-body systems.</li> <li>• They have the skills to theoretically study the dynamics of quantum many-body systems for the specific covered topics and to solve the dynamics for small systems through numerical simulations.</li> <li>• The students have the competence to independently investigate problems in the field of dynamics in quantum matter.</li> <li>• Integrated acquisition of key qualifications: ability to work independently with literature in English professional language.</li> </ul>		
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 180 Std. 60 Std. Vorlesung und Übung (Präsenzstudium) 20 Std. Prüfungsvorbereitung (Selbststudium) 100 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes Übung/Fallstudien (Selbststudium)		
<b>Voraussetzungen:</b> This module requires knowledge on the content of the Bachelor lectures Theoretische Physik II + III.		<b>ECTS/LP-Bedingungen:</b> Bestehen der Modulprüfung
<b>Angebotshäufigkeit:</b> alle 4 Semester Beginn: WiSe 2023/2024	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> ab dem 1.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 4	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	
<b>Modulteile</b>		
<b>Modulteil: Dynamics in quantum matter</b> <b>Lehrformen:</b> Vorlesung <b>Sprache:</b> Englisch / alle Sprachen <b>SWS:</b> 2		
<b>Inhalte:</b> see module description		

**Literatur:**

- D'Alessio, L., Kafri, Y., Polkovnikov, A., & Rigol, M., *From quantum chaos and eigenstate thermalization to statistical mechanics and thermodynamics*, *Advances in Physics* **65**, 239 (2016).
- Altman, E. *et al.*, *Quantum Simulators: Architectures and Opportunities*, *PRX Quantum* **2**, 017003 (2021).
- Nandkishore, R., & Huse, D. A., *Many-Body Localization and Thermalization in Quantum Statistical Mechanics*, *Annual Review of Condensed Matter Physics* **6**, 15 (2015).
- Nandkishore, R. M., & Hermele, M., *Fractons*, *Annual Review of Condensed Matter Physics* **10**, 295 (2019).
- Heyl, M., *Dynamical quantum phase transitions: a review*, *Reports on Progress in Physics* **81**, 054001 (2018).

**Modulteil: Dynamics in quantum matter (Tutorial)**

**Lehrformen:** Übung

**Sprache:** Englisch / alle Sprachen

**SWS:** 2

**Prüfung**

**Dynamics in quantum matter**

Mündliche Prüfung / Prüfungsdauer: 30 Minuten, benotet

<b>Modul PHM-0293: Stochastic Processes in Physics</b> <i>Stochastic Processes in Physics</i>		6 ECTS/LP
Version 1.0.0 (seit WS23/24) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Christoph Alexander Weber		
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Discrete and continuous Markov processes</li> <li>• Master equations</li> <li>• Stochastic differential equations</li> <li>• Focker-Planck equations</li> <li>• Stochastic phenomena in nature</li> <li>• Fluctuating field theory</li> </ul>		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> Students... <ul style="list-style-type: none"> <li>• learn about the complexity and diversity of stochastic phenomena of systems</li> <li>• will understand the relevance of length and time-scale when describing fluctuating systems</li> <li>• obtain solid expertise in the theoretical techniques required to treat stochastic phenomena, and are able to apply these methods to concrete research problems,</li> <li>• and will become competent to acquaint themselves with modern scientific questions.</li> </ul> Integrated acquirement of soft skills: <ul style="list-style-type: none"> <li>• autonomous working with scientific literature in English,</li> <li>• improving written and spoken English during lectures and exercises,</li> <li>• interdisciplinary thinking, and working</li> </ul>		
<b>Bemerkung:</b> It is recommended to learn the application of some of the theoretical concepts developed in this course by taking it concomitantly or before PHM-0363: Method Course: Applying Theoretical Concepts from Non-equilibrium Statistical Physics.		
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 180 Std. 60 Std. Vorlesung und Übung (Präsenzstudium) 60 Std. Prüfungsvorbereitung (Selbststudium) 60 Std. laufende Vor- und Nachbereitung (Selbststudium)		
<b>Voraussetzungen:</b> Pronounced interest in theoretical physics and Statistical Physics		<b>ECTS/LP-Bedingungen:</b> Bestehen der Modulprüfung
<b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Wintersemester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b>	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 4	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	
<b>Modulteile</b>		
<b>Modulteil: Stochastic Processes in Physics</b> <b>Lehrformen:</b> Vorlesung <b>Sprache:</b> Englisch / Deutsch <b>Angebotshäufigkeit:</b> jährlich <b>SWS:</b> 2		

**Literatur:**

- **Stochastic Processes in Physics and Chemistry**, N. G. Van Kampen, North Holland, ISBN 444529659
- **Stochastic Methods: A Handbook for the Natural and Social Sciences**, Gardiner, Springer, ISBN 3540707123
- **Thinking Probabilistically: Stochastic Processes, Disordered Systems, and Their Applications**, Ariel Amir, Cambridge University Press, ISBN 1108479529
- **Statistical Physics of Fields**, Mehran Kardar, Cambridge, ISBN 052187341X

**Modulteil: Stochastic Processes in Physics (Tutorial)**

**Lehrformen:** Übung

**Sprache:** Englisch / Deutsch

**Angebotshäufigkeit:** jährlich

**SWS:** 2

**Prüfung**

**PHM-0293 Stochastic Processes in Physics (lecture)**

Schriftlich-Mündliche Prüfung / Prüfungsdauer: 1 Stunden, benotet

<b>Modul PHM-0297: Method Course: Methods in Bioanalytics</b> <i>Method Course: Methods in Bioanalytics</i>		8 ECTS/LP
Version 1.0.0 (seit WS22/23) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Janina Bahnemann		
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Basic concepts of instrumental analytics, sensor technology, validation, quality assurance</li> <li>- Biological basics for sensor design and sample components</li> <li>- Biological markers, biomaterials and targets: bioreceptors: antibodies, enzymes, aptamers, cells, nanoparticles</li> <li>- Sensor principles / transducers: optical, thermal, electrochemical, electromechanical, colorimetric</li> <li>- Sensor materials (e.g., silicon, gold, plastics, polymers)</li> <li>- Immobilization of bioreceptors on sensor materials</li> <li>- Lateral flow assays, Point-of-Care diagnostics</li> <li>- Carbohydrate and lipid analysis: Chromatographic methods (HPLC, GC, DC, MS)</li> <li>- Amino acid analytics: HPLC, fluorescence spectroscopy</li> <li>- Nucleic acid analytics: PCR method, sequencing, electrophoresis, microarrays</li> <li>- Protein analytics: Chromatography, electrophoresis, spectroscopy, Bradford assay</li> <li>- Cell analytics: Flow cytometry and microscopy</li> <li>- Concepts and materials for sensor development and optimization: e.g., Microfluidics, additive manufacturing, nanoporous materials, nanoparticles, amplifiers</li> </ul>		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Students will be able to use acquired analytical expertise to adequately describe and correlate basic principles of bioanalysis and their applications.</li> <li>• Students will be able to transfer acquired knowledge from the lecture to practical applications in the experimental practical course.</li> <li>• Students will demonstrate self-competence of work organization as well as social competence by working in small groups.</li> <li>• Students will learn to identify proteins using various analytical methods, to set up biosensors for measuring glucose concentrations, and to scientifically evaluate, comprehensibly record in writing, and present the practical results.</li> </ul>		
<b>Bemerkung:</b> ELECTIVE COMPULSORY MODULE Number of students will be limited to 9.		
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 240 Std.		
<b>Voraussetzungen:</b> keine / none		<b>ECTS/LP-Bedingungen:</b> Practical work and written report
<b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Semester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> 1. - 4.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 6	<b>Wiederholbarkeit:</b> keine	

<b>Moduleile</b>
<b>Moduleil: Method Course: Methods in Bioanalytics</b> <b>Sprache:</b> Deutsch / Englisch <b>SWS:</b> 2
<b>Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Lottspeich and Engels: "Bioanalytik", Spektrum Akademischer Verlag, ISBN: 3-8274-2942-0</li><li>• Lottspeich and Engels: "Bioanalytics: Analytical Methods and Concepts in Biochemistry and Molecular Biology"</li><li>• Ozkan et al.: "Biosensors: Fundamentals, Emerging Technologies, and Application", CRC Press</li><li>• Yoon: "Introduction to Biosensors: From Electric Circuits to Immunosensors", Springer Verlag, ISBN: 978-3319801360</li><li>• Thieman: "Introduction to Biotechnology", Pearson, ISBN: 978-1292261775</li></ul>
<b>Zugeordnete Lehrveranstaltungen:</b> <b>Methods in Bioanalytics</b> <i>*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.*</i>
<b>Moduleil: Method Course: Methods in Bioanalytics (Practical Course)</b> <b>Sprache:</b> Deutsch / Englisch <b>SWS:</b> 4
<b>Prüfung</b> <b>Method Course: Methods in Bioanalytics</b> Bericht, Practical work and written report on practical work, benotet

<b>Modul PHM-0362: Quantum Optics</b> <i>Quantum Optics</i>		6 ECTS/LP
Version 1.0.0 (seit WS23/24) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Mónica Benito González		
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Quantization of the electromagnetic field</li> <li>• Quantum states in phase space</li> <li>• Light-matter interaction</li> <li>• Open quantum optical systems</li> <li>• Photodetection and photon statistics</li> </ul>		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• The students acquire understanding of the theoretical description of the interaction between light and matter.</li> <li>• They have the skills to theoretically investigate specific problems in quantum optics with suitable models and techniques.</li> <li>• The students have the competence to work extensively autonomous on physical problems related to the covered topics.</li> <li>• Integrated achievement of key qualifications: familiarization with English professional language, abstraction and approximation skills to model complex problems with mathematical structures.</li> </ul>		
<b>Arbeitsaufwand:</b> 20 Std. Prüfungsvorbereitung (Selbststudium) 60 Std. Vorlesung und Übung (Präsenzstudium) 40 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes Übung/Fallstudien (Selbststudium) 40 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes anhand bereitgestellter Unterlagen (Selbststudium) 20 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes durch Literatur (Selbststudium)		
<b>Voraussetzungen:</b> keine		<b>ECTS/LP-Bedingungen:</b> Bestehen der Modulprüfung
<b>Angebotshäufigkeit:</b> alle 4 Semester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> ab dem 1.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 4	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	

<b>Modulteile</b>
<b>Modulteil: Quantum Optics</b> <b>Lehrformen:</b> Vorlesung <b>Sprache:</b> Englisch <b>SWS:</b> 2
<b>Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• C. Cohen-Tannoudji, J. Dupont-Roc, and J. Grynberg, Photons and atoms: Introduction to quantum electrodynamics (John Wiley &amp; Sons, 1989).</li> <li>• D. F. Walls and G. J. Milburn, Quantum optics (Springer, 1994).</li> <li>• M. O. Scully and M. S. Zubairy, Quantum optics (Cambridge University Press, 1997).</li> <li>• C. C. Gerry and P. L. Knight, Introductory quantum optics (Cambridge University Press, 2005).</li> <li>• G. Grynberg, A. Aspect, and C. Fabre, Introduction to quantum optics (Cambridge University Press, 2010).</li> <li>• M. Fox, Quantum Optics: An Introduction (Oxford University Press, 2006).</li> </ul>

---

**Modulteil: Quantum Optics (Tutorial)**

**Lehrformen:** Übung

**Sprache:** Englisch

**SWS:** 2

**Prüfung**

**Quantum Optics Quantum Optics**

Mündliche Prüfung / Prüfungsdauer: 30 Minuten, benotet

<b>Modul PHM-0363: Method Course: Applying Theoretical Concepts from Non-equilibrium Statistical Physics</b> <i>Method Course: Applying Theoretical Concepts from Non-equilibrium Statistical Physics</i>	8 ECTS/LP
Version 1.0.0 (seit WS23/24) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Christoph Alexander Weber	
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Phase separation kinetics of liquid mixtures</li> <li>• Dynamics of simple fluids</li> <li>• Kinetics of semi-dilute, elastic, and inelastic gases</li> <li>• Self-propelled, aligning gases</li> <li>• Motility-induced phase separation</li> <li>• Long-range polar order in two-dimensional active systems</li> <li>• Active Brownian motion</li> <li>• Mixtures of hot and cold particles</li> <li>• Stochastic chemical reaction kinetics at non-dilute conditions</li> </ul>	
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> Students will learn the following hard skills: <ul style="list-style-type: none"> <li>• fundamental non-equilibrium theories (hydrodynamic transport theories, kinetic theories, dynamic density functional theory, stochastic descriptions, and Ito's stochastic calculus)</li> <li>• coarse-graining methods (lattice-based, moment expansion, Mori-Zwanzig, ...)</li> <li>• analytical techniques (stability analysis, partial equilibria, multi-scale perturbation theories)</li> <li>• simulations techniques (lattice gas automaton, Monte-Carlo, agent-based, stochastic particle dynamics, stochastic rotational dynamics, ...),</li> <li>• discretization methods (Gillespie, spectral method, finite differences, finite elements)</li> <li>• programming in Python and/or C++</li> </ul> Students will learn the following soft skills: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Students learn how to apply theoretical concepts from non-equilibrium thermodynamics</li> <li>• They get trained to establish links between theoretical concepts and modern research problems</li> <li>• They will build links between lecture and textbook knowledge and applied research question, providing excellent preparation for Master's and Ph.D. research in theoretical physics</li> <li>• Students learn how to work in teams</li> <li>• They get trained in autonomous working with scientific literature in English, improving written and spoken English during lectures and exercises,</li> <li>• Students get stimulated to develop interdisciplinary thinking, and working</li> </ul>	
<b>Bemerkung:</b> It may be helpful if the students have participated or are simultaneously participating in one of the following Master's courses: "Non-equilibrium Statistical Physics" and "Introduction to Stochastic Processes". Please note that this is not a prerequisite since there will be introductory lectures before the application sessions.	
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 240 Std. 60 Std. laufende Vor- und Nachbereitung (Selbststudium) 60 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes Übung/Fallstudien (Selbststudium) 90 Std. Vorlesung und Übung (Präsenzstudium) 30 Std. Prüfungsvorbereitung (Selbststudium)	
<b>Voraussetzungen:</b> Pronounced interest in theoretical physics and Statistical Physics	<b>ECTS/LP-Bedingungen:</b> Bestehen der Modulprüfung

<b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Wintersemester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b>	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> Semester
<b>SWS:</b> 6	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	

**Modulteile**

**Modulteil: Method Course: Applying Theoretical Concepts from Non-equilibrium Statistical Physics**  
**Lehrformen:** Vorlesung  
**Sprache:** Englisch / Deutsch  
**SWS:** 2

**Inhalte:**  
 see above

**Literatur:**

- **Non-Equilibrium Thermodynamics**, S. R. De Groot and P. Mazur, Dover Publications, Dover ed edition, ISBN 486647412
- **From Macrophysics to Microphysics Part 1 und 2**, Roger Balian, Springer, ISBN 3540454780
- **Principles of Condensed Matter Physics**, P. M. Chaikin and T. C. Lubensky, Cambridge, ISBN 521794501
- **A Kinetic View of Statistical Physics**, Pavel L. Krapivsky, Sidney Redner, and Eli Ben-Naim, Cambridge, ISBN 486647412
- **Basic Concepts for Simple and Complex Liquids**, Jean-Louis Barrat and Jean-Pierre Hansen, Cambridge, ISBN 521789532
- **Physical Hydrodynamics**, Etienne Guyon, Jean-Pierre Hulin, Luc Petit, Catalin D. Mitescu, Oxford, ISBN 521851033
- **Stochastic Processes in Physics and Chemistry**, N. G. Van Kampen, North Holland, ISBN 444529659
- **Stochastic Methods: A Handbook for the Natural and Social Sciences**, Gardiner, Springer, ISBN 3540707123
- **Thinking Probabilistically: Stochastic Processes, Disordered Systems, and Their Applications**, Ariel Amir, Cambridge University Press, ISBN 1108479529
- **Statistical Physics of Fields**, Mehran Kardar, Cambridge, ISBN 052187341X

**Modulteil: Method Course: Applying Theoretical Concepts from Non-equilibrium Statistical Physics (Practical Course)**  
**Lehrformen:** Übung  
**Sprache:** Englisch / Deutsch  
**SWS:** 4

**Prüfung**  
**PHM-0363 Method Course: Applying Theoretical Concepts from Non-equilibrium Statistical Physics**  
 Mündliche Prüfung / Prüfungsdauer: 1 Stunden, benotet

<b>Modul PHM-0044: Experimentelle Festkörperphysik</b> <i>Experimental Solid State Physics</i>		8 ECTS/LP
Version 1.0.1 (seit WS09/10) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. István Kézsmárki		
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kristallstrukturen und Symmetrieeigenschaften</li> <li>• Strukturanalyse: Röntgen-/Neutronendiffraktion/Tunnel-,Kraftmikroskopie</li> <li>• Elektronischen Struktur von Kristallen: Freies Elektronengas, Energiebänder, Dynamik von Kristallelektronen</li> <li>• Dielektrische Eigenschaften von Kristallen: Polarisation, dielektrischer Tensor, Ferroelektrizität</li> <li>• Optische Anregungen: optische Phononen, Kristallfeldanregungen, Exzitonen, Bandübergänge</li> <li>• Magnetische Eigenschaften von Festkörpern</li> <li>• Supraleitung</li> </ul>		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden kennen Konzepte, Phänomenologie und experimentelle Methoden zur Erforschung von Struktur und Dynamik kondensierter Materie.</li> <li>• Die Studierenden haben Fertigkeiten, komplexe Experimente selbständig durchzuführen; sie sind vertraut mit allgemeinen Auswertemethoden und können selbständig Messdaten bewerten und analysieren.</li> <li>• Die Studierenden besitzen die Kompetenz, übergreifende Problemstellungen im Bereich der experimentellen Festkörperphysik selbständig zu bearbeiten. Dies umfasst insbesondere die kritische Wertung der Messergebnisse und detaillierte Interpretationen experimenteller Ergebnisse durch aktuelle Theorien.</li> <li>• Die Studierenden erwerben analytisch-methodische Kompetenzen des wissenschaftlichen und logischen Denkens und der Literaturrecherche mit englischer Fachliteratur.</li> <li>• Die Studierenden kennen die Grundsätze guter wissenschaftlicher Praxis.</li> </ul>		
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 240 Std. 90 Std. Vorlesung und Übung (Präsenzstudium) 30 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes anhand bereitgestellter Unterlagen (Selbststudium) 30 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes durch Literatur (Selbststudium) 90 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes Übung/Fallstudien (Selbststudium)		
<b>Voraussetzungen:</b> Das Modul baut auf den Inhalten der Bachelor-Vorlesungen Physik I - III, Theoretische Physik I - IV und insbesondere auf Physik IV auf.		
<b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Wintersemester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> ab dem 1.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 6	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	

<b>Modulteile</b> <b>Modulteil: Experimentelle Festkörperphysik</b> <b>Lehrformen:</b> Vorlesung <b>Sprache:</b> Deutsch <b>SWS:</b> 4 <b>Lernziele:</b> siehe Modulbeschreibung
--

**Inhalte:**

- Dielektrische Funktion des Elektronengases
  - Dispersionsrelation elektromagnetischer Wellen
  - Plasmaschwingungen
  - Polaritonen
  - Polaronen und Exzitonen
- Dielektrische Festkörper
  - Dielektrische Konstante
  - Polarisierbarkeit, Innere Felder
- Polare Ordnung
  - Ferroelektrizität
  - Anti-Ferroelektrizität
- Optische Spektroskopie
  - FIR und Raman Streuung
  - Elektronenspektroskopie
- Magnetismus von Festkörpern
  - Grundbegriffe und Einleitung
  - Magnetische Momente im Festkörper
  - Diamagnetismus
  - Paramagnetismus
  - Magnetische Wechselwirkung
  - Ferro- und Antiferromagnetismus
  - Magnetische Domänen
- Magnetische Resonanz
  - Blochgleichung
  - NMR und ESR
- Supraleitung
  - Grundbegriffe und Phänomenologie
  - Meißner-Effekt, Eindringtiefe, Kohärenzlänge
  - Thermodynamik
  - Grundlagen der BCS-Theorie
  - Hochtemperatur- und unkonventionelle Supraleiter

**Literatur:**

- R. Gross, A. Marx, Festkörperphysik (De Gruyter)
- N.W. Ashcroft, N.D. Mermin, Festkörperphysik (Oldenbourg)
- Ch. Kittel, Einführung in die Festkörperphysik (Oldenbourg)
- D. Craik, Magnetism: Principles and Applications
- N. Spaldin, Magnetic Materials
- W. A. Harrison, Electronic Structure and the Properties of Solids
- W. Buckel, Supraleitung

**Modulteil: Übung zu Experimentelle Festkörperphysik**

**Lehrformen:** Übung

**Sprache:** Deutsch

**SWS:** 2

**Lernziele:**

siehe Modulbeschreibung

**Prüfung**

**Experimentelle Festkörperphysik**

Klausur / Prüfungsdauer: 120 Minuten, benotet

<b>Modul PHM-0046: Theoretische Festkörperphysik</b> <i>Theoretical Solid State Physics</i>		8 ECTS/LP
Version 2.1.0 (seit WS16/17) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Liviu Chioncel		
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kristallstruktur, reziprokes Gitter</li> <li>• Nichtwechselwirkende Elektronen im periodischen Potential: Bloch-Theorem, Störungstheorie, stark gebundene Elektronen</li> <li>• Semiklassische Dynamik von Blochelektronen: Zener-Durchbruch, Semiklassik im konstanten Magnetfeld, Drude-Theorie, Diffusion</li> <li>• Gitterdynamik: Born-Oppenheimer-Näherung, Phononen, Debye- und Einstein-Modell</li> <li>• Elektron-Elektron-Wechselwirkung: Hartree-Fock-Näherung, Dichtefunktionaltheorie, Abschirmung</li> <li>• Formalismus der zweiten Quantisierung</li> </ul>		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden kennen die Grundlagen und Methoden der quantentheoretischen Beschreibung von Festkörpern und ihren Eigenschaften im Rahmen nicht wechselwirkender Vielteilchensysteme bzw. effektiver Einteilchentheorien,</li> <li>• sind in der Lage, physikalische Fragestellungen der Festkörperphysik theoretisch zu formulieren und durch Anwendung geeigneter Näherungsmethoden zu untersuchen,</li> <li>• haben die Fähigkeit, Problemstellungen in den genannten Teilgebieten selbständig zu bearbeiten.</li> <li>• Integrierter Erwerb von Schlüsselqualifikationen: eigenständiges Arbeiten mit englischsprachiger Fachliteratur, Erfassen komplexer Zusammenhänge und deren modellhafte Darstellung mit Hilfe mathematischer Strukturen, Methodenkompetenz</li> </ul>		
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 240 Std. 30 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes anhand bereitgestellter Unterlagen (Selbststudium) 90 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes Übung/Fallstudien (Selbststudium) 30 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes durch Literatur (Selbststudium) 90 Std. Vorlesung und Übung (Präsenzstudium)		
<b>Voraussetzungen:</b> Das Modul baut insbesondere auf den Inhalten der Bachelor-Vorlesungen Theoretische Physik II + III und Physik IV auf.		
<b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Wintersemester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> ab dem 1.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 6	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	

<b>Modulteile</b>
<b>Modulteil: Theoretische Festkörperphysik</b> <b>Lehrformen:</b> Vorlesung <b>Sprache:</b> Deutsch <b>SWS:</b> 4
<b>Lernziele:</b> siehe Modulbeschreibung
<b>Inhalte:</b> siehe Modulbeschreibung

**Literatur:**

- N. W. Ashcroft and N. D. Mermin, Solid State Physics (Rinehart and Winston)
- J. Callaway, Quantum Theory of the Solid State (Academic)
- P. Coleman, Introduction to Many Body Physics (Cambridge)
- P. Fulde, Electron Correlations in Molecules and Solids (Springer)
- G. Giuliani and G. Vignale, Quantum Theory of the Electron Liquid (Cambridge)
- C. Kittel, Quantum Theory of Solids (Wiley)
- P. L. Taylor and O. Heinonen, A Quantum Approach to Condensed Matter Physics (Cambridge)
- J. M. Ziman, Prinzipien der Festkörpertheorie (Harri Deutsch)

**Modulteil: Übung zu Theoretische Festkörperphysik**

**Lehrformen:** Übung

**Sprache:** Deutsch

**SWS:** 2

**Lernziele:**

siehe Modulbeschreibung

**Prüfung**

**Theoretische Festkörperphysik**

Mündliche Prüfung / Prüfungsdauer: 45 Minuten, benotet

<b>Modul PHM-0014: Physikalisches Fortgeschrittenenpraktikum (6 Versuche)</b> <i>Advanced Physics Laboratory Course (6 experiments)</i>		6 ECTS/LP
Version 1.1.0 (seit WS09/10) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Manfred Albrecht Dr. Matthias Schreck		
<b>Inhalte:</b> Es sind während der Vorlesungszeit (jeweils mittwochs ganztägig) sechs Versuche u. a. aus den Feldern Kernphysik, Festkörperphysik, Plasmaphysik, Molekülphysik etc. durchzuführen. Eine Kurzbeschreibung zu den aktuell verfügbaren Versuchen findet sich auf der unten angegebenen Internet-Seite.		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden kennen die experimentellen Grundlagen der Festkörperphysik und der Quantenmechanik und sind mit den gängigen Methoden der physikalischen Messtechnik vertraut.</li> <li>• Sie sind in der Lage, sich in ein Spezialgebiet der Physik einzuarbeiten und vertiefte Versuche aus diesem Spezialgebiet selbständig durchzuführen und auszuwerten.</li> <li>• Sie besitzen die Kompetenz, physikalische Fragestellungen mittels geeigneter experimenteller Methoden zu untersuchen, die Versuchsergebnisse zu analysieren und im Rahmen theoretischer Modellvorstellungen zu interpretieren.</li> <li>• Integrierter Erwerb von Schlüsselqualifikationen</li> </ul>		
<b>Bemerkung:</b> Weitere Informationen: <a href="https://www.uni-augsburg.de/en/fakultaet/mntf/physik/groups/exp4/teaching/fp/">https://www.uni-augsburg.de/en/fakultaet/mntf/physik/groups/exp4/teaching/fp/</a>		
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 180 Std. 120 Std. Anfertigen von schriftlichen Arbeiten (Selbststudium) 60 Std. Praktikum (Präsenzstudium)		
<b>Voraussetzungen:</b> Grundkenntnisse aus Physik I – V, Festkörperphysik, Quantenmechanik		<b>ECTS/LP-Bedingungen:</b> Sechs mindestens mit „ausreichend“ bewertete Laborversuche. Jeder einzelne Versuch wird bewertet; bei der Bewertung finden folgende Kriterien mit gleichem Gewicht Anwendung: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Vorbesprechung vor dem Versuch</li> <li>2. Versuchsdurchführung</li> <li>3. Auswertung und schriftliche Ausarbeitung</li> <li>4. Abschlussbesprechung nach Rückgabe der Auswertungen</li> </ol> Die Gesamtnote für dieses Modul errechnet sich aus dem arithmetischen Mittel der in jedem einzelnen Versuch erzielten Bewertungen.
<b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Semester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> ab dem 2.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester

<b>SWS:</b> 4	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs
------------------	---

<b>Moduleile</b>
<b>Modulteil: Physikalisches Fortgeschrittenenpraktikum (6 Versuche)</b> <b>Lehrformen:</b> Praktikum <b>Sprache:</b> Deutsch <b>SWS:</b> 4
<b>Lernziele:</b> siehe Modulbeschreibung
<b>Literatur:</b> Die Anleitungen sind elektronisch zum Download verfügbar. Weiterführende Literatur ist in den einzelnen Anleitungen angegeben.
<b>Zugeordnete Lehrveranstaltungen:</b> <b>Physikalisches Fortgeschrittenenpraktikum (6 Versuche)</b> (Praktikum) <i>*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.*</i> Alle aktuellen Informationen zum Praktikum und zur Anmeldung finden sich unter: <a href="https://www.uni-augsburg.de/de/fakultaet/mntf/physik/groups/exp4/teaching/fp/">https://www.uni-augsburg.de/de/fakultaet/mntf/physik/groups/exp4/teaching/fp/</a>

<b>Modul PHM-0049: Nanostructures / Nanophysics</b> <i>Nanostructures / Nanophysics</i>		6 ECTS/LP
Version 1.2.0 (seit WS09/10) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. István Kézsmárki		
<b>Inhalte:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Semiconductor quantum wells, wires and dots, low dimensional electron systems</li> <li>2. Magnetotransport in low-dimensional systems, Quantum-Hall-Effect, Quantized conductance</li> <li>3. Optical properties of nanostructures and their application in modern optoelectronic devices, Nanophotonics</li> <li>4. Fabrication and detection techniques of nanostructures</li> <li>5. Ferroic properties of nanostructures (Ferroelectricity, Magnetism, Multiferroicity)</li> <li>6. Nano-bio-magnetism (magnetotactic bacteria, magnetoreception, malaria)</li> </ol>		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• The students gain basic knowledge of the fundamental concepts in modern nanoscale science.</li> <li>• The students have detailed knowledge of low-dimensional semiconductor structures and how these systems can be applied for novel functional devices for high-frequency electronics and optoelectronics</li> <li>• The students gain competence in selecting different fabrication and characterization approaches for specific nanostructures.</li> <li>• The students are able apply these concepts to tackle present problems in nanophysics.</li> <li>• The students acquire scientific skills to search for scientific literature and to evaluate scientific content.</li> </ul>		
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 180 Std. 80 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes Übung/Fallstudien (Selbststudium) 20 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes durch Literatur (Selbststudium) 60 Std. Vorlesung und Übung (Präsenzstudium) 20 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes anhand bereitgestellter Unterlagen (Selbststudium)		
<b>Voraussetzungen:</b> recommended prerequisites: basic knowledge in solid-state physics and quantum mechanics.		
<b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Sommersemester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> ab dem 1.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 4	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	
<b>Modulteile</b>		
<b>Modulteil: Nanostructures / Nanophysics</b> <b>Lehrformen:</b> Vorlesung <b>Sprache:</b> Englisch <b>SWS:</b> 4		
<b>Lernziele:</b> see module description		
<b>Inhalte:</b> see module description		
<b>Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Yu und Cardona: Fundamentals of Semiconductors</li> <li>• Singh: Electronic and Optoelectronic Properties of Semiconductor Structures (Cambridge University Press)</li> <li>• Davies: The Physics of low-dimensional Semiconductors (Cambridge University Press)</li> </ul>		

**Zugeordnete Lehrveranstaltungen:**

**Nanostructures / Nanophysics** (Vorlesung)

*\*Veranstaltung wird online/digital abgehalten.\**

**Prüfung**

**Nanostructures / Nanophysics**

Mündliche Prüfung / Prüfungsdauer: 30 Minuten, benotet

**Prüfungsvorleistungen:**

Nanostructures / Nanophysics

<b>Modul PHM-0051: Biophysics and Biomaterials</b> <i>Biophysics and Biomaterials</i>		6 ECTS/LP
Version 1.1.0 (seit SoSe22) Modulverantwortliche/r: Dr. Stefan Thalhammer Westerhausen, Christoph, Dr.		
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Transcription and translation</li> <li>• Membranes</li> <li>• DNA and proteins</li> <li>• Enabling technologies</li> <li>• Microfluidics</li> <li>• Radiation Biophysics</li> </ul>		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> The students know: <ul style="list-style-type: none"> <li>· basic terms, concepts and phenomena of biological physics</li> <li>· models of the (bio)polymer-theory, microfluidics, radiation biophysics, nanobiotechnology, sequencing strategies, membranes and proteins</li> </ul> The students obtain skills <ul style="list-style-type: none"> <li>· for independent processing of problems and dealing with current literature.</li> <li>· to translate a biological observation into a physical question.</li> </ul> The students improve the key competences: <ul style="list-style-type: none"> <li>· self-dependent working with English specialist literature.</li> <li>· processing and interpretation of experimental data.</li> <li>· interdisciplinary thinking and working.</li> </ul>		
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 180 Std. 60 Std. Vorlesung und Übung (Präsenzstudium) 20 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes anhand bereitgestellter Unterlagen (Selbststudium) 80 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes Übung/Fallstudien (Selbststudium) 20 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes durch Literatur (Selbststudium)		
<b>Voraussetzungen:</b> Mechanics, Thermodynamics, Statistical Physics		
<b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Sommersemester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> ab dem 2.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 4	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	

<b>Modulteile</b>
<b>Modulteil: Biophysics and Biomaterials</b> <b>Lehrformen:</b> Vorlesung <b>Sprache:</b> Englisch <b>SWS:</b> 3
<b>Lernziele:</b> See module description.

<b>Inhalte:</b> See module description.
<b>Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• T. Herrmann, Klinische Strahlenbiologie – kurz und bündig, Elsevier Verlag, ISBN-13: 978-3-437-23960-1</li><li>• J. Freyschmidt, Handbuch diagnostische Radiologie – Strahlenphysik, Strahlenbiologie, Strahlenschutz, Springer Verlag, ISBN: 3-540-41419-3</li><li>• S. Haeberle, R. Zengerle, Microfluidic platforms for lab-on-a-chip applications, Lab-on-a-chip, 2007, 7, 1094-1110</li><li>• J. Berthier, Microdrops and digital microfluidics, William Andrew Verlag, ISBN:978-0-8155-1544-9</li><li>• Sackmann, Erich, and Rudolf Merkel. Lehrbuch der Biophysik. Wiley-VCH, 2010.</li><li>• Heimburg, Thomas. Thermal Biophysics of Membranes. Wiley-VCH, 2007</li><li>• Nelson, Philip. Biological physics. New York: WH Freeman, 2004.</li><li>• Boal, D. Mechanics of the Cell. Cambridge University Press, 2012</li><li>• Lecture notes</li></ul>
<b>Zugeordnete Lehrveranstaltungen:</b> <b>Biophysics and Biomaterials (Vorlesung)</b> <i>*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.*</i>
<b>Modulteil: Biophysics and Biomaterials (Tutorial)</b> <b>Lehrformen:</b> Übung <b>Sprache:</b> Englisch <b>SWS:</b> 1
<b>Inhalte:</b> See module description.
<b>Zugeordnete Lehrveranstaltungen:</b> <b>Biophysics and Biomaterials (Tutorial) (Übung)</b> <i>*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.*</i>
<b>Prüfung</b> <b>Biophysics and Biomaterials</b> Klausur / Prüfungsdauer: 90 Minuten, benotet <b>Prüfungsvorleistungen:</b> Biophysics and Biomaterials

<b>Modul PHM-0052: Solid State Spectroscopy with Synchrotron Radiation and Neutrons</b> <i>Solid State Spectroscopy with Synchrotron Radiation and Neutrons</i>		6 ECTS/LP
Version 1.2.0 (seit WS09/10) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Christine Kuntscher		
<b>Inhalte:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Electromagnetic radiation: description, generation, detection [5]</li> <li>2. Spectral analysis of electromagnetic radiation: monochromators, spectrometer, interferometer [2]</li> <li>3. Excitations in the solid state: Dielectric function [2]</li> <li>4. Infrared spectroscopy</li> <li>5. Ellipsometry</li> <li>6. Photoemission spectroscopy</li> <li>7. X-ray absorption spectroscopy</li> <li>8. Neutrons: Sources, detectors</li> <li>9. Neutron scattering</li> </ol>		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> The students: <ul style="list-style-type: none"> <li>• know the basics of spectroscopy and important instrumentation and methods,</li> <li>• have acquired the skills of formulating a mathematical-physical ansatz in spectroscopy and can apply these in the field of solid state spectroscopy,</li> <li>• have the competence to deal with current problems in solid state spectroscopy autonomously, and are able to judge proper measurement methods for application.</li> <li>• Integrated acquirement of soft skills.</li> </ul>		
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 180 Std. 20 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes durch Literatur (Selbststudium) 20 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes anhand bereitgestellter Unterlagen (Selbststudium) 60 Std. Vorlesung und Übung (Präsenzstudium) 80 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes Übung/Fallstudien (Selbststudium)		
<b>Voraussetzungen:</b> basic knowledge in solid-state physics		
<b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Wintersemester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> ab dem 1.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 4	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	

<b>Modulteile</b>
<b>Modulteil: Solid State Spectroscopy with Synchrotron Radiation and Neutrons</b> <b>Lehrformen:</b> Vorlesung <b>Sprache:</b> Englisch <b>SWS:</b> 3
<b>Lernziele:</b> see module description
<b>Inhalte:</b> see module description

**Literatur:**

- H. Kuzmany, Solid State Spectroscopy; Springer (2009)
- N. W. Ashcroft, N. D. Mermin, Solid State Physics; Holt, Rinehart and Winston (1976)
- J. M. Hollas, Modern Spectroscopy; Wiley-VCH (2003)

**Zugeordnete Lehrveranstaltungen:**

**Solid State Spectroscopy with Synchrotron Radiation and Neutrons** (Vorlesung)

*\*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.\**

**Modulteil: Solid State Spectroscopy with Synchrotron Radiation and Neutrons (Tutorial)**

**Lehrformen:** Übung

**Sprache:** Englisch

**SWS:** 1

**Zugeordnete Lehrveranstaltungen:**

**Solid State Spectroscopy with Synchrotron Radiation and Neutrons (Tutorial)** (Übung)

*\*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.\**

**Prüfung**

**Solid State Spectroscopy with Synchrotron Radiation and Neutrons**

Mündliche Prüfung / Prüfungsdauer: 30 Minuten, benotet

**Prüfungsvorleistungen:**

Solid State Spectroscopy with Synchrotron Radiation and Neutrons

<b>Modul PHM-0219: Moderne Optik</b> <i>Modern Optics</i>		6 ECTS/LP
Version 1.0.0 (seit SoSe24) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Wolfgang Brütting Prof. Dr. Benjamin Stadtmüller		
<b>Inhalte:</b> Klassische Optik: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Strahlenoptik</li> <li>• Wellenoptik</li> <li>• Lichtausbreitung in Materie</li> </ul> Quantenoptik: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kohärenz und Interferenz</li> <li>• Laser</li> <li>• (Quanten-) Metrologie mit Licht</li> </ul>		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden kennen die Grundlagen der klassischen Optik und die Konzepte der Quantenoptik,</li> <li>• sind in der Lage, optische Komponenten für wissenschaftliche Fragestellungen zu analysieren und</li> <li>• sind kompetent im praktischen Einsatz derartiger Systeme.</li> <li>• Integrierter Erwerb von Schlüsselqualifikationen: Umgang mit englischsprachiger Spezialliteratur.</li> </ul>		
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 180 Std. 60 Std. Vorlesung (Präsenzstudium) 40 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes inkl. Prüfungsvorbereitung (Selbststudium) 40 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes anhand bereitgestellter Unterlagen (Selbststudium) 40 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes durch Literatur (Selbststudium)		
<b>Voraussetzungen:</b> Allgemeine Optikkenntnisse aus der Grundvorlesung		<b>ECTS/LP-Bedingungen:</b> Bestehen der Modulprüfung
<b>Angebotshäufigkeit:</b> alle 4 Semester nächster Termin SS2024	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> ab dem 1.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 4	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	

<b>Modulteile</b>
<b>Modulteil: Moderne Optik</b> <b>Lehrformen:</b> Vorlesung <b>Dozenten:</b> Prof. Dr. Wolfgang Brütting <b>Sprache:</b> Deutsch / Englisch <b>SWS:</b> 4 <b>ECTS/LP:</b> 6.0
<b>Lernziele:</b> s. Modulbeschreibung
<b>Inhalte:</b> s. Modulbeschreibung
<b>Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• B.E.A. Saleh, M.C. Teich: Fundamentals of Photonics (Wiley)</li> <li>• M. Fox: Quantum Optics (Oxford)</li> </ul>

**Zugeordnete Lehrveranstaltungen:**

**Moderne Optik** (Vorlesung)

*\*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.\**

**Prüfung**

**Moderne Optik**

Mündliche Prüfung / Prüfungsdauer: 45 Minuten, benotet

**Prüfungshäufigkeit:**

wenn LV angeboten

<b>Modul PHM-0056: Ion-Solid Interaction</b> <i>Ion-Solid Interaction</i>		6 ECTS/LP
Version 1.0.0 (seit WS09/10) Modulverantwortliche/r: apl. Prof. Dr. Helmut Karl		
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduction (areas of scientific and technological application, principles)</li> <li>• Fundamentals of atomic collision processes (scattering, cross-sections, energy loss models, potentials in binary collision models)</li> <li>• Ion-induced modification of solids (integrated circuit fabrication with emphasis on ion induced phenomena, ion implantation, radiation damage, ion milling and etching (RIE), sputtering, erosion, deposition)</li> <li>• Transport phenomena</li> <li>• Analysis with ion beams</li> </ul>		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> The students: <ul style="list-style-type: none"> <li>• know the physical principles and the basal mechanisms of the interaction between particles and solid state bodies in the energy range of eV to MeV,</li> <li>• are able to choose adequate physical models for specific technological and scientific applications, and</li> <li>• have the competence to work extensively autonomous on problems concerning the interaction between ions and solid state bodies.</li> <li>• Integrated acquirement of soft skills.</li> </ul>		
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 180 Std. 20 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes durch Literatur (Selbststudium) 20 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes anhand bereitgestellter Unterlagen (Selbststudium) 80 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes Übung/Fallstudien (Selbststudium) 60 Std. Vorlesung und Übung (Präsenzstudium)		
<b>Voraussetzungen:</b> Basic Courses in Physics I–IV, Solid State Physics, Nuclear Physics		
<b>Angebotshäufigkeit:</b> jährlich	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> ab dem 2.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 4	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	
<b>Modulteile</b>		
<b>Modulteil: Ion-Solid Interaction</b> <b>Lehrformen:</b> Vorlesung <b>Sprache:</b> Englisch <b>SWS:</b> 3		
<b>Lernziele:</b> see module description		
<b>Inhalte:</b> see module description		

**Literatur:**

- R. Smith, Atomic and ion collisions in solids and at surfaces (Cambridge University Press, 1997)
- E. Rimini, Ion implantation: Basics to device fabrication (Kluwer, 1995)
- W. Eckstein: Computer Simulation of Ion-Solid Interactions (Springer, 1991)
- H. Ryssel, I. Ruge: Ionenimplantation (Teubner, 1978)
- Y. H. Ohtsuki: Charged Beam Interaction with Solids (Taylor & Francis, 1983)
- J. F. Ziegler (Hrsg.): The Stopping and Range of Ions in Solids (Pergamon)
- R. Behrisch (Hrsg.): Sputtering by Particle Bombardment (Springer)
- M. Nastasi, J. K. Hirvonen, J. W. Mayer: Ion-Solid Interactions: Fundamentals and Applications (Cambridge University Press, 1996)
- <http://www.SRIM.org>

**Modulteil: Ion-Solid Interaction (Tutorial)**

**Lehrformen:** Übung

**Sprache:** Englisch

**SWS:** 1

**Prüfung**

**Ion-Solid Interaction**

Klausur / Prüfungsdauer: 90 Minuten, benotet

**Prüfungsvorleistungen:**

Ion-Solid Interaction

<b>Modul PHM-0057: Physics of Thin Films</b> <i>Physics of Thin Films</i>		6 ECTS/LP
Version 1.8.0 (seit WS09/10) Modulverantwortliche/r: PD Dr. German Hammerl		
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Thin film growth: basics, thermodynamic considerations, surface kinetics, growth mechanisms</li> <li>Thin film growth techniques: vacuum technology, physical vapor deposition, chemical vapor deposition</li> <li>Analysis and characterization of thin films: in-sit methods, ex-situ methods, direct methods</li> <li>Properties and applications of thin films</li> </ul>		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> The students: <ul style="list-style-type: none"> <li>know a broad spectrum of methods of thin film technology and material properties and applications of thin films,</li> <li>have the competence to deal with current problems in the field of thin film technology largely autonomous,</li> <li>are able to choose the right substrates and thin film materials for epitaxial thin film growth to achieve desired application conditions,</li> <li>acquire skills of combining the various technologies for growing thin layers with respect to their properties and applications, and</li> <li>acquire scientific soft skills to search for scientific literature, understand technical english, work with literature in the field of thin films, interpret experimental results.</li> </ul>		
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 180 Std. 80 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes Übung/Fallstudien (Selbststudium) 20 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes durch Literatur (Selbststudium) 60 Std. Vorlesung und Übung (Präsenzstudium) 20 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes anhand bereitgestellter Unterlagen (Selbststudium)		
<b>Voraussetzungen:</b> keine		
<b>Angebotshäufigkeit:</b> alle 4 Semester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> ab dem 2.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 4	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	
<b>Modulteile</b>		
<b>Modulteil: Physics of Thin Films</b> <b>Lehrformen:</b> Vorlesung <b>Sprache:</b> Englisch <b>Angebotshäufigkeit:</b> jährlich nach Bedarf WS oder SoSe <b>SWS:</b> 4		
<b>Lernziele:</b> see module description		
<b>Inhalte:</b> see module description		

**Literatur:**

- M. Ohring, The Materials Science of Thin Films (Academic Press, 2002), ISBN: 978-3-642-26486-3
- Z. Cao, Thin Film Growth: Physics, Material Science and Applications (Woodhead Publishing, 2011), ISBN: 978-0-857-09329-5
- K. Seshan, Handbook of Thin Film Deposition (Elsevier, 2012), ISBN: 978-1-437-77873-1
- H. Lüth, Solid Surfaces, Interfaces and Thin Films (Springer, 2012), ISBN: 978-3-642-26486-3

**Prüfung**

**Physics of Thin Films**

Klausur / Prüfungsdauer: 90 Minuten, benotet

**Prüfungsvorleistungen:**

Physics of Thin Films

<b>Modul PHM-0058: Organic Semiconductors</b> <i>Organic Semiconductors</i>		6 ECTS/LP
Version 1.6.0 (seit WS09/10) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Wolfgang Brütting		
<b>Inhalte:</b> Basic concepts and applications of organic semiconductors Introduction <ul style="list-style-type: none"> <li>• Materials and preparation</li> <li>• Structural properties</li> <li>• Electronic structure</li> <li>• Optical and electrical properties</li> </ul> Devices and Applications <ul style="list-style-type: none"> <li>• Organic metals</li> <li>• Light-emitting diodes</li> <li>• Solar cells</li> <li>• Field-effect transistors</li> </ul>		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> The students: <ul style="list-style-type: none"> <li>• know the basic structural and electronic properties of organic semiconductors as well as the essential function of organic semiconductor devices,</li> <li>• have acquired skills for the classification of the materials taking into account their specific features in the functioning of components,</li> <li>• and have the competence to comprehend and attend to current problems in the field of organic electronics.</li> <li>• Integrated acquirement of soft skills: practicing technical English, working with English specialist literature, ability to interpret experimental results</li> </ul>		
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 180 Std. 60 Std. Vorlesung und Übung (Präsenzstudium) 40 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes Übung/Fallstudien (Selbststudium) 40 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes anhand bereitgestellter Unterlagen (Selbststudium) 40 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes durch Literatur (Selbststudium)		
<b>Voraussetzungen:</b> It is strongly recommended to complete the module solid-state physics first. In addition, knowledge of molecular physics is desired.		
<b>Angebotshäufigkeit:</b> Sommersemester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> ab dem 2.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 5	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	
<b>Modulteile</b>		
<b>Modulteil: Organic Semiconductors</b> <b>Lehrformen:</b> Vorlesung <b>Dozenten:</b> Prof. Dr. Wolfgang Brütting <b>Sprache:</b> Englisch <b>SWS:</b> 3		

**Lernziele:**

see module description

**Inhalte:**

see module description

**Literatur:**

- M. Schwoerer, H. Ch. Wolf: Organic Molecular Solids (Wiley-VCH)
- W. Brütting: Physics of Organic Semiconductors (Wiley-VCH)
- A. Köhler, H. Bässler: Electronic Processes in Organic Semiconductors (Wiley-VCH)
- S.R. Forrest: Organic Electronics (Oxford Univ. Press)

**Modulteil: [Organic Semiconductors \(Tutorial\)](#)**

**Lehrformen:** Übung

**Sprache:** Englisch

**SWS:** 2

**Prüfung**

**Organic Semiconductors**

Klausur / Prüfungsdauer: 60 Minuten, benotet

**Prüfungshäufigkeit:**

wenn LV angeboten

**Prüfungsvorleistungen:**

Organic Semiconductors

<b>Modul PHM-0059: Magnetism</b> <i>Magnetism</i>		6 ECTS/LP
Version 1.3.0 (seit WS09/10) Modulverantwortliche/r: Dr. Hans-Albrecht Krug von Nidda		
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• History, basics</li> <li>• Magnetic moments, classical and quantum phenomenology</li> <li>• Exchange interaction and mean-field theory</li> <li>• Magnetic anisotropy and magnetoelastic effects</li> <li>• Thermodynamics of magnetic systems and applications</li> <li>• Magnetic domains and domain walls</li> <li>• Magnetization processes and micro magnetic treatment</li> <li>• AC susceptibility and ESR</li> <li>• Spintransport / spintronics</li> <li>• Recent problems of magnetism</li> </ul>		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> The students: <ul style="list-style-type: none"> <li>• know the basic properties and phenomena of magnetic materials and the most important methods and concepts for their description, like mean-field theory, exchange interactions and micro magnetic models,</li> <li>• have the ability to classify different magnetic phenomena and to apply the corresponding models for their interpretation, and</li> <li>• have the competence independently to treat fundamental and typical topics and problems of magnetism.</li> <li>• Integrated acquirement of soft skills.</li> </ul>		
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 180 Std. 60 Std. Vorlesung und Übung (Präsenzstudium) 80 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes Übung/Fallstudien (Selbststudium) 20 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes durch Literatur (Selbststudium) 20 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes anhand bereitgestellter Unterlagen (Selbststudium)		
<b>Voraussetzungen:</b> basics of solid-state physics and quantum mechanics		
<b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Sommersemester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> ab dem 1.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 4	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	
<b>Modulteile</b>		
<b>Modulteil: Magnetism</b>		
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung		
<b>Sprache:</b> Englisch		
<b>SWS:</b> 3		
<b>Lernziele:</b> see module description		
<b>Inhalte:</b> see module description		

**Literatur:**

- D. H. Martin, Magnetism in Solids (London Iliffe Books Ltd., 1967)
- J. B. Goodenough, Magnetism and the Chemical Bond (Wiley, 1963)
- P. A. Cox, Transition Metal Oxides (Oxford University Press, 1993)
- C. Kittel, Introduction to Solid State Physics, 9th Ed. (Wiley, 2018)
- D. C. Mattis, The Theory of Magnetism I+II (Springer, 1981 + 1985)
- G. L. Squires, Thermal Neutron Scattering (Dover Publications Inc., 1997)

**Zugeordnete Lehrveranstaltungen:**

**Magnetism** (Vorlesung)

*\*Veranstaltung wird online/digital abgehalten.\**

**Modulteil: Magnetism (Tutorial)**

**Lehrformen:** Übung

**Sprache:** Englisch

**SWS:** 1

**Zugeordnete Lehrveranstaltungen:**

**Magnetism (Tutorial)** (Übung)

*\*Veranstaltung wird online/digital abgehalten.\**

**Prüfung**

**Magnetism**

Klausur / Prüfungsdauer: 90 Minuten, benotet

**Prüfungsvorleistungen:**

Magnetism

<b>Modul PHM-0060: Low Temperature Physics</b> <i>Low Temperature Physics</i>		6 ECTS/LP
Version 1.2.0 (seit WS09/10) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Philipp Gegenwart		
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduction</li> <li>• Properties of matter at low temperatures</li> <li>• Cryoliquids and superfluidity</li> <li>• Cryogenic engineering</li> <li>• Thermometry</li> <li>• Quantum transport, criticality and entanglement in matter</li> </ul>		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> The students: <ul style="list-style-type: none"> <li>• know the basic properties of matter at low temperatures and the corresponding experimental techniques,</li> <li>• have acquired the theoretical knowledge to perform low-temperature measurements,</li> <li>• and know how to experimentally investigate current problems in low-temperature physics.</li> </ul>		
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 180 Std. 20 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes anhand bereitgestellter Unterlagen (Selbststudium) 20 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes durch Literatur (Selbststudium) 60 Std. Vorlesung und Übung (Präsenzstudium) 80 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes Übung/Fallstudien (Selbststudium)		
<b>Voraussetzungen:</b> Physik IV - Solid-state physics		
<b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Wintersemester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> ab dem 2.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 4	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	

<b>Moduleile</b>
<b>Moduleil: Low Temperature Physics</b> <b>Lehrformen:</b> Vorlesung <b>Sprache:</b> Englisch <b>SWS:</b> 3
<b>Lernziele:</b> see module description

**Inhalte:**

- Introduction (temperature scale, history of low temperature physics)
- Properties of matter at low temperatures (specific heat, thermal expansion, electrical resistance, thermal conductivity)
- Cryoliquids and superfluidity (nitrogen, hydrogen, 4-He and 3-He: phase diagrams, superfluidity)
- Cryogenic engineering (liquefaction of gases, helium cryostats, dilution refrigerator, adiabatic demagnetization, further techniques)
- Thermometry (primary and secondary thermometers at different temperature regimes)
- Quantum Matter (quantum Transport, Quantum phase transitions, Quantum spin liquids)

**Literatur:**

C. Enss, S. Hunklinger, Tieftemperaturphysik (Springer)  
F. Pobell, Matter and Methods at Low Temperatures (Springer)

**Modulteil: Low Temperature Physics (Tutorial)**

**Lehrformen:** Übung

**Sprache:** Englisch

**SWS:** 1

**Prüfung**

**Low Temperature Physics**

Mündliche Prüfung / Prüfungsdauer: 30 Minuten, benotet

**Prüfungsvorleistungen:**

Low Temperature Physics

<b>Modul PHM-0061: Plasmaphysik und Fusionsforschung</b> <i>Plasma Physics and Fusion Research</i>		6 ECTS/LP
Version 1.4.0 (seit WS09/10) Modulverantwortliche/r: apl. Prof. Dr.-Ing. Ursel Fantz		
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Plasmaphysik (Wintersemester)</li> <li>• Fusionsforschung (Sommersemester)</li> </ul>		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden kennen die Methoden und Konzepte der Plasmaphysik und sind mit einfachen, grundlegenden Anwendungen vertraut,</li> <li>• kennen den aktuellen Stand der Fusionsforschung</li> <li>• und besitzen die Kompetenz, Problemstellungen in den genannten Bereichen selbständig zu bearbeiten.</li> <li>• Integrierter Erwerb von Schlüsselqualifikationen: Erlernen des eigenständigen Arbeitens mit Lehrbüchern und englischsprachiger Fachliteratur, Training des logischen Denkens, Verknüpfung experimenteller Ergebnisse mit theoretischer Beschreibung, Aneignung einer interdisziplinären Denkweise.</li> </ul>		
<b>Bemerkung:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Es wird empfohlen, das Modul im Wintersemester zu beginnen, da die Vorlesung 'Fusionsforschung' (SoSe) auf der Vorlesung 'Plasmaphysik' (WiSe) aufbaut.</li> <li>• Die Mündliche Prüfung (30 Min., 6 LP) geht über beide Vorlesungen des Moduls, d.h. über 'Plasmaphysik' (WiSe) und 'Fusionsforschung' (SoSe), kann aber jederzeit abgelegt werden (Anmeldung in Studis während des Anmeldezeitraums nötig, Terminabsprache mit Prüfer).</li> </ul>		
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 180 Std. 20 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes durch Literatur (Selbststudium) 100 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes anhand bereitgestellter Unterlagen (Selbststudium) 60 Std. Vorlesung (Präsenzstudium)		
<b>Voraussetzungen:</b> Physik III		<b>ECTS/LP-Bedingungen:</b> Bestehen der Modulprüfung
<b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Semester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> ab dem 1.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 2 Semester
<b>SWS:</b> 4	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	
<b>Moduleile</b>		
<b>Modulteil: Plasmaphysik</b> <b>Lehrformen:</b> Vorlesung <b>Sprache:</b> Deutsch / Englisch <b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Wintersemester <b>SWS:</b> 2		
<b>Lernziele:</b> siehe Modulbeschreibung		

<p><b>Inhalte:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlagen</li> <li>• Plasmacharakteristika</li> <li>• Thermodynamisches Gleichgewicht</li> <li>• Stoßprozesse</li> <li>• Teilchenbewegung im Magnetfeld</li> <li>• Vielteilchenbeschreibung</li> <li>• Wellen im Plasma</li> </ul>
<p><b>Literatur:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesungsskript (EPP Homepage)</li> <li>• M. Kaufmann: Plasmaphysik und Fusionsforschung (Teubner, 2003)</li> <li>• R. J. Goldston, P. H. Rutherford: Introduction to Plasma Physics (IOP Publishing, 1997)</li> <li>• F. F. Chen: Introduction to Plasma Physics and Controlled Fusion (Plenum Press, 1990)</li> <li>• U. Schumacher: Fusionsforschung (wiss. Buchgesellschaft, 1993)</li> <li>• M. Kikuchi, K. Lackner, M. Q. Tran: Fusion Physics (IAEA, 2012)</li> <li>• M. A. Lieberman, A. J. Lichtenberg: Principles of Plasma Discharges and Materials Processing (Wiley, 2005)</li> <li>• G. Janzen: Plasmatechnik (Hüthig, 1992)</li> <li>• R. Hippler: Low Temperature Plasmas (Wiley-VCH, 2008)</li> <li>• J. R. Roth: Industrial Plasma Engineering (IOP Publishing, 1995)</li> <li>• A. Grill: Cold Plasma in Materials Fabrication (IEEE Press, 1994)</li> </ul>
<p><b>Modulteil: Fusionsforschung</b></p> <p><b>Lehrformen:</b> Vorlesung</p> <p><b>Sprache:</b> Deutsch / Englisch</p> <p><b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Sommersemester</p> <p><b>SWS:</b> 2</p>
<p><b>Lernziele:</b></p> <p>siehe Modulbeschreibung</p>
<p><b>Inhalte:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kernfusion</li> <li>• Fusion durch Trägheitseinschluss</li> <li>• Fusion mit magnetischem Einschluss</li> <li>• Transport in magnetisierten Plasmen</li> <li>• Diagnostik von Fusionsplasmen</li> </ul>
<p><b>Literatur:</b></p> <p>siehe Modulteil "Plasmaphysik"</p>
<p><b>Zugeordnete Lehrveranstaltungen:</b></p> <p><b>Fusionsforschung</b> (Vorlesung)</p> <p><i>*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.*</i></p>
<p><b>Prüfung</b></p> <p><b>Plasmaphysik und Fusionsforschung</b></p> <p>Mündliche Prüfung, Prüfung über beide Vorlesungen des Moduls / Prüfungsdauer: 30 Minuten, benotet</p> <p><b>Prüfungshäufigkeit:</b></p> <p>jedes Semester</p> <p><b>Beschreibung:</b></p> <p>Die Prüfung kann jederzeit abgelegt werden (Anmeldung in Studis während des Anmeldezeitraums nötig, Terminabsprache mit Prüfer).</p>

<b>Modul PHM-0193: Plasma-Material-Wechselwirkung</b> <i>Plasma Material Interaction</i>		6 ECTS/LP
Version 2.4.0 (seit WS17/18) Modulverantwortliche/r: apl. Prof. Dr.-Ing. Ursel Fantz Dr. Armin Manhard		
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Fundamentals of plasma material interactions (winter term)</li> <li>High heat load components in nuclear fusion devices (summer term)</li> </ul>		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Knowledge: The students know the fundamental plasma material interaction processes and their implication for nuclear fusion research in light of the technological boundary conditions and challenges.</li> <li>Skills: The students are proficient in a differentiated analysis of complex systems, based on learning from examples of power exhaust in fusion devices.</li> <li>Competencies: The students are competent in elaborating current topics of plasma material interaction.</li> <li>Integrated achievement of key qualifications: Acquirement of interdisciplinary knowledge, independent work with English literature, abstraction and approximation of complex processes using numerical models, application-oriented thinking and ability to contemplate about experimental results.</li> </ul>		
<b>Bemerkung:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>The two lectures of this module can be followed in an arbitrary order. Thus, the module can be started at a summer or winter term.</li> <li>The oral exam (30 min, 6 CP) covers both lectures of the module, i.e. 'Fundamentals of plasma material interactions' (winter term) and 'High heat load components in nuclear fusion devices' (summer term). It can be taken at any time (registration in Studis necessary during the registration period, for an exam appointment contact the lecturer).</li> </ul>		
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 180 Std. 60 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes anhand bereitgestellter Unterlagen (Selbststudium) 60 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes durch Literatur (Selbststudium) 60 Std. Vorlesung (Präsenzstudium)		
<b>Voraussetzungen:</b> recommended: module "Plasmaphysik und Fusionsforschung"		<b>ECTS/LP-Bedingungen:</b> general examination for entire module
<b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Semester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> ab dem 2.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 2 Semester
<b>SWS:</b> 4	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	
<b>Moduleile</b>		
<b>Moduleil: Fundamentals of plasma material interactions</b> <b>Lehrformen:</b> Vorlesung <b>Sprache:</b> Englisch / Deutsch <b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Wintersemester <b>SWS:</b> 2		
<b>Lernziele:</b> see description of module		

**Inhalte:**

Fundamental plasma boundary physics, erosion processes: physical sputtering, chemical erosion, radiation induced sublimation, arcs, experimental observation of surface processes in plasmas, methods for characterizing surfaces, coating techniques, hydrogen retention, surface modification by plasmas.

**Literatur:**

- P. Stangeby: The plasma boundary of magnetic fusion devices (IOP, 2000)
- R. Clark, D. Reiter (Eds.): Nuclear Fusion Research, Understanding Plasma-Surface Interactions (Springer, 2005)
- O. Auciello, D. L. Flamm (Eds.): Plasma Diagnostics, Volume 2: Surface Analysis and Interactions (Plasma-Materials Interactions) (Academic Press, 1989)
- M. Turnyanskiy et al.: European roadmap to the realization of fusion energy: Mission for solution on heat-exhaust systems (Fusion Engineering and Design, 2015)

**Modulteil: High heat load components in nuclear fusion devices**

**Lehrformen:** Vorlesung

**Sprache:** Englisch / Deutsch

**Angebotshäufigkeit:** jedes Sommersemester

**SWS:** 2

**Lernziele:**

see description of module

**Inhalte:**

Interdependency of material choices and fusion performance, material choices and technologies for power exhaust in a fusion power plant, migration of materials in a fusion plasma, diagnostics for plasma material interaction in fusion devices (in situ and post mortem), numerical methods for studying plasma material interaction.

**Literatur:**

- P. Stangeby: The plasma boundary of magnetic fusion devices (IOP, 2000)
- R. Clark, D. Reiter (Eds.): Nuclear Fusion Research, Understanding Plasma-Surface Interactions (Springer, 2005)
- M. Turnyanskiy et al.: European roadmap to the realization of fusion energy: Mission for solution on heat-exhaust systems, Fusion Engineering and Design (2015)
- V. A. Evtikhin et al.: Lithium divertor concept and results of supporting experiments, Plasma Phys. Control. Fusion 44, 955 (2002)
- T. Hirai et al.: ITER tungsten divertor design development and qualification program, Fusion Eng. Des. 88, 1798 (2013)
- A. R. Raffray et al.: High heat flux components - Readiness to proceed from near term fusion systems to power plants, Fusion Eng. Des. 85, 93 (2010)

**Zugeordnete Lehrveranstaltungen:**

**High heat load components in nuclear fusion devices** (Vorlesung)

*\*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.\**

**Prüfung****Plasma Material Interaction**

Mündliche Prüfung, One exam on both lectures of the module / Prüfungsdauer: 30 Minuten, benotet

**Prüfungshäufigkeit:**

jedes Semester

**Beschreibung:**

The exam can be taken at any time (registration in Studis necessary during the registration period, for an exam appointment contact the lecturer).

<b>Modul PHM-0063: Physik der Atmosphäre I</b> <i>Physics of the Atmosphere I</i>		6 ECTS/LP
Version 1.0.0 (seit WS09/10) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Michael Bittner		
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Allgemeine Einführung</li> <li>• Strahlung: Planck-Funktion, Strahlungsbilanz der Atmosphäre, Heizraten, Treibhauseffekt, Strahlungsmodelle</li> <li>• Dynamik: Navier-Stokes-, Kontinuitäts- und Adiabatangleichung, atmosphärische Wellen</li> <li>• Chemie: Absorptions- &amp; Emissionsspektren, Heizraten</li> <li>• Darstellung der Prozesse in Modellen</li> </ul>		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden kennen die grundlegenden Eigenschaften und Phänomene der atmosphärischen Prozesse im Bereich Strahlung und Dynamik sowie (eingeschränkt) der Chemie,</li> <li>• haben Fertigkeiten zur Formulierung moderner Fragestellungen der Atmosphärenphysik erworben</li> <li>• und besitzen die Kompetenz, aktuelle Problemstellungen aus den Bereichen der Atmosphärenphysik, der Fernerkundung und Modellierung weitgehend selbständig zu beurteilen und Lösungsansätze aufzuzeigen.</li> <li>• Integrierter Erwerb von Schlüsselqualifikationen</li> </ul>		
<b>Bemerkung:</b> Im jeweils folgenden Sommersemester wird in der Regel das Vertiefungsmodul Physik der Atmosphäre II angeboten.		
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 180 Std. 60 Std. Vorlesung und Übung (Präsenzstudium) 20 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes durch Literatur (Selbststudium) 80 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes Übung/Fallstudien (Selbststudium) 20 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes anhand bereitgestellter Unterlagen (Selbststudium)		
<b>Voraussetzungen:</b> Die Vorlesung baut auf den Inhalten der Experimentalphysik-Vorlesungen des Bachelorstudiengangs Physik auf.		
<b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Wintersemester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> ab dem 1.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 4	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	
<b>Modulteile</b>		
<b>Modulteil: Physik der Atmosphäre I</b> <b>Lehrformen:</b> Vorlesung <b>Sprache:</b> Deutsch <b>SWS:</b> 2		
<b>Lernziele:</b> siehe Modulbeschreibung		
<b>Inhalte:</b> siehe Modulbeschreibung		

**Literatur:**

- G. Visconti, 2016. Fundamentals of physics and chemistry of the atmosphere (Springer, 2. Auflage)
- D. G. Andrews, 2010. An introduction to atmospheric physics (Cambridge, 2. Auflage)
- J. T. Houghton, 2002. The physics of atmospheres (Cambridge, 3. Auflage)
- L. D. Landau, E. M. Lifschitz, 2007. Lehrbuch der theoretischen Physik: Hydrodynamik (Harri Deutsch, 5. Auflage)
- H. Pichler, 1997. Dynamik der Atmosphäre (Spektrum, 2. Auflage)
- W. Rödel, 2000. Physik unserer Umwelt: Die Atmosphäre (Springer, 3. Auflage)
- M. Z. Jacobson, 2005. Fundamentals of atmospheric modeling (Cambridge, 2. Auflage)
- W. G. Rees, 2013. Physical principles of remote sensing: 1. Remote sensing (Cambridge, 3. Auflage)

**Modulteil: Übung zu Physik der Atmosphäre I**

**Lehrformen:** Übung

**Sprache:** Deutsch

**SWS:** 2

**Lernziele:**

siehe Modulbeschreibung

**Prüfung**

**Physik der Atmosphäre I**

Mündliche Prüfung / Prüfungsdauer: 30 Minuten, benotet

<b>Modul PHM-0065: Physik der Atmosphäre II</b> <i>Physics of the Atmosphere II</i>		6 ECTS/LP
Version 2.0.0 (seit SoSe16) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Michael Bittner PD Dr. habil. Sabine Wüst		
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dynamik der Atmosphäre (Grundlagen, Wellen)</li> <li>• Chemie der Stratosphäre (Ozonabbau)</li> <li>• Atmosphärenfernerkundung (satellitenbasierte Methoden, bodengestützte Messtechniken)</li> <li>• Numerische Methoden</li> </ul>		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden kennen die grundlegenden Prozesse im Bereich der atmosphärischen Dynamik mit Schwerpunkt auf Wellen, im Bereich der stratosphärischen Ozonchemie und sie kennen die grundlegenden messtechnischen Verfahren zur Fernerkundung der Atmosphäre sowie deren numerische Umsetzung</li> <li>• haben Fertigkeiten zur Formulierung moderner Fragestellungen der Atmosphärenphysik erworben</li> <li>• und besitzen die Kompetenz, aktuelle Problemstellungen aus dem Bereich der Atmosphärenphysik weitgehend selbständig zu beurteilen und Lösungsansätze aufzuzeigen.</li> <li>• Integrierter Erwerb von Schlüsselqualifikationen</li> </ul>		
<b>Bemerkung:</b> Jeweils im Wintersemester wird das Modul Physik der Atmosphäre I angeboten.		
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 180 Std. 60 Std. Vorlesung (Präsenzstudium) 80 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes Übung/Fallstudien (Selbststudium) 20 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes durch Literatur (Selbststudium) 20 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes anhand bereitgestellter Unterlagen (Selbststudium)		
<b>Voraussetzungen:</b> Das Modul baut auf den Inhalten der Experimentalphysik-Vorlesungen des Bachelorstudiengangs Physik sowie dem Modul "Physik der Atmosphäre I" auf.		
<b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Sommersemester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> ab dem 2.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 4	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	

<b>Modulteile</b>
<b>Modulteil: Physik der Atmosphäre II</b> <b>Lehrformen:</b> Vorlesung <b>Dozenten:</b> Prof. Dr. Michael Bittner <b>Sprache:</b> Deutsch <b>SWS:</b> 2
<b>Lernziele:</b> siehe Modulbeschreibung
<b>Inhalte:</b> siehe Modulbeschreibung

**Literatur:**

- G. Visconti, 2016. Fundamentals of physics and chemistry of the atmosphere (Springer, 2. Auflage)
- D. G. Andrews, 2010. An introduction to atmospheric physics (Cambridge, 2. Auflage)
- J. T. Houghton, 2002. The physics of atmospheres (Cambridge, 3. Auflage)
- L. D. Landau, E. M. Lifschitz, 2007. Lehrbuch der theoretischen Physik: Hydrodynamik (Harri Deutsch, 5. Auflage)
- H. Pichler, 1997. Dynamik der Atmosphäre (Spektrum, 2. Auflage)
- W. Rödel, 2000. Physik unserer Umwelt: Die Atmosphäre (Springer, 3. Auflage)
- M. Z. Jacobson, 2005. Fundamentals of atmospheric modeling (Cambridge, 2. Auflage)
- W. G. Rees, 2013. Physical principles of remote sensing: 1. Remote sensing (Cambridge, 3. Auflage)

**Zugeordnete Lehrveranstaltungen:****Physik der Atmosphäre II** (Vorlesung)

*\*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.\**

Die Vorlesung kann von Studierenden der MNTF und als Nebenfach auch von Studierenden der Geografie besucht werden. Für die Studierenden der MNTF wird diese Vorlesung ergänzt durch die Vorlesung "PdA-II: Numerische Verfahren" bei PD Dr. Sabine Wüst. Diese Veranstaltung findet im Anschluss an PdA-II im gleichen Raum statt. Für die Studierenden der Geografie wird ein freiwilliges Tutorium angeboten bei Frau Helena Müller. Das Tutorium findet im Anschluss an die Vorlesung PdA-II im Raum 1003/B statt. Ausnahme ist der 28.4. An diesem Tag findet die Veranstaltung im Raum 2002/B statt. Was Sie in dieser Vorlesung erwartet: Was würden Sie antworten, stellte man Ihnen die Frage, was denn Wind eigentlich sei? Sie würden vermutlich von bewegten Luftmassen sprechen, vielleicht auch von mikroskopischen Teilchen, die sich gemeinsam in größerer Zahl in eine Richtung bewegen. Sie würden an Ihre alltägliche Erfahrung vom lauen Wind an einem Sommerabend bis hin zu starken Windböen etwa im Kontext eines... (weiter siehe Digicampus)

**Modulteil: Physik der Atmosphäre II: Numerische Verfahren**

**Lehrformen:** Vorlesung

**Dozenten:** PD Dr. habil. Sabine Wüst

**Sprache:** Deutsch

**SWS:** 2

**Lernziele:**

siehe Modulbeschreibung

**Inhalte:**

Ergänzend zum ersten Modulteil werden numerische Methoden behandelt.

**Literatur:**

- M. Jacobson, 2005. Fundamentals of Atmospheric Modeling (Cambridge)
- G. Brasseur, D. Jacob, 2017. Modeling of Atmospheric Chemistry (Cambridge)
- H. Pichler, 1997. Dynamik der Atmosphäre (Spektrum, 2. Auflage)
- J. Houghton, 2015. Global Warming (Cambridge, 5. Auflage)
- G. Visconti, 2016 Fundamentals of physics and chemistry of the atmosphere (Springer)

**Zugeordnete Lehrveranstaltungen:****Physik der Atmosphäre II: Numerische Verfahren** (Vorlesung)

*\*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.\**

**Prüfung****Physik der Atmosphäre II**

Mündliche Prüfung / Prüfungsdauer: 30 Minuten, benotet

<b>Modul PHM-0066: Superconductivity</b> <i>Superconductivity</i>		6 ECTS/LP
Version 1.0.0 (seit WS11/12) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Philipp Gegenwart		
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Introductory Remarks and Literature</li> <li>• History and Main Properties of the Superconducting State, an Overview</li> <li>• Phenomenological Thermodynamics and Electrodynamics of the SC</li> <li>• Ginzburg-Landau Theory</li> <li>• Microscopic Theories</li> <li>• Fundamental Experiments on the Nature of the Superconducting State</li> <li>• Josephson-Effects</li> <li>• High Temperature Superconductors</li> <li>• Application of Superconductivity</li> </ul>		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> The students: <ul style="list-style-type: none"> <li>• will get an introduction to superconductivity,</li> <li>• by a presentation of experimental results they will learn the fundamental properties of the superconducting state,</li> <li>• are informed about the most important technical applications of superconductivity.</li> <li>• Special attention will be drawn to the basic concepts of the main phenomeno-logical and microscopic theories of the superconducting state, to explain the experimental observations.</li> <li>• For self-studies a comprehensive list of further reading will be supplied.</li> </ul>		
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 180 Std. 60 Std. Vorlesung und Übung (Präsenzstudium) 80 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes Übung/Fallstudien (Selbststudium) 20 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes durch Literatur (Selbststudium) 20 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes anhand bereitgestellter Unterlagen (Selbststudium)		
<b>Voraussetzungen:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Physik IV – Solid-state physics</li> <li>• Theoretical physics I-III</li> </ul>		
<b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Sommersemester not in summer term 2023	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> ab dem 2.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 4	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	
<b>Modulteile</b>		
<b>Modulteil: Superconductivity</b> <b>Lehrformen:</b> Vorlesung <b>Sprache:</b> Englisch <b>SWS:</b> 4		
<b>Lernziele:</b> see module description		
<b>Inhalte:</b> see module description		

**Literatur:**

- W. Buckel, Supraleitung, 5. Auflage (VCH, Weinheim, 1994)
- W. Buckel und R. Kleiner, Supraleitung, 6. Auflage (WILEY-VCH, Weinheim, 2004)
- M. Tinkham, Introduction to Superconductivity, 2nd Edition (McGraw-Hill, Inc., New York, 1996, Reprint by Dover Publications Inc. Miniola , 2004)

**Prüfung**

**Superconductivity**

Mündliche Prüfung / Prüfungsdauer: 30 Minuten, benotet

**Prüfungsvorleistungen:**

Superconductivity

<b>Modul PHM-0067: Complex Materials: Fundamentals and Applications</b> <i>Complex materials: Fundamentals and Applications</i>		8 ECTS/LP
Version 2.0.0 (seit SoSe24) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Manfred Albrecht		
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Phasenbildung, Nukleation, Phasendiagramme</li> <li>• Amorphe Materialien</li> <li>• Ferrimagnete</li> <li>• Ferroelektrika</li> <li>• Multiferroika</li> <li>• Formgedächtnislegierungen</li> <li>• Thermoelektrische Materialien</li> <li>• Niedrigdimensionale Materialsysteme (u.a. Quantenpunkte)</li> <li>• Untersuchungsmethoden</li> </ul>		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden kennen die grundlegenden Begriffe und Konzepte der modernen Festkörperphysik,</li> <li>• besitzen ein fundiertes Verständnis grundlegender physikalischer Zusammenhänge in komplexen Materialien und deren Anwendungen,</li> <li>• besitzen Kenntnis von der qualitativen Beobachtung über die quantitative Messung bis hin zur verallgemeinernden mathematischen Beschreibung physikalischer Effekte ausgewählter komplexer Materialsysteme.</li> <li>• Integrierter Erwerb von Schlüsselqualifikationen: Erlernen des eigenständigen Arbeitens mit englischsprachiger Fachliteratur</li> <li>• Erlernen von Präsentationstechniken, Teamfähigkeit, Fähigkeit zur Dokumentation experimenteller Ergebnisse, interdisziplinäres Denken und Arbeiten</li> </ul>		
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 240 Std. 30 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes anhand bereitgestellter Unterlagen (Selbststudium) 30 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes durch Literatur (Selbststudium) 90 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes Übung/Fallstudien (Selbststudium) 90 Std. Vorlesung und Übung (Präsenzstudium)		
<b>Voraussetzungen:</b> Grundlagen der Festkörperphysik		
<b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Sommersemester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> ab dem 2.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 6	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	

<b>Modulteile</b>
<b>Modulteil: Complex Materials: Fundamentals and Applications</b> <b>Lehrformen:</b> Vorlesung <b>Sprache:</b> Englisch / Deutsch <b>SWS:</b> 4
<b>Lernziele:</b> siehe Modulbeschreibung
<b>Inhalte:</b> siehe Modulbeschreibung

**Literatur:**

wird in der Vorlesung bekannt gegeben

**Zugeordnete Lehrveranstaltungen:**

**Complex Materials: Fundamentals and Applications** (Vorlesung)

*\*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.\**

**Modulteil: Complex Materials: Fundamentals and Applications (Tutorial)**

**Lehrformen:** Übung

**Sprache:** Englisch / Deutsch

**SWS:** 2

**Lernziele:**

siehe Modulbeschreibung

**Zugeordnete Lehrveranstaltungen:**

**Complex Materials: Fundamentals and Applications (Tutorial)** (Übung)

*\*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.\**

**Prüfung**

**Complex Materials: Fundamentals and Applications**

Mündliche Prüfung / Prüfungsdauer: 30 Minuten, benotet

<b>Modul PHM-0068: Spintronics</b> <i>Spintronics</i>		6 ECTS/LP
Version 1.8.0 (seit SoSe14) Modulverantwortliche/r: PD Dr. German Hammerl		
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Basic micromagnetic interactions (exchange, anisotropy, DMI, stray fields, external fields) and where they come from</li> <li>• Emergence of spin textures such as domain walls and bubbles/skyrmions</li> <li>• Torques acting on the local magnetization (magnetic field torque, current in-plane spin-transfer torque, spin-Hall effect and spin-orbit torques)</li> <li>• Switching</li> <li>• Motion of spin textures, 1D model and Thiele equation</li> <li>• Magneto-resistance and Hall effects and their utility in electrical readout</li> <li>• Ultrafast effects</li> <li>• Device applications</li> <li>• Experimental techniques in the field of spintronics</li> </ul>		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> The students: <ul style="list-style-type: none"> <li>• know the fundamental interactions in magnetic materials, the basic spintronic effects, and the related device structures,</li> <li>• have the competence to deal with current problems in the field of spintronics largely autonomously,</li> <li>• are able to choose materials in order to achieve demanding properties in spintronic applications,</li> <li>• are able to design device components to achieve spin polarization,</li> <li>• acquire scientific skills in finding and understanding current literature dealing with spintronic devices and applications, identifying suitable materials and material combinations with respect to their applicability for spintronic devices.</li> </ul>		
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 180 Std. 60 Std. Vorlesung und Übung (Präsenzstudium) 20 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes anhand bereitgestellter Unterlagen (Selbststudium) 80 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes Übung/Fallstudien (Selbststudium) 20 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes durch Literatur (Selbststudium)		
<b>Voraussetzungen:</b> keine		
<b>Angebotshäufigkeit:</b> alle 4 Semester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> ab dem 2.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 4	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	
<b>Modulteile</b>		
<b>Modulteil: Spintronics</b> <b>Lehrformen:</b> Vorlesung <b>Sprache:</b> Englisch <b>SWS:</b> 3		
<b>Lernziele:</b> see module description		

**Inhalte:**

see module description

**Literatur:**

- Stöhr, J. and Siegmann, H. C., Magnetism - From Fundamentals to Nanoscale Dynamics, Springer-Verlag (2006), ISBN: 3-540-30282-4
- Malozemoff, A. P. and Slonczewski, J. C., Magnetic Domain Walls in Bubble Materials, Academic Press (1979), ISBN: 0-12-002951-0
- Hubert, A. and Schäfer, R., Magnetic Domains - The Analysis of Magnetic Microstructures, Springer-Verlag (1998), ISBN: 978-3-540-64108-7

**Modulteil: Spintronics (Tutorial)**

**Lehrformen:** Übung

**Sprache:** Englisch

**Angebotshäufigkeit:** jährlich nach Bedarf WS oder SoSe

**SWS:** 1

**Prüfung**

**Spintronics**

Klausur / Prüfungsdauer: 90 Minuten, benotet

**Prüfungsvorleistungen:**

Spintronics

<b>Modul PHM-0069: Applied Magnetic Materials and Methods</b> <i>Applied Magnetic Materials and Methods</i>		6 ECTS/LP
Version 1.1.0 (seit WS14/15) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Manfred Albrecht		
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Basics of magnetism</li> <li>• Ferrimagnets, permanent magnets</li> <li>• Magnetic nanoparticles</li> <li>• Superparamagnetism</li> <li>• Exchange bias effect</li> <li>• Magnetoresistance, sensors</li> <li>• Experimental methods (e.g. Mößbauer Spectroscopy, mu-SR)</li> </ul>		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• The students know the basic terms and concepts of magnetism,</li> <li>• get a profound understanding of basic physical relations and their applications,</li> <li>• acquire the ability to describe qualitative observations, interpret quantitative measurements, and develop mathematical descriptions of physical effects of chosen magnetic material systems.</li> <li>• Integrated acquirement of soft skills: autonomous working with specialist literature in English, acquisition of presentation techniques, capacity for teamwork, ability to document experimental results, and interdisciplinary thinking and working.</li> </ul>		
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 180 Std. 20 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes anhand bereitgestellter Unterlagen (Selbststudium) 20 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes durch Literatur (Selbststudium) 80 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes Übung/Fallstudien (Selbststudium) 60 Std. Vorlesung und Übung (Präsenzstudium)		
<b>Voraussetzungen:</b> Basics in solid state physics		
<b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Wintersemester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> ab dem 1.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 4	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	

<b>Modulteile</b>
<b>Modulteil:</b> <a href="#">Applied Magnetic Materials and Methods</a>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung
<b>Sprache:</b> Englisch
<b>SWS:</b> 3
<b>Lernziele:</b> see module description
<b>Inhalte:</b> see module description
<b>Literatur:</b> Stephan Bundell, Magnetism in Condensed Matter, Oxford University Press, ISBN: 0-19-850591-4 (Pbk) J.M.C. Coey, Magnetism and Magnetic Materials, Cambridge University Press, ISBN: 978-0-521-81614-4 (hardback)

---

**Modulteil: Applied Magnetic Materials and Methods (Tutorial)**

**Lehrformen:** Übung

**Sprache:** Englisch

**SWS:** 1

**Prüfung**

**Applied Magnetic Materials and Methods**

Mündliche Prüfung / Prüfungsdauer: 30 Minuten, benotet

**Prüfungsvorleistungen:**

Applied Magnetic Materials and Methods

<b>Modul PHM-0117: Surfaces and Interfaces</b> <i>Surfaces and Interfaces</i>	6 ECTS/LP
Version 1.0.0 (seit WS09/10) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Manfred Albrecht	
<b>Inhalte:</b> Introduction <ul style="list-style-type: none"> <li>• The importance of surfaces and interfaces</li> </ul> Some basic facts from solid state physics <ul style="list-style-type: none"> <li>• Crystal lattice and reciprocal lattice</li> <li>• Electronic structure of solids</li> <li>• Lattice dynamics</li> </ul> Physics at surfaces and interfaces <ul style="list-style-type: none"> <li>• Structure of ideal and real surfaces</li> <li>• Relaxation and reconstruction</li> <li>• Transport (diffusion, electronic) on interfaces</li> <li>• Thermodynamics of interfaces</li> <li>• Electronic structure of surfaces</li> <li>• Chemical reactions on solid state surfaces (catalysis)</li> <li>• Interface dominated materials (nano scale materials)</li> </ul> Methods to study chemical composition and electronic structure, application examples <ul style="list-style-type: none"> <li>• Scanning electron microscopy</li> <li>• Scanning tunneling and scanning force microscopy</li> <li>• Auger – electron – spectroscopy</li> <li>• Photo electron spectroscopy</li> </ul>	
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> The students: <ul style="list-style-type: none"> <li>• have knowledge of the structure, the electronical properties, the thermodynamics, and the chemical reactions on surfaces and interfaces,</li> <li>• acquire the skill to solve problems of fundamental research and applied sciences in the field of surface and interface physics,</li> <li>• have the competence to solve certain problems autonomously based on the thought physical basics.</li> <li>• Integrated acquirement of soft skills.</li> </ul>	
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 180 Std. 20 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes durch Literatur (Selbststudium) 20 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes anhand bereitgestellter Unterlagen (Selbststudium) 80 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes Übung/Fallstudien (Selbststudium) 60 Std. Vorlesung und Übung (Präsenzstudium)	
<b>Voraussetzungen:</b> recommended prerequisites: - basic knowledge from chemistry lectures - basic knowledge in solid state physics and materials science (crystallography, electronic structure, thermodynamics of solids), covered e.g. by the modules "Physics IV - Solid State Physics" or "Materials Science I+II"	

<b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Wintersemester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b>	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 4	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	

**Modulteile**

**Modulteil: Surfaces and Interfaces**  
**Lehrformen:** Vorlesung  
**Sprache:** Englisch  
**Angebotshäufigkeit:** jährlich  
**SWS:** 3

**Lernziele:**  
 see module description

**Inhalte:**  
 see module description

**Literatur:**

- Ertl, Küppers: Low Energy Electrons and Surface Chemistry (VCH)
- Lüth: Surfaces and Interfaces of Solids (Springer)
- Zangwill: Physics at Surfaces (Cambridge)
- Feldmann, Mayer: Fundamentals of Surface and thin Film Analysis (North Holland)
- Henzler, Göpel: Oberflächenphysik des Festkörpers (Teubner)
- Briggs, Seah: Practical Surface Analysis I und II (Wiley)

**Modulteil: Surfaces and Interfaces (Tutorial)**  
**Lehrformen:** Übung  
**Sprache:** Englisch  
**Angebotshäufigkeit:** jährlich  
**SWS:** 1

**Prüfung**  
**Surfaces and Interfaces**  
 Klausur / Prüfungsdauer: 90 Minuten, benotet  
**Prüfungsvorleistungen:**  
 Surfaces and Interfaces

<b>Modul PHM-0199: Understanding Correlated Materials</b> <i>Understanding Correlated Materials</i>		6 ECTS/LP
Version 1.0.0 (seit SoSe16) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Philipp Gegenwart Dr. Anton Jesche		
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Synthesis and characterization of correlated materials</li> <li>• Crystal structure analysis</li> <li>• Low-temperature experimental characterization of correlated materials</li> <li>• Heavy-fermion metals</li> <li>• Superconductivity and magnetism in correlated electron materials</li> </ul>		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> The students: <ul style="list-style-type: none"> <li>• get to know the basic methods of growth, characterization and low-temperature investigation of correlated electron materials</li> <li>• have acquired the theoretical knowledge to design low-temperature experiments and interpret their results</li> <li>• acquire the ability to treat fundamental and applied problems of correlated materials</li> </ul> Integrated acquirement of soft skills. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Learn to work independently with literature in English language</li> <li>• Learn and apply presentation techniques</li> <li>• Learn the rules of good scientific practice</li> </ul>		
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 180 Std. 15 Std. Seminar (Präsenzstudium) 30 Std. Vorlesung (Präsenzstudium) 15 Std. Übung (Präsenzstudium) 120 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes anhand bereitgestellter Unterlagen (Selbststudium)		
<b>Voraussetzungen:</b> basics of solid-state physics and quantum mechanics		<b>ECTS/LP-Bedingungen:</b> oral presentation (60 min)
<b>Angebotshäufigkeit:</b> alle 4 Semester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> ab dem 1.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 4	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	
<b>Modulteile</b>		
<b>Modulteil: Understanding Correlated Materials</b> <b>Lehrformen:</b> Vorlesung <b>Dozenten:</b> Prof. Dr. Philipp Gegenwart <b>Sprache:</b> Englisch <b>SWS:</b> 2		
<b>Lernziele:</b> see module description		
<b>Inhalte:</b> see module description		

<b>Lehr-/Lernmethoden:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lecture</li> <li>• Self study with distributed materials and literature</li> </ul>
<b>Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• S. Blundell, Magnetism in Condensed Matter, Oxford, Oxford Univ. Press, 2003</li> <li>• N. W. Ashcroft, N. D. Mermin: Festkörperphysik, Deutsch: München, Oldenbourg, 2013</li> <li>• C. Kittel: Einführung in die Festkörperphysik, Deutsch: München, Oldenbourg, 2013</li> <li>• J. B. Goodenough, Magnetism and the Chemical Bond, John Wiley &amp; Sons, Inc. 1963</li> <li>• W. Buckel, R. Kleiner, Superconductivity, WILEY-VCH Verlag GmbH &amp; Co., Weinheim 2004</li> </ul>
<b>Zugeordnete Lehrveranstaltungen:</b> <b>Understanding Correlated Materials</b> (Vorlesung) <i>*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.*</i>
<b>Modulteil: Understanding Correlated Materials (Tutorial)</b> <b>Lehrformen:</b> Übung <b>Sprache:</b> Englisch <b>SWS:</b> 1
<b>Lernziele:</b> see module description
<b>Inhalte:</b> see module description
<b>Lehr-/Lernmethoden:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tutorial with exercises</li> </ul>
<b>Literatur:</b> see module description
<b>Zugeordnete Lehrveranstaltungen:</b> <b>Understanding Correlated Materials (Tutorial) (Übung)</b> <i>*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.*</i>
<b>Modulteil: Understanding Correlated Materials (Seminar)</b> <b>Lehrformen:</b> Seminar <b>Sprache:</b> Englisch <b>SWS:</b> 1
<b>Lernziele:</b> see module description
<b>Inhalte:</b> see module description
<b>Lehr-/Lernmethoden:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tutorial</li> <li>• Self study with distributed materials and literature</li> </ul>
<b>Literatur:</b> see module description
<b>Zugeordnete Lehrveranstaltungen:</b> <b>Understanding Correlated Materials (Seminar) (Seminar)</b> <i>*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.*</i>

**Prüfung**

**Understanding Correlated Materials**

Seminar / Prüfungsdauer: 60 Minuten, benotet

<b>Modul PHM-0203: Physics of Cells</b> <i>Physics of Cells</i>		6 ECTS/LP
Version 1.3.0 (seit SoSe22) Modulverantwortliche/r: Dr. Christoph Westerhausen		
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Physical principles in Biology</li> <li>Cell components and their material properties: cell membrane, organelles, cytoskeleton</li> <li>Thermodynamics of proteins and biological membranes</li> <li>Physical methods and techniques for studying cells</li> <li>Cell adhesion – interplay of specific, universal and elastic forces</li> <li>Tensile strength and elasticity of tissue - macromolecules of the extra cellular matrix</li> <li>Micro mechanics and properties of the cell as a biomaterial</li> <li>Cell adhesion</li> <li>Cell migration</li> <li>Cell actuation, cell-computer-communication, and cell stimulation</li> </ul>		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> The students <ul style="list-style-type: none"> <li>know basic physical properties of human cells, as building blocks of living organisms and their material properties.</li> <li>know the basic functionality of mechanical and optical methods to study living cells</li> <li>know physical descriptions of fundamental biological processes and properties of biomaterials.</li> <li>are able to express biophysical questions and define model systems to answer these questions.</li> </ul> The students improve the key competences: <ul style="list-style-type: none"> <li>self-dependent working with English specialist literature.</li> <li>processing of experimental data.</li> <li>interdisciplinary thinking and working.</li> </ul>		
<b>Arbeitsaufwand:</b> 60 Std. Vorlesung und Übung (Präsenzstudium) 20 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes anhand bereitgestellter Unterlagen (Selbststudium) 20 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes durch Literatur (Selbststudium) 80 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes Übung/Fallstudien (Selbststudium)		
<b>Voraussetzungen:</b> Mechanics, Thermodynamics		<b>ECTS/LP-Bedingungen:</b> Bestehen der Modulprüfung
<b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Wintersemester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> ab dem 1.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 4	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	

<b>Moduleile</b>
<b>Modulteil: Physics of Cells</b> <b>Lehrformen:</b> Vorlesung <b>Sprache:</b> Englisch / Deutsch <b>SWS:</b> 2
<b>Lernziele:</b> see module description
<b>Inhalte:</b> see module description

**Literatur:**

- Sackmann, Erich, and Rudolf Merkel. *Lehrbuch der Biophysik*. Wiley-VCH, 2010.
- Heimburg, Thomas. *Thermal Biophysics of Membranes*. Wiley-VCH, 2007
- Nelson, Philip. *Biological physics*. New York: WH Freeman, 2004.
- Boal, D. *Mechanics of the Cell*. Cambridge University Press, 2012
- Lecture notes

**Modulteil: Physics of Cells (Tutorial)**

**Lehrformen:** Übung

**Sprache:** Englisch / alle Sprachen

**SWS:** 2

**Lernziele:**

see module description

**Inhalte:**

see module description

**Literatur:**

see module description

**Prüfung**

**Physics of Cells**

Mündliche Prüfung / Prüfungsdauer: 30 Minuten, benotet

<b>Modul PHM-0252: Optical Excitations in Materials</b> <i>Optical Excitations in Materials</i>		6 ECTS/LP
Version 1.9.0 (seit SoSe20) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Joachim Deisenhofer		
<b>Inhalte:</b> 1. Classical Light-Matter Interaction in Solids: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduction: Typical Optical Response of Metals and Semiconductors</li> <li>• Classical electromagnetic wave propagation in linear optical media (Maxwell Equations, refractive index, reflection, transmission, absorption)</li> <li>• Anisotropic media, birefringence, longitudinal solutions</li> <li>• Classical Drude-Lorentz oscillator model</li> <li>• Spectroscopic techniques: Fourier-Transform-Spectroscopy, Time-domain Spectroscopy, Ellipsometry</li> </ul> 2. Quantum Aspects of Light-Matter interaction <ul style="list-style-type: none"> <li>• qm approach to absorption and emission: Lorentzian lineshape, Fermi's Golden Rule</li> <li>• Electric-dipole and magnetic-dipole approximation</li> <li>• Rabi-oscillations and the need for quantum optical approaches</li> <li>• A glimpse of non-linear optics</li> </ul> 3. Excitations in different material classes <ul style="list-style-type: none"> <li>• Optical properties of semiconductors/insulators, molecular materials, metals</li> <li>• Absorption and Luminescence, excitons, luminescence centers</li> <li>• Optoelectronics, detectors, light emitting devices</li> <li>• Quantum confined structures: tuning of absorption and emission</li> </ul>		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• The students gain basic knowledge of the fundamental concepts of light-matter interaction in solids.</li> <li>• The students have detailed knowledge of classical models of light-propagation and absorption and get the competence to choose adequate spectroscopic techniques for measuring the optical properties of different material classes.</li> <li>• The students have a basic understanding of quantum aspects of optical processes in different materials.</li> <li>• The students are able apply these concepts to understand and analyse optical properties of different materials.</li> <li>• The students acquire scientific skills to search for scientific literature and to evaluate scientific content.</li> </ul>		
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 180 Std. 20 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes durch Literatur (Selbststudium) 80 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes Übung/Fallstudien (Selbststudium) 20 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes anhand bereitgestellter Unterlagen (Selbststudium) 60 Std. Vorlesung und Übung (Präsenzstudium)		
<b>Voraussetzungen:</b> Basic knowledge of classical electrodynamics, atomic and solid state physics.		
<b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Semester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> ab dem 2.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 4	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	

**Modulteile**

**Modulteil: Optical Excitations in Materials**

**Lehrformen:** Vorlesung

**Sprache:** Englisch

**SWS:** 4

**ECTS/LP:** 6.0

**Literatur:**

1. Mark Fox, Optical Properties of Solids, Oxford Master Series
2. Mark Fox, Quantum Optics: An Introduction, Oxford Master Series
3. David B. Tanner, Optical Effects in Solids, Cambridge University Press
4. Y. Toyozawa, Optical Processes in Solids, Cambridge University Press

**Zugeordnete Lehrveranstaltungen:**

**Optical Excitations in Materials** (Vorlesung)

*\*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.\**

Room 403 S

**Prüfung**

**Optical Excitations in Materials**

Klausur / Prüfungsdauer: 90 Minuten, benotet

<b>Modul PHM-0084: Theorie der kondensierten Materie</b> <i>Condensed Matter Theory</i>		8 ECTS/LP
Version 1.4.0 (seit SS10) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Markus Heyl		
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Landau-Fermiflüssigkeitstheorie</li> <li>• Transport-Theorie: Die Boltzmann-Gleichung</li> <li>• Theorie des Magnetismus</li> <li>• Theorie der Supraleitung</li> <li>• Zusätzlich werden spezielle Themen behandelt, wie zum Beispiel: Quanten-Hall-Effekt, Topologische Isolatoren, Ungeordnete Systeme, Phasenübergänge</li> </ul>		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden kennen die Grundlagen und Methoden der quantentheoretischen Beschreibung der kondensierten Materie,</li> <li>• sind in der Lage, physikalische Fragestellungen der Physik der kondensierten Materie theoretisch zu formulieren und durch Anwendung geeigneter Näherungsmethoden zu untersuchen,</li> <li>• besitzen die Kompetenz, Problemstellungen in den genannten Teilgebieten selbständig zu bearbeiten.</li> <li>• Integrierter Erwerb von Schlüsselqualifikationen: eigenständiges Arbeiten mit englischsprachiger Fachliteratur, Erfassen komplexer Zusammenhänge und deren modellhafte Darstellung mit Hilfe mathematischer Strukturen, Methodenkompetenz</li> </ul>		
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 240 Std. 90 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes Übung/Fallstudien (Selbststudium) 30 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes anhand bereitgestellter Unterlagen (Selbststudium) 30 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes durch Literatur (Selbststudium) 90 Std. Vorlesung und Übung (Präsenzstudium)		
<b>Voraussetzungen:</b> Die Vorlesung baut insbesondere auf den Inhalten der Bachelormodule Theoretische Physik II + III, Physik IV sowie des Mastermoduls Theoretische Festkörperphysik auf.		
<b>Angebotshäufigkeit:</b> alle 4 Semester im SoSe	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> ab dem 2.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 6	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	
<b>Modulteile</b>		
<b>Modulteil: Theorie der kondensierten Materie</b> <b>Lehrformen:</b> Vorlesung <b>Sprache:</b> Englisch / Deutsch <b>SWS:</b> 4		
<b>Lernziele:</b> siehe Modulbeschreibung		
<b>Inhalte:</b> siehe Modulbeschreibung		

**Literatur:**

- N. W. Ashcroft and N. D. Mermin, Solid State Physics (Rinehart and Winston)
- P. M. Chaikin and T. C. Lubensky, Principles of Condensed Matter Physics (Cambridge University Press)
- G. Giuliani and G. Vignale, Quantum Theory of the Electron Liquid (Cambridge University Press)
- H. Bruus and K. Flensberg, Many-Body Quantum Theory in Condensed Matter Physics: An Introduction (Oxford Graduate Texts)
- G. D. Mahan, Many-Particle Physics (Springer)
- P. Phillips, Advanced Solid State Physics (Cambridge University Press)
- P. Fazekas, Lecture Notes on Electron Correlation and Magnetism (World Scientific)
- M. Z. Hasan and C. L. Kane, Colloquium: Topological insulators, Rev. Mod. Phys. **82**, 3046 (2010)
- P. G. de Gennes, Superconductivity of Metals and Alloys (Addison-Wesley)
- M. Tinkham, Introduction to Superconductivity (Dover)

**Modulteil: Übung zu Theorie der kondensierten Materie**

**Lehrformen:** Übung

**Sprache:** Englisch / Deutsch

**SWS:** 2

**Lernziele:**

siehe Modulbeschreibung

**Prüfung**

**Theorie der kondensierten Materie**

Mündliche Prüfung / Prüfungsdauer: 30 Minuten, benotet

<b>Modul PHM-0070: Vielteilchentheorie</b> <i>Many-Body Theory</i>		8 ECTS/LP
Version 1.0.0 (seit WS09/10) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Fabian Pauly		
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Quantenmechanik für Vielteilchensysteme (2. Quantisierung)</li> <li>• Zweizeitige Green-Funktionen</li> <li>• Lineare Resonsetheorie (verallgemeinerte Suszeptibilitäten)</li> <li>• Vielteilchensysteme ohne dynamische Korrelationen</li> <li>• Das Wicksche Theorem</li> <li>• Näherung des effektiven Feldes</li> <li>• BCS-Theorie der Supraleitung</li> <li>• Diagrammatische Störungsrechnung</li> <li>• Statistische Physik des Nichtgleichgewichts</li> <li>• Fermionische und bosonische Modellsysteme</li> </ul>		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden kennen die grundlegenden Konzepte zur Beschreibung von quantenmechanischen Vielteilchensystemen.</li> <li>• Sie sind in der Lage, approximative Methoden der Vielteilchenphysik zur Berechnung von spektroskopischen Meßgrößen und Transportkoeffizienten anzuwenden und</li> <li>• sind kompetent, Problemstellungen aus den genannten Bereichen selbständig zu bearbeiten.</li> <li>• Integrierter Erwerb von Schlüsselqualifikationen</li> </ul>		
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 240 Std. 30 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes anhand bereitgestellter Unterlagen (Selbststudium) 90 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes Übung/Fallstudien (Selbststudium) 30 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes durch Literatur (Selbststudium) 90 Std. Vorlesung und Übung (Präsenzstudium)		
<b>Voraussetzungen:</b> Kenntnisse der Theoretischen Festkörperphysik		
<b>Angebotshäufigkeit:</b> jährlich	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> ab dem 2.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 6	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	
<b>Modulteile</b>		
<b>Modulteil: Vielteilchentheorie</b> <b>Lehrformen:</b> Vorlesung <b>Sprache:</b> Deutsch / Englisch <b>SWS:</b> 4		
<b>Lernziele:</b> siehe Modulbeschreibung		
<b>Inhalte:</b> siehe Modulbeschreibung		

**Literatur:**

- W. Nolting, Grundkurs Theoretische Physik, Band 7, "Vielteilchentheorie" (Verlag Zimmermann Neufang)
- A. Messiah, "Quantum Mechanics", Band 2
- R.D. Mattuck, "A Guide to Feynman Diagrams in the Many Body Problem" (Dover Publications)
- A.L. Fetter, I.D. Walecka, "Quantum Theory of Many-Particle Systems" (McGraw Hill)
- A.A. Abrikosov, L.P. Gorkov, I. Dzyaloshinsky, "Methods of Quantum Field Theory" (Dover Publications)
- S. Doniach, E.H. Sondheimer, Frontiers in Physics Lecture Note Series 44, "Green
- G.D. Mahan, "Many-Particle Physics" (Plenum Press)
- I.W. Negele, H. Orland, "Quantum Many-Particle Physics", Frontiers in Physics Lecture Note Series 68 (Addison Wesley).

**Zugeordnete Lehrveranstaltungen:**

**Vielteilchentheorie** (Vorlesung)

*\*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.\**

**Modulteil: Übung zu Vielteilchentheorie**

**Lehrformen:** Übung

**Sprache:** Deutsch / Englisch

**SWS:** 2

**Lernziele:**

siehe Modulbeschreibung

**Zugeordnete Lehrveranstaltungen:**

**Übung zu Vielteilchentheorie** (Übung)

*\*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.\**

**Prüfung**

**Vielteilchentheorie**

Mündliche Prüfung / Prüfungsdauer: 30 Minuten, benotet

<b>Modul PHM-0071: Nonequilibrium Statistical Physics</b> <i>Nonequilibrium Statistical Physics</i>		8 ECTS/LP
Version 1.1.0 (seit WS09/10) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Christoph Alexander Weber		
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Coarse graining (BKKY, Boltzmann, Navier-Stokes)</li> <li>• Transport theory derived by symmetries &amp; conservation laws</li> <li>• Nonequilibrium steady states</li> <li>• Irreversible Thermodynamics and Onsager linear response</li> <li>• Passive and active systems (Active Ising model, Collective Motion)</li> <li>• Coarsening kinetics in conserved and nonconserved systems</li> <li>• Hydrodynamic Instabilities</li> </ul>		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> Students... <ul style="list-style-type: none"> <li>• learn about the complexity and diversity of nonequilibrium phenomena of systems composed of many particles and degrees of freedom</li> <li>• will understand the differences between physics at thermodynamic equilibrium and out of equilibrium</li> <li>• learn systems maintained out of equilibrium, including active matter systems that are state-of-the-art research</li> <li>• obtain solid expertise in the theoretical techniques required to treat phenomena far from equilibrium, and are able to apply these methods to concrete problems,</li> <li>• and will become competent to acquaint themselves with modern scientific questions.</li> </ul> Integrated acquirement of soft skills: <ul style="list-style-type: none"> <li>• autonomous working with scientific literature in English,</li> <li>• improving written and spoken English during lectures and exercises,</li> <li>• interdisciplinary thinking, and working</li> </ul>		
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 240 Std. 90 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes Übung/Fallstudien (Selbststudium) 30 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes durch Literatur (Selbststudium) 30 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes anhand bereitgestellter Unterlagen (Selbststudium) 90 Std. Vorlesung und Übung (Präsenzstudium)		
<b>Voraussetzungen:</b> It is assumed that the students are familiar with the contents of a four-semester course in theoretical physics, including Thermodynamics and Statistical Physics.		
<b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Sommersemester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> ab dem 6.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 6	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	
<b>Modulteile</b>		
<b>Modulteil: Nonequilibrium Statistical Physics (lecture)</b> <b>Lehrformen:</b> Vorlesung <b>Sprache:</b> Englisch <b>SWS:</b> 4		
<b>Lernziele:</b> see module description		

<p><b>Inhalte:</b> see module description</p>
<p><b>Literatur:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Non-Equilibrium Thermodynamics</b>, S. R. De Groot and P. Mazur, Dover Publications, Dover ed edition, ISBN 486647412</li> <li>• <b>From Macrophysics to Microphysics Part 1 und 2</b>, Roger Balian, Springer, ISBN 3540454780</li> <li>• <b>Principles of Condensed Matter Physics</b>, P. M. Chaikin and T. C. Lubensky, Cambridge, ISBN 521794501</li> <li>• <b>A Kinetic View of Statistical Physics</b>, Pavel L. Krapivsky, Sidney Redner, and Eli Ben-Naim, Cambridge, ISBN 486647412</li> <li>• <b>Basic concepts for Simple and Complex Liquids</b>, Jean-Louis Barrat and Jean-Pierre Hansen, Cambridge, ISBN 521789532</li> <li>• <b>Physical Hydrodynamics</b>, Etienne Guyon, Jean-Pierre Hulin, Luc Petit, Catalin D. Matescu, Oxford, ISBN 521851033</li> </ul>
<p><b>Zugeordnete Lehrveranstaltungen:</b></p> <p><b>Nonequilibrium Statistical Physics (Vorlesung)</b>  <i>*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.*</i>            Course Contents: • Coarse graining (BKKY, Boltzmann, Navier-Stokes) • Transport theory derived by symmetries &amp; conservation laws • Nonequilibrium steady states • Irreversible Thermodynamics and Onsager linear response            • Passive and active systems (Active Ising model, Collective Motion) • Coarsening kinetics in conserved and nonconserved systems • Hydrodynamic Instabilities</p>
<p><b>Modulteil: Nonequilibrium Statistical Physics (Tutorial)</b>  <b>Lehrformen:</b> Übung  <b>Sprache:</b> Englisch  <b>SWS:</b> 2</p>
<p><b>Lernziele:</b> see module description</p>
<p><b>Zugeordnete Lehrveranstaltungen:</b></p> <p><b>Nonequilibrium Statistical Physics (Tutorial) (Übung)</b>  <i>*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.*</i></p>
<p><b>Prüfung</b>  <b>PHM-0071 Nonequilibrium Statistical Physics</b>            Mündliche Prüfung / Prüfungsdauer: 45 Minuten, benotet</p>

<b>Modul PHM-0073: Relativistische Quantenfeldtheorie</b> <i>Relativistic Quantum Field Theory</i>		8 ECTS/LP
Version 1.6.0 (seit WS09/10) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Gert-Ludwig Ingold		
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erinnerung an die kovariante Formulierung der speziellen Relativitätstheorie und an die klassische Feldtheorie</li> <li>• Freies Klein-Gordon-Feld</li> <li>• Freies Dirac-Feld</li> <li>• Freies elektromagnetisches Feld</li> <li>• Quantenelektrodynamik</li> <li>• Elektroschwache Wechselwirkung</li> </ul>		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden kennen die wesentlichen Grundlagen der Theorie der Elementarteilchen, insbesondere die relativistische feldtheoretische Beschreibung von Fermionen und Bosonen, die Beschreibung von Wechselwirkungen am Beispiel der Quantenelektrodynamik sowie gruppentheoretische Grundlagen,</li> <li>• können Zusammenhänge zwischen einer relativistischen Quantenfeldtheorie und der quantenfeldtheoretischen Beschreibung von Festkörpern herstellen</li> <li>• und sind in der Lage, das erworbene Wissen auf die Analyse konkreter Problemstellungen anzuwenden.</li> <li>• Integrierter Erwerb von Schlüsselqualifikationen: Die Studierenden lernen in Kleingruppen, Problemstellungen präzise zu definieren, Lösungsstrategien zu entwickeln und deren Tauglichkeit abzuschätzen. Dabei wird die soziale Kompetenz zur Zusammenarbeit im Team weiterentwickelt.</li> </ul>		
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 240 Std. 90 Std. Vorlesung und Übung (Präsenzstudium) 30 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes anhand bereitgestellter Unterlagen (Selbststudium) 30 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes durch Literatur (Selbststudium) 90 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes Übung/Fallstudien (Selbststudium)		
<b>Voraussetzungen:</b> Stoff eines viersemestrigen Kurses in Theoretischer Physik		
<b>Angebotshäufigkeit:</b> alle 4 Semester jeweils im Wintersemester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> ab dem 1.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 6	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	
<b>Modulteile</b>		
<b>Modulteil: Relativistische Quantenfeldtheorie</b>		
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung <b>Sprache:</b> Deutsch / Englisch <b>SWS:</b> 4		
<b>Lernziele:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden kennen die wesentlichen Grundlagen der Theorie der Elementarteilchen, insbesondere die relativistische feldtheoretische Beschreibung von Fermionen und Bosonen, die Beschreibung von Wechselwirkungen am Beispiel der Quantenelektrodynamik sowie gruppentheoretische Grundlagen.</li> <li>• Sie können Zusammenhänge zwischen einer relativistischen Quantenfeldtheorie und der quantenfeldtheoretischen Beschreibung von Festkörpern herstellen.</li> </ul>		
<b>Inhalte:</b> siehe Modulbeschreibung		

**Literatur:**

- F.Mandl, G. Shaw, *Quantum Field Theory* (Wiley, 2010)
- M. E. Peskin, D. V. Schroeder, *An Introduction to Quantum Field Theory* (CRC Press, 1995)
- M. Kaku, *Quantum field theory* (Oxford University Press, 1993)
- W. Greiner u. a., *Theoretische Physik, Bände 7, 7A, 8* (Europa-Lehrmittel, 1994)

**Modulteil: Übung zu Relativistische Quantenfeldtheorie**

**Lehrformen:** Übung

**Sprache:** Deutsch / Englisch

**SWS:** 2

**Lernziele:**

- Die Studierenden sind in der Lage, das erworbene Wissen auf die Analyse konkreter Problemstellungen anzuwenden.
- Integrierter Erwerb von Schlüsselqualifikationen: Die Studierenden lernen in Kleingruppen, Problemstellungen präzise zu definieren, Lösungsstrategien zu entwickeln und deren Tauglichkeit abzuschätzen. Dabei wird die soziale Kompetenz zur Zusammenarbeit im Team weiterentwickelt.

**Inhalte:**

siehe Modulbeschreibung

**Literatur:**

siehe zugehörige Vorlesung

**Prüfung**

**Relativistische Quantenfeldtheorie**

Mündliche Prüfung / Prüfungsdauer: 30 Minuten, benotet

**Prüfungshäufigkeit:**

wenn LV angeboten

<b>Modul PHM-0083: Computational Physics and Materials Science</b> <i>Computational Physics and Materials Science</i>		8 ECTS/LP
Version 1.0.0 (seit WS09/10) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Liviu Chioncel		
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Basic Numerical Methods</li> <li>• Ordinary and Partial Differential Equations</li> <li>• Density Functional Theory and Molecular Dynamics</li> <li>• Advanced Methods for Many-Particle Systems</li> <li>• Monte Carlo Simulations</li> </ul>		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden kennen die numerischen Methoden, die für die Lösung physikalischer und materialwissenschaftlicher Probleme geeignet sind, insbesondere Methoden zur Lösung gewöhnlicher und partieller Differentialgleichungen sowie Molekulardynamik und Monte-Carlo-Simulationen,</li> <li>• sind in der Lage, diese Verfahren praktisch umzusetzen,</li> <li>• und besitzen die Kompetenz, theoretisch-numerische Problemstellungen aus den verschiedensten Bereichen der Physik und der Materialwissenschaften unter Anleitung zu bearbeiten.</li> <li>• Integrierter Erwerb von Schlüsselqualifikationen: eigenständiges Arbeiten mit englischsprachiger Fachliteratur, Erfassen komplexer Zusammenhänge und deren modellhafte Darstellung mit Hilfe mathematischer Strukturen, Methodenkompetenz</li> </ul>		
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 240 Std. 30 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes anhand bereitgestellter Unterlagen (Selbststudium) 90 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes Übung/Fallstudien (Selbststudium) 30 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes durch Literatur (Selbststudium) 90 Std. Vorlesung und Übung (Präsenzstudium)		
<b>Voraussetzungen:</b> Das Modul setzt die Inhalte des Bachelor-Moduls (Modul PHM-0295) Einführung in Prinzipien der Programmierung sowie elementare Programmierkenntnisse (zum Beispiel Fortran, C/C++, Python, ...) voraus.		
<b>Angebotshäufigkeit:</b> alle 4 Semester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> ab dem 2.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 6	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	
<b>Modulteile</b>		
<b>Modulteil: Computational Physics and Materials Science</b> <b>Lehrformen:</b> Vorlesung <b>Sprache:</b> Englisch <b>SWS:</b> 4		
<b>Lernziele:</b> see module description		

**Inhalte:**

- Basic Numerical Methods
  - Programming languages: Fortran, C++, Perl, Python, compilation and execution
  - Differentiation and integration, interpolations and approximations
  - Zeros and extremes of a single-variable function
  - Matrices in physics: Gauss elimination, LU decomposition, Cholesky factorization, recursive algorithm
- Ordinary and Partial Differential Equations
  - The Euler method, the second and fourth order Runge-Kutta method
  - Simple pendulum, double pendulum, Poincare plots, chaotic regime
  - Boundary value and eigen value problems: elastic waves in a vibrating rod, the shooting method
  - One dimensional Schrödinger equation, Numerov algorithm
- Density Functional Theory and Molecular Dynamics
  - Density Functional Theory for solids: the muffin-tin concept
  - Electronic structure calculations with APW, KKR and LMTO methods
  - Molecular dynamics simulations, the Verlet algorithm
  - Structure and dynamics of real materials, ab-initio molecular dynamics
- Advanced Methods for Many-Particle Systems
  - The second quantization and the Hartree-Fock method
  - Models and many body Hamiltonians and their numerical representation
  - Exact diagonalization, the power method, Lanczos method
  - Lehmann representation, Green functions, dynamic correlations
- Monte Carlo Simulations
  - Random numbers, high dimensional integrals, Importance sampling, Diffusion limited aggregation.
  - Markov chains, Metropolis algorithm, Ising model, Wang-Landau algorithm, simulated annealing, traveling salesman problem
  - Quantum Monte Carlo methods, path integrals and path integral Monte Carlo, QMC on the lattice, Heisenberg model, world-line approach
  - Determinantal QMC, the Hirsch-Fye algorithm, continuous time QMC

**Literatur:**

- Tao Pang, An Introduction to Computational Physics (Cambridge University Press)
- J. M. Thijssen, Computational Physics (Cambridge University Press)
- S. Koonin, D. Meredith, Computational Physics (Addison-Wesley)
- W. H. Press et al., Numerical Recipes (Cambridge University Press) [available on-line at <http://www.nr.com/>]
- D. C. Rapaport, The Art of Molecular Dynamics Simulation (Cambridge University Press)
- R. H. Landau, M. J. Paez, C. Bordeianu, Computational Physics (Wiley-VCH)

**Modulteil: Computational Physics and Materials Science (Tutorial)**

**Lehrformen:** Übung

**Sprache:** Englisch

**SWS:** 2

**Prüfung**

**Computational Physics and Materials Science**

Mündliche Prüfung / Prüfungsdauer: 30 Minuten, benotet

<b>Modul PHM-0187: Mathematik und Physik der Raum-Zeit</b> <i>Mathematics and Physics of Space-Time</i>		8 ECTS/LP
Version 1.3.0 (seit WS15/16) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Gert-Ludwig Ingold Prof. Dr. Marc Nieper-Wißkirchen		
<p><b>Inhalte:</b></p> <p>In diesem interdisziplinären Modul werden die mathematischen und physikalischen Grundlagen der allgemeinen Relativitätstheorie von jeweils einem Dozenten der Mathematik und der Physik gemeinsam unterrichtet. Somit schlägt das Modul eine Brücke von der Differentialgeometrie bis hin zur Beobachtung gravitativer Effekte auf kosmischen Skalen.</p> <p>Folgende Themenbereiche werden unter anderem angesprochen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Koordinatensysteme</li> <li>• Symmetrien und Kovarianz</li> <li>• Äquivalenzprinzip</li> <li>• Vektorfelder, Differentialformen und Tensoren</li> <li>• Parallelverschiebung</li> <li>• Krümmung und Torsion</li> <li>• Geodäten</li> <li>• Konsequenzen der gekrümmten Geometrie im Sonnensystem</li> <li>• Einsteinsche Feldgleichung und Energie-Impuls Tensor</li> <li>• Einstein-Cartan-Geometrie</li> <li>• Schwarzschildlösung und weitere exakte Lösungen</li> <li>• Gravitationswellen</li> </ul>		
<p><b>Lernziele/Kompetenzen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden kennen die mathematischen Grundlagen der Allgemeinen Relativitätstheorie und verstehen deren physikalische Relevanz.</li> <li>• Sie kennen die physikalischen Konzepte der Allgemeine Relativitätstheorie sowie wichtige experimentelle Tests der Theorie.</li> <li>• Die Studierenden sind in der Lage, typische Problemstellungen der Allgemeinen Relativitätstheorie selbständig zu bearbeiten.</li> </ul> <p>Integrierter Erwerb von Schlüsselqualifikationen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Durch die Arbeit in Kleingruppen entwickeln die Studierenden ihre Teamfähigkeit.</li> <li>• Sie sind in der Lage, in einem interdisziplinären Kontext zielgruppenorientiert zu argumentieren und eine fachfremde Argumentation einzuordnen und zu verstehen.</li> </ul>		
<p><b>Arbeitsaufwand:</b></p> <p>Gesamt: 240 Std.</p> <p>60 Std. Vorlesung (Präsenzstudium)</p> <p>90 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes Übung/Fallstudien (Selbststudium)</p> <p>30 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes durch Literatur (Selbststudium)</p> <p>30 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes anhand bereitgestellter Unterlagen (Selbststudium)</p> <p>30 Std. Übung (Präsenzstudium)</p>		
<p><b>Voraussetzungen:</b></p> <p>Kenntnisse der Theoretischen Physik und Mathematik, wie sie üblicherweise in einem Bachelorstudiengang Physik oder einem Bachelorstudiengang Mathematik mit Nebenfach Physik erworben werden</p>		<p><b>ECTS/LP-Bedingungen:</b></p> <p>Bestehen der Modulprüfung</p>
<p><b>Angebotshäufigkeit:</b> alle 4 Semester jeweils im Wintersemester</p>	<p><b>Empfohlenes Fachsemester:</b> ab dem 1.</p>	<p><b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester</p>

<b>SWS:</b> 6	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs
------------------	---

<b>Moduleile</b>
<p><b>Modulteil: Geometrie und Gravitation</b></p> <p><b>Lehrformen:</b> Vorlesung  <b>Sprache:</b> Deutsch / Englisch  <b>SWS:</b> 4</p>
<p><b>Lernziele:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden kennen die mathematischen Grundlagen der Allgemeinen Relativitätstheorie und verstehen deren physikalische Relevanz.</li> <li>• Sie kennen die physikalischen Konzepte der Allgemeine Relativitätstheorie sowie wichtige experimentelle Tests der Theorie.</li> </ul>
<p><b>Inhalte:</b> siehe Modulbeschreibung</p>
<p><b>Literatur:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• R. W. Sharpe, <i>Differential Geometry</i> (Springer-Verlag, 2000)</li> <li>• R. P. Feynman, <i>Feynman Lectures on Gravitation</i> (Westview Press, 2002)</li> <li>• J. Foster, J. D. Nightingale, <i>A short course in general relativity</i> (Springer-Verlag, 2010)</li> <li>• S. M. Carroll, <i>Spacetime and Geometry: An Introduction to General Relativity</i> (Cummings, 2003)</li> <li>• Ch. W. Misner, K. S. Thorne, J. A. Wheeler, <i>Gravitation</i> (Princeton University Press, 2017)</li> </ul>
<p><b>Modulteil: Übung zu Geometrie und Gravitation</b></p> <p><b>Lehrformen:</b> Übung  <b>Sprache:</b> Deutsch / Englisch  <b>SWS:</b> 2</p>
<p><b>Lernziele:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden sind in der Lage, typische Problemstellungen der Allgemeinen Relativitätstheorie selbständig zu bearbeiten.</li> </ul> <p>Integrierter Erwerb von Schlüsselqualifikationen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Durch die Arbeit in Kleingruppen entwickeln die Studierenden ihre Teamfähigkeit.</li> <li>• Sie sind in der Lage, in einem interdisziplinären Kontext zielgruppenorientiert zu argumentieren und eine fachfremde Argumentation einzuordnen und zu verstehen.</li> </ul>
<p><b>Inhalte:</b> siehe Modulbeschreibung</p>
<p><b>Literatur:</b> siehe zugehörige Vorlesung</p>
<p><b>Prüfung</b></p> <p><b>Geometrie und Gravitation</b>  Mündliche Prüfung / Prüfungsdauer: 30 Minuten, benotet</p> <p><b>Prüfungshäufigkeit:</b>  in diesem Semester</p>

<b>Modul PHM-0206: Method Course: Infrared Microspectroscopy under Pressure</b> <i>Method Course: Infrared Microspectroscopy under Pressure</i>		8 ECTS/LP
Version 1.0.0 (seit WS16/17) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Christine Kuntscher		
<b>Inhalte:</b> Electrodynamics of solids Maxwell equations and electromagnetic waves in matter Optical variables Theories for dielectric function: i. Free carriers in metals and semiconductors (Drude) ii. Interband absorptions in semiconductors and insulators iii. Vibrational absorptions iv. Multilayer systems FTIR microspectroscopy Components of FTIR spectrometers i. Light sources ii. Interferometers iii. Detectors Microscope components High pressure experiments Equipments Pressure calibration Experimental techniques under high pressure i. IR spectroscopy ii. Raman scattering iii. Magnetic measurements iv. Transport measurements		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> The students Learn about the basics of the light interaction with various materials and the fundamentals of FTIR microspectroscopy, Are introduced to the high pressure equipments used in infrared spectroscopy, Learn to carry out infrared microspectroscopy experiments under pressure, Learn to analyze the measured optical spectra.		
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 240 Std.		
<b>Voraussetzungen:</b> keine		<b>ECTS/LP-Bedingungen:</b> Written report
<b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Semester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> ab dem 1.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 6	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	

<b>Modulteile</b>
<b>Modulteil: Method Course: Infrared Microspectroscopy under Pressure</b> <b>Lehrformen:</b> Vorlesung <b>Sprache:</b> Englisch <b>SWS:</b> 2
<b>Zugeordnete Lehrveranstaltungen:</b> <b>Method Course: Infrared Microspectroscopy under Pressure (Vorlesung)</b> <i>*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.*</i>
<b>Modulteil: Method Course: Infrared Microspectroscopy under Pressure (Practical Course)</b> <b>Lehrformen:</b> Laborpraktikum <b>Sprache:</b> Englisch <b>SWS:</b> 4
<b>Zugeordnete Lehrveranstaltungen:</b> <b>Method Course: Infrared Microspectroscopy under Pressure (Practical Course) (Praktikum)</b> <i>*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.*</i>
<b>Prüfung</b> <b>Method Course: Infrared Microspectroscopy under Pressure</b> Bericht, benotet

<b>Modul PHM-0223: Method Course: Tools for Scientific Computing</b> <i>Method Course: Tools for Scientific Computing</i>	8 ECTS/LP
Version 1.6.0 (seit SoSe18) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Gert-Ludwig Ingold	
<p><b>Inhalte:</b></p> <p>Important tools for scientific computing are taught in this module and applied to specific scientific problems by the students. As far as tools depend on a particular programming language, Python will be employed. Tools to be discussed include:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• numerical libraries like NumPy and SciPy</li> <li>• visualisation of numerical results</li> <li>• use of a version control system like git and its application in collaborative work</li> <li>• testing of code</li> <li>• profiling</li> <li>• documentation of programs</li> </ul>	
<p><b>Lernziele/Kompetenzen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• The students are capable of solving a physical problem of some complexity by means of numerical techniques. They are able to visualize the results and to adequately document their program code.</li> <li>• The students know examples of numerical libraries and are able to apply them to solve scientific problems.</li> <li>• The students know methods for quality assurance like the use of unit tests and can apply them to their code. They know techniques to identify run-time problems.</li> <li>• The students know a distributed version control system and are able to use it in a practical problem.</li> <li>• The students have gained practical experience in a collaborative project work. They are able to plan and carry out a programming project in a small group.</li> <li>• The students understand the relevance of the tools taught in the method course for good scientific practice.</li> </ul>	
<p><b>Bemerkung:</b></p> <p>The number of students will be limited to 12.</p>	
<p><b>Arbeitsaufwand:</b></p> <p>Gesamt: 240 Std.</p> <p>60 Std. laufende Vor- und Nachbereitung (Selbststudium)</p> <p>90 Std. Teilnahme an Lehrveranstaltungen (Präsenzstudium)</p> <p>30 Std. Vorbereitung von Präsentationen (Selbststudium)</p> <p>60 Std. Anfertigen von schriftlichen Arbeiten (Selbststudium)</p>	
<p><b>Voraussetzungen:</b></p> <p>Knowledge of the programming language Python is expected on the level taught in the module PHM-0295 "Einführung in Prinzipien der Programmierung".</p>	<p><b>ECTS/LP-Bedingungen:</b></p> <p>The module examination needs to be passed which is based on a scientific programming project carried out in a small team of 2-3 students. The work will be judged on the basis of a joint final report and the contributions of the individual students as documented in the team's Gitlab project. The final report should contain an explanation of the scientific problem and its numerical implementation as well as a presentation of results. The code should be appropriately documented and tested.</p>

<b>Angebotshäufigkeit:</b> unregelmäßig	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> ab dem 1.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 6	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	

<b>Modulteile</b>
<p><b>Modulteil: Method Course: Tools for Scientific Computing</b></p> <p><b>Lehrformen:</b> Vorlesung  <b>Sprache:</b> Englisch / Deutsch  <b>SWS:</b> 2</p>
<p><b>Lernziele:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• The students know the numerical libraries NumPy and SciPy and selected tools for the visualization of numerical results.</li> <li>• The students know fundamental techniques for the quality assurance of programs like the use of unit tests, profiling and the use of the version control system git. They are able to adequately document their code.</li> <li>• The students understand the relevance of the tools taught in the method course for good scientific practice.</li> </ul>
<p><b>Inhalte:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• numerical libraries NumPy and SciPy</li> <li>• graphics with matplotlib</li> <li>• version control system Git and workflow for Gitlab/Github</li> <li>• unit tests</li> <li>• profiling</li> <li>• documentation using docstrings and Sphinx</li> </ul>
<p><b>Literatur:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• A. Scopatz, K. D. Huff, <i>Effective Computation in Physics</i> (O'Reilly, 2015)</li> <li>• lecture notes are freely available at <a href="https://gertingold.github.io/tools4scicomp">https://gertingold.github.io/tools4scicomp</a></li> </ul>
<p><b>Zugeordnete Lehrveranstaltungen:</b></p> <p><b>Method Course: Tools for Scientific Computing</b> (Vorlesung)  <i>*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.*</i></p> <p>In this method course, important tools and techniques used in scientific computing will be taught in the lecture part and applied in practical course. The topics discussed include the use of version control systems, testing, profiling, and documentation of programs as well as the use of libraries for numerical work and graphical representation of results. Additional topics can be discussed depending on the interests of the participants.</p>
<p><b>Modulteil: Method Course: Tools for Scientific Computing (Practical Course)</b></p> <p><b>Lehrformen:</b> Praktikum  <b>Sprache:</b> Englisch / Deutsch  <b>SWS:</b> 4</p>
<p><b>Lernziele:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• The students are capable of solving a physical problem of some complexity by means of numerical techniques and to visualize the results.</li> <li>• They have gained some experience in the application of methods for quality assurance of their code and are able to appropriately document their programs.</li> <li>• The students are able to work in a team and know how to make use of tools like Gitlab/Github.</li> <li>• The students are able to present the status of their work, to critically assess it and to accept suggestions from others.</li> </ul>

**Inhalte:**

The tools discussed in the lecture will be applied to specific scientific problems by small teams of 2-3 students under supervision. The teams regularly inform the other teams in oral presentations on their progress, the tools employed as well as encountered problems and their solution.

**Zugeordnete Lehrveranstaltungen:**

**Method Course: Tools for Scientific Computing (Practical Course)** (Praktikum)

*\*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.\**

**Prüfung**

**Method Course: Tools for Scientific Computing**

Bericht / Bearbeitungsfrist: 4 Wochen, benotet

**Prüfungshäufigkeit:**

wenn LV angeboten

**Beschreibung:**

The requirement for credit points is based on a scientific programming project carried out in a small team of 2-3 students. The work will be judged on the basis of a joint final report and the contributions of the individual students as documented in the team's Gitlab project. The final report should contain an explanation of the scientific problem and its numerical implementation as well as a presentation of results. The code should be appropriately documented and tested.

<b>Modul PHM-0228: Symmetry concepts and their applications in solid state physics and materials science</b> <i>Symmetry concepts and their applications in solid state physics and materials science</i>	6 ECTS/LP
Version 1.0.0 (seit WS18/19) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. István Kézsmárki Deisenhofer, Joachim, Dr.	
<b>Inhalte:</b> The topical outline of the course is as follows: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduction and common examples <ul style="list-style-type: none"> <li>o Motivating examples</li> <li>o Polar and axial vectors and tensors</li> <li>o Spatial and temporal symmetries and charge conjugation</li> <li>o Symmetries of measurable quantities and fields</li> <li>o Symmetries of physical laws (classical and quantum)</li> <li>o Conservation laws (linear and angular momentum, energy, etc.)</li> <li>o Symmetry of measurement configurations (reciprocity, etc.)</li> </ul> </li> <li>• Neumann principle <ul style="list-style-type: none"> <li>o Linear response theory and Onsager relations</li> <li>o Applications to vector and tensor quantities: electric and magnetic dipole moment of molecules; ferroelectricity, ferromagnetism, piezoelectricity and magnetoelectricity in crystals; wave propagation in anisotropic media (sound and light)</li> </ul> </li> <li>• Symmetry allowed energy terms <ul style="list-style-type: none"> <li>o On the level of classical free energy: Polar, nematic and magnetic order parameters (Landau expansion)</li> <li>o On the level of Hamiltonians: Molecular vibrations, crystal field potential, magnetic interactions</li> </ul> </li> <li>• Symmetry of physical states <ul style="list-style-type: none"> <li>o Spatial inversion and parity eigenstates</li> <li>o Discrete translations and the Bloch states</li> </ul> </li> <li>• Spontaneous symmetry breaking upon phase transitions (Landau theory)</li> <li>• Outlook: Symmetry guides for skyrmion-host materials, multiferroic compounds and axion insulators</li> </ul>	
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• The students know the simple use of symmetry concepts to understand phenomena and material properties without performing detailed calculations.</li> <li>• The students know how to make minimal plans for experiments using the symmetry of the studied materials or vice versa how to determine the symmetry of materials from the output of experiments.</li> <li>• The students acquire scientific skills to search for scientific literature and to evaluate scientific content.</li> </ul>	
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 180 Std. 60 Std. Teilnahme an Lehrveranstaltungen (Präsenzstudium) 60 Std. Prüfungsvorbereitung (Selbststudium) 60 Std. laufende Vor- und Nachbereitung (Selbststudium)	

<b>Voraussetzungen:</b> Background in basic quantum mechanics is required.		
<b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Sommersemester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> ab dem 1.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 4	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	

<b>Modulteile</b>
<p><b>Modulteil:</b> <a href="#">Symmetry concepts and their applications in solid state physics and materials science</a></p> <p><b>Lehrformen:</b> Vorlesung</p> <p><b>Dozenten:</b> Prof. Dr. István Kézsmárki</p> <p><b>Sprache:</b> Englisch</p> <p><b>SWS:</b> 3</p> <p><b>ECTS/LP:</b> 6.0</p>
<p><b>Prüfung</b></p> <p><b>Symmetry concepts and their applications in solid state physics and materials science</b></p> <p>Mündliche Prüfung / Prüfungsdauer: 30 Minuten, benotet</p>

<b>Modulteile</b>
<p><b>Modulteil:</b> <a href="#">Symmetry concepts and their applications in solid state physics and materials science (Tutorial)</a></p> <p><b>Lehrformen:</b> Übung</p> <p><b>Sprache:</b> Englisch</p> <p><b>SWS:</b> 1</p>

<b>Modul PHM-0225: Analog Electronics for Physicists and Materials Scientists</b> <i>Analog Electronics for Physicists and Materials Scientists</i>		6 ECTS/LP
Version 1.2.0 (seit WS15/16) Modulverantwortliche/r: Andreas Hörner		
<b>Inhalte:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Basics in electronic and electrical engineering</li> <li>2. Quadrupole theory</li> <li>3. Electronic Networks</li> <li>4. Semiconductor Devices</li> <li>5. Implementation of transistors</li> <li>6. Operational amplifiers</li> <li>7. Optoelectronic Devices</li> <li>8. Measurement Devices</li> </ol>		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> The students: <ul style="list-style-type: none"> <li>• know the basic terms, concepts and phenomena of electronic and electrical engineering for the use in the Lab,</li> <li>• have skills in easy circuit design, measuring and control technology, analog electronics,</li> <li>• have expertise in independent working on circuit problems. They can calculate and develop easy circuits.</li> </ul>		
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 180 Std. 20 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes anhand bereitgestellter Unterlagen (Selbststudium) 20 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes durch Literatur (Selbststudium) 80 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes Übung/Fallstudien (Selbststudium) 60 Std. Vorlesung und Übung (Präsenzstudium)		
<b>Voraussetzungen:</b> keine		
<b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Wintersemester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b>	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 4	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	
<b>Modulteile</b>		
<b>Modulteil: Analog Electronics for Physicists and Materials Scientists</b> <b>Lehrformen:</b> Vorlesung + Übung <b>Dozenten:</b> Andreas Hörner <b>Sprache:</b> Englisch <b>SWS:</b> 4 <b>ECTS/LP:</b> 6.0		
<b>Prüfung</b> <b>Analog Electronics Analog Electronics for Physicists and Materials Scientists</b> Klausur / Prüfungsdauer: 90 Minuten, benotet <b>Prüfungshäufigkeit:</b> nur im WiSe <b>Prüfungsvorleistungen:</b> Analog Electronics for Physicists and Materials Scientists		

<b>Modul PHM-0226: Digital Electronics for Physicists and Materials Scientists</b> <i>Digital Electronics for Physicists and Materials Scientists</i>		6 ECTS/LP
Version 1.3.0 (seit WS15/16) Modulverantwortliche/r: Andreas Hörner		
<b>Inhalte:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Boolean algebra and logic gates</li> <li>2. Digital electronics and calculation of digital circuits</li> <li>3. Converters (Analog – Digital, Digital – Analog)</li> <li>4. Principle of digital memory and communication,</li> <li>5. Microprocessors and Networks</li> </ol>		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> The students: <ul style="list-style-type: none"> <li>• know the basic terms, concepts and phenomena of electronic and electrical engineering for the use in the Lab,</li> <li>• have skills in easy circuit design, measuring and control technology and digital electronics,</li> <li>• have expertise in independent working on circuit problems. They develop easy digital circuits and program microprocessors</li> </ul>		
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 180 Std. 80 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes Übung/Fallstudien (Selbststudium) 20 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes anhand bereitgestellter Unterlagen (Selbststudium) 20 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes durch Literatur (Selbststudium) 60 Std. Vorlesung und Übung (Präsenzstudium)		
<b>Voraussetzungen:</b> keine		
<b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Sommersemester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b>	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 4	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	

<b>Modulteile</b>
<b>Modulteil: Digital Electronics for Physicists and Materials Scientists</b> <b>Lehrformen:</b> Vorlesung + Übung <b>Dozenten:</b> Andreas Hörner <b>Sprache:</b> Englisch <b>SWS:</b> 4 <b>ECTS/LP:</b> 6.0
<b>Zugeordnete Lehrveranstaltungen:</b> <b>Digital Electronics for Physicists and Materials Scientists</b> (Vorlesung + Übung) <i>*Veranstaltung wird online/digital abgehalten.*</i> The lecture "Digital Electronics" is a Digital-Lecture (not only the topics). That means all the slides of the lecture will be presented together with an audio comment in digital form. Additionally there will be 3 oder 4 times a (optional) meeting in presence, to answer questions, show some experiments and talk about additional problems if you like. The slides and audio comments are presented in a browser based html-format, which means you need to download a zip-file, unzip it in a folder and you can open it with your browser. In the browser you can navigate through the files and you can listen to the audio-comments which are there in form of mp3-files (stop, pause,

repeat, ... is possible). AND: Whenever you have questions you can reach me in the forum of digicampus or via e-mail and I try to help you.

**Prüfung**

**Digital Electronics Digital Electronics for Physicists and Materials Scientists**

Klausur / Prüfungsdauer: 90 Minuten, benotet

**Prüfungshäufigkeit:**

nur im SoSe

<b>Modul PHM-0150: Method Course: Spectroscopy on Condensed Matter</b> <i>Method Course: Spectroscopy on Condensed Matter</i>		8 ECTS/LP
Version 1.0.0 (seit SoSe15) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. István Kézsmárki		
<b>Inhalte:</b> Dielectric Spectroscopy [8] <ul style="list-style-type: none"> <li>• Methods</li> <li>• Cryo-techniques</li> <li>• Measurement quantities</li> <li>• Relaxation processes</li> <li>• Dielectric phenomena</li> </ul> Ferroelectric Materials [7] <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mechanism of ferroelectric polarization</li> <li>• Hysteresis loop measurements</li> <li>• Dielectric spectroscopy</li> </ul> Glassy Matter [8] <ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduction</li> <li>• Glassy phenomena</li> <li>• Dielectric spectroscopy</li> </ul> Multiferroic Materials [7] <ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduction</li> <li>• Microscopic origins of multiferroicity</li> <li>• Pyrocurrent measurements</li> <li>• Dielectric spectroscopy</li> </ul>		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> The students: <ul style="list-style-type: none"> <li>• learn about the basic concepts of dielectric spectroscopy and the phenomena examined with it. Therefore they are instructed in experimental methods for the investigation of the dielectric properties of condensed matter,</li> <li>• are trained in planning and performing complex experiments. They learn to evaluate and analyze the collected data,</li> <li>• are taught to work on problems in experimental solid state physics, including analysis of measurement results and their interpretation in the framework of models and theories.</li> </ul>		
<b>Bemerkung:</b> <b>ELECTIVE COMPULSORY MODULE</b>		
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 240 Std.		
<b>Voraussetzungen:</b> Recommended: basic knowledge in solid state physics, basic knowledge in physics of glasses and supercooled liquids		<b>ECTS/LP-Bedingungen:</b> written report on the experiments (editing time 2 weeks)
<b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Semester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> ab dem 1.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 6	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	

**Modulteile**

**Modulteil: Method Course: Spectroscopy on Condensed Matter**

**Lehrformen:** Vorlesung

**Sprache:** Englisch

**Angebotshäufigkeit:** unregelmäßig (i. d. R. im WS)

**SWS:** 2

**Modulteil: Method Course: Spectroscopy on Condensed Matter (Practical Course)**

**Lehrformen:** Laborpraktikum

**Sprache:** Englisch

**Angebotshäufigkeit:** unregelmäßig (i. d. R. im WS)

**SWS:** 4

**Prüfung**

**Method Course: Spectroscopy on Condensed Matter**

Mündliche Prüfung / Prüfungsdauer: 45 Minuten, benotet

**Prüfungsvorleistungen:**

Method Course: Spectroscopy on Condensed Matter

<b>Modul PHM-0294: Introduction to theory of soft and living matter</b> <i>Introduction to theory of soft and living matter</i>		6 ECTS/LP
Version 1.0.0 Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Christoph Alexander Weber		
<b>Inhalte:</b> - Conformation and dynamics of macromolecules - Theory of semi-flexible polymers - Phase separation in biology - Coarse grained modeling of biomembranes - Cell compartmentalization - Cell and tissue mechanics - Principles of active matter		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> Students know the basic concepts and terms of theoretical biophysics. Students understand theoretical models that describe Soft and Living Matter systems that are in focus in modern research. The students can relate biological phenomena to physical questions. Students comprehend interdisciplinary topics at the interface between biology, physics, and chemistry, and have an interdisciplinary view on life sciences. Students are able to apply theoretical concepts to modern research problems. Students can understand scientific literature in the field of biophysics. Students are able to read and understand scientific literature in English.		
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 180 Std. 40 Std. Prüfungsvorbereitung (Selbststudium) 30 Std. Vorlesung (Präsenzstudium) 30 Std. Übung (Präsenzstudium) 80 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes anhand bereitgestellter Unterlagen (Selbststudium)		
<b>Voraussetzungen:</b> Knowledge of thermodynamics and statistical mechanics as taught on the bachelor level in the corresponding theory course.		<b>ECTS/LP-Bedingungen:</b> Bestehen der Modulprüfung
<b>Angebotshäufigkeit:</b> alle 4 Semester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> ab dem 1.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 4	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	

<b>Modulteile</b> <b>Modulteil:</b> <a href="#">Introduction to theory of soft and living matter</a> <b>Lehrformen:</b> Vorlesung <b>Sprache:</b> Englisch / Deutsch <b>SWS:</b> 2
<b>Lernziele:</b> siehe Modulbeschreibung

**Literatur:**

- 1) Flory, Principles of polymer chemistry, Springer, 1953, ISBN 1461422116
- 2) Masao Doi, Soft matter physics, Oxford University Press, 2013, ISBN 199652953
- 3) Samuel Safran, Statistical Thermodynamics Of Surfaces, Interfaces, And Membranes, Westview Press, 1994, ISBN 813340799
- 4) Jean-Louis Barrat and Jean-Pierre Hansen, Basic concepts for Simple and Complex Liquids, Cambridge, 2003, ISBN 521789532
- 5) Michael Rubinstein and Ralph H. Colby, Polymer Physics, Oxford, 2003, ISBN 019852059X

**Modulteil: Introduction to theory of soft and living matter (Tutorial)**

**Lehrformen:** Übung

**Sprache:** Englisch / Deutsch

**SWS:** 2

**Lernziele:**

siehe Modulbeschreibung

**Inhalte:**

siehe Modulbeschreibung

**Prüfung**

**PHM-0294 Introduction to theory of soft and living matter**

Mündliche Prüfung / Prüfungsdauer: 30 Minuten, benotet

<b>Modul PHM-0291: Quantum Computing</b> <i>Quantum Computing</i>		6 ECTS/LP
Version 1.0.0 (seit WS23/24) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Markus Heyl		
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Qbits, quantum gates and quantum circuits</li> <li>• Physical realizations</li> <li>• Quantum noise</li> <li>• Quantum error correction</li> <li>• Quantum algorithms</li> <li>• Digital quantum simulation</li> </ul>		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• The students acquire basic understanding of the principles of quantum computers and their applications.</li> <li>• They have the skills to construct concrete quantum circuits and algorithms.</li> <li>• They have the competence to identify the advantages of quantum information processing as well as to follow the modern developments in the field.</li> <li>• Integrated acquisition of key qualifications: Abstraction skills through the translation of physics problems onto quantum computing language, familiarization with English professional language.</li> </ul>		
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 180 Std. 40 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes Übung/Fallstudien (Selbststudium) 20 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes durch Literatur (Selbststudium) 40 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes anhand bereitgestellter Unterlagen (Selbststudium) 20 Std. Prüfungsvorbereitung (Selbststudium) 60 Std. Vorlesung und Übung (Präsenzstudium)		
<b>Voraussetzungen:</b> Basic knowledge of quantum mechanics such as acquired in lectures PHM-0017 Theoretische Physik II, INF-0437 Grundlagen der Quanteninformationsverarbeitung, or INF-0440 Quantum Algorithms.		<b>ECTS/LP-Bedingungen:</b> Bestehen der Modulprüfung
<b>Angebotshäufigkeit:</b> alle 4 Semester idR im WS	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> ab dem 1.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 4	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	

<b>Modulteile</b>
<b>Modulteil: Quantum Computing</b> <b>Lehrformen:</b> Vorlesung <b>Sprache:</b> Englisch / Deutsch <b>SWS:</b> 2
<b>Lernziele:</b> see module description
<b>Inhalte:</b> see module description
<b>Modulteil: Quantum Computing (Tutorial)</b> <b>Lehrformen:</b> Übung <b>Sprache:</b> Englisch / Deutsch <b>SWS:</b> 2

**Lernziele:**

see module description

**Inhalte:**

see module description

**Literatur:**

- D. DiVincenzo, Quantum Computation, Science **270**, 255-261 (1995)
- M. Nielsen and I. Chuang, Quantum Computation and Quantum Information (Cambridge University Press, 2000)
- J. Stolze and D. Suter, Quantum Computing (Wiley-VCH, 2004)
- E. Grumbling and M. Horowitz, Quantum Computing: Progress and Prospects (The National Academies Press, 2019)

**Prüfung**

**Quantum Computing**

Mündliche Prüfung / Prüfungsdauer: 30 Minuten, benotet

<b>Modul PHM-0368: Field-theory of classical and quantum collective dynamics</b> <i>Field-theory of classical and quantum collective dynamics</i>		6 ECTS/LP
Version 1.0.0 (seit SoSe24) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Francesco Piazza		
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Real-time path-integral formulation of quantum many-body open systems</li> <li>• Emergence of classical description (Langevin, Fokker-Planck, and master equations)</li> <li>• Non-equilibrium Green's function approach to interacting quantum open systems</li> <li>• Feynman diagrams and conserving approximations</li> <li>• Quantum and Classical Boltzmann equations</li> <li>• Applications (beyond simpler examples given along the way): Thermal vs. non-thermal steady states, non-equilibrium criticality and universality, H-theorem, ...</li> </ul>		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• The students understand and can apply the non-equilibrium path-integral formulation of the many-body problem</li> <li>• They possess an organised knowledge about the most relevant approaches to collective dynamics in classical and quantum open systems</li> <li>• They distinguish the approximations involved in each of the methods and thus their respective regimes of applicability</li> <li>• They can apply the above methods to paradigmatic examples in quantum condensed matter as well as active matter</li> <li>• Integrated acquisition of key qualifications: ability to work independently with literature in English professional language.</li> </ul>		
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 180 Std. 30 Std. Vorlesung (Präsenzstudium) 30 Std. Übung (Präsenzstudium) 20 Std. Prüfungsvorbereitung (Selbststudium) 100 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes Übung/Fallstudien (Selbststudium)		
<b>Voraussetzungen:</b> This module requires knowledge on the content of the Bachelor lectures Theoretische Physik II + III.		<b>ECTS/LP-Bedingungen:</b> Bestehen der Modulprüfung
<b>Angebotshäufigkeit:</b> in der Regel mind. 1x pro Studienjahr	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> ab dem 1.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 4	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	
<b>Modulteile</b>		
<b>Modulteil: Field-theory of classical and quantum collective dynamics (tutorial)</b> <b>Sprache:</b> Englisch / Deutsch <b>SWS:</b> 2		
<b>Zugeordnete Lehrveranstaltungen:</b> <b>Field-theory of classical and quantum collective dynamics (Vorlesung)</b> <i>*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.*</i>		
<b>Modulteil: Field-theory of classical and quantum collective dynamics (Vorlesung)</b> <b>Sprache:</b> Englisch / Deutsch <b>SWS:</b> 2		

**Inhalte:**

See module description

**Literatur:**

- A. Kamenev, *Field-Theory of Non-Equilibrium Systems*, Cambridge University Press (2011)
- L.M. Sieberer, M. Buchhold, S. Diehl, *Keldysh field theory for driven open quantum systems*, Reports on Progress in Physics **79**, 096001 (2016)

**Zugeordnete Lehrveranstaltungen:**

**Field-theory of classical and quantum collective dynamics (Tutorial) (Übung)**

*\*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.\**

**Prüfung**

**Field-theory of classical and quantum collective dynamics**

Mündliche Prüfung / Prüfungsdauer: 30 Minuten, benotet

<b>Modul PHM-0287: Method Course: Spectroscopy of Organic Semiconductors</b> <i>Method Course: Spectroscopy of Organic Semiconductors</i>		8 ECTS/LP
Version 1.2.0 (seit SoSe22) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Wolfgang Brütting Dr. Alexander Hofmann		
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Growth and characterisation of thin films (vapor deposition, spin coating, surface profiling, atomic force microscopy)</li> <li>• Optical spectroscopy and photophysics (ellipsometry, transmission, steady-state and time-resolved photoluminescence, orientation anisotropy)</li> <li>• Charge transport (space-charge limited current, field-effect mobility, doping)</li> <li>• Light-emitting diodes (different emitter types, device efficiency measurement and simulation)</li> <li>• Solar cells (different device architectures, power and quantum efficiency measurements)</li> </ul>		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> The students <ul style="list-style-type: none"> <li>• get familiar with the preparation of organic semiconductors as thin films and in devices and learn basic spectroscopic techniques to characterise them,</li> <li>• acquire skills to analyse properties of the materials taking into account their specific features,</li> <li>• and have the competence to comprehend and attend to current problems in the field of organic electronics.</li> <li>• Integrated acquirement of soft skills: practicing technical English, working with English specialist literature, ability to critically interpret experimental results.</li> </ul>		
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 240 Std.		
<b>Voraussetzungen:</b> Basic knowledge of atomic and solid state physics, as well as elementary concepts of quantum physics.		<b>ECTS/LP-Bedingungen:</b> Bestehen der Modulprüfung
<b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Sommersemester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> ab dem 1.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 6	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	
<b>Modulteil</b>		
<b>Modulteil: Method Course: Spectroscopy of Organic Semiconductors</b> <b>Lehrformen:</b> Vorlesung <b>Sprache:</b> Englisch / Deutsch <b>SWS:</b> 2		
<b>Lehr-/Lernmethoden:</b> The basics for each topic will be taught in class, e.g. using black board and beamer presentation. For some topics, we will use videos for inverted classroom as well.		
<b>Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• M. Schwoerer, H. Ch. Wolf: Organic Molecular Solids (Wiley-VCH)</li> <li>• A. Köhler, H. Bässler: Electronic Processes in Organic Semiconductors (Wiley-VCH)</li> <li>• S.R. Forrest: Organic Electronics (Oxford Univ. Press)</li> </ul>		
<b>Zugeordnete Lehrveranstaltungen:</b> <b>Method Course: Spectroscopy of Organic Semiconductors</b> (Vorlesung) <i>*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.*</i>		

**Modulteil: Method Course: Spectroscopy of Organic Semiconductors (Practical Course)**

**Lehrformen:** Praktikum

**Sprache:** Englisch / Deutsch

**SWS:** 4

**Lehr-/Lernmethoden:**

After teaching in class, the students will go to the lab to get practical experience with each topic and acquire/analyze their own data.

**Zugeordnete Lehrveranstaltungen:**

**Method Course: Spectroscopy of Organic Semiconductors (Practical Course)** (Praktikum)

*\*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.\**

**Prüfung**

**Method Course: Spectroscopy of Organic Semiconductors**

Bericht, benotet

**Prüfungshäufigkeit:**

wenn LV angeboten

<b>Modul PHM-0365: Method Course: Research Challenges in Biophysics</b> <i>Method Course: Research Challenges in Biophysics</i>		8 ECTS/LP
Version 1.0.0 (seit SoSe24) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Christoph Alexander Weber		
<b>Inhalte:</b> Students can pick one research topic per lecture and accept a research challenge for the second half of the lecture. Research challenges will cover various questions on the origin of life, phase transitions in biological systems, stochastic phenomena in biology, active matter systems, dynamics of molecules and assemblies such as RNA and DNA, and chemical reactions and processes in living cells.		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> The students <ul style="list-style-type: none"> <li>• have basic theoretical knowledge about the physics of living systems such as the cell or non-equilibrium assemblies with life-like features</li> <li>• are capable of reading leading-edge research papers relevant to solve their research challenge and know how to bridge between textbook knowledge and research questions</li> <li>• know how to discuss their research approach and progress with the project supervisor and other students forming a research team</li> <li>• are able to communicate their results in a final seminar talk.</li> </ul>		
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 240 Std. 30 Std. Prüfungsvorbereitung (Selbststudium) 90 Std. Teilnahme an Lehrveranstaltungen (Präsenzstudium) 120 Std. laufende Vor- und Nachbereitung (Selbststudium)		
<b>Voraussetzungen:</b> Knowledge of thermodynamics and statistical mechanics as taught on the bachelor level in the corresponding theory course.		<b>ECTS/LP-Bedingungen:</b> Bestehen der Modulprüfung
<b>Angebotshäufigkeit:</b> alle 4 Semester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b>	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> Semester
<b>SWS:</b> 6	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	

<b>Modulteil</b>
<b>Modulteil: Method Course: Research Challenges in Biophysics</b> <b>Lehrformen:</b> Vorlesung <b>Sprache:</b> Englisch / Deutsch <b>SWS:</b> 2
<b>Literatur:</b> Research papers corresponding to the proposed research challenges.
<b>Zugeordnete Lehrveranstaltungen:</b> <b>Method Course: Research Challenges in Biophysics</b> (Vorlesung) <i>*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.*</i>
<b>Modulteil: Method Course: Research Challenges in Biophysics (Practical Course)</b> <b>Lehrformen:</b> Übung + Praktikum <b>Sprache:</b> Englisch / Deutsch <b>SWS:</b> 4

**Zugeordnete Lehrveranstaltungen:**

**Method Course: Research Challenges in Biophysics (Practical Course) (Praktikum)**

*\*Veranstaltung wird online/digital abgehalten.\**

**Prüfung**

**Method Course: Research Challenges in Biophysics**

Mündliche Prüfung / Prüfungsdauer: 1 Stunden, benotet

<b>Modul PHM-0224: Method Course: Theoretical Concepts and Simulation</b> <i>Method Course: Theoretical Concepts and Simulation</i>		8 ECTS/LP
Version 1.0.0 (seit WS15/16) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Liviu Chioncel		
<b>Inhalte:</b> This module covers Monte-Carlo methods (computational algorithms) for classical and quantum problems. Python as programming language will be employed. The following common applications will be discussed: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Monte-Carlo integration, stochastic optimization, inverse problems</li> <li>• Feynman path integrals: the connection between classical and quantum systems</li> <li>• Order and disorder in spin systems, fermions, and boson</li> </ul>		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• The students are capable of obtaining numerical solutions to problems too complicated to be solved analytically</li> <li>• The students are able to present (graphically), discuss and analyze the results</li> <li>• The students gain experience in formulating and carrying out a collaborative project</li> </ul>		
<b>Bemerkung:</b> The number of students will be limited to 8.		
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 240 Std. 90 Std. Vorbereitung von Präsentationen (Selbststudium) 60 Std. Anfertigen von schriftlichen Arbeiten (Selbststudium) 60 Std. laufende Vor- und Nachbereitung (Selbststudium) 90 Std. Teilnahme an Lehrveranstaltungen (Präsenzstudium)		
<b>Voraussetzungen:</b> Knowledge of the programming language Python is expected on the level taught in the modul PHM-0041. Requirements to understand basic concepts in physics: Classical Mechanics (Newton, Lagrange), Electrodynamics, Thermodynamics and Quantum Mechanics.		<b>ECTS/LP-Bedingungen:</b> Bestehen der Modulprüfung
<b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Sommersemester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> ab dem 1.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 6	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	

<b>Modulteile</b>
<b>Modulteil: Method Course: Theoretical Concepts and Simulation</b> <b>Lehrformen:</b> Vorlesung <b>Sprache:</b> Englisch / Deutsch <b>SWS:</b> 2
<b>Inhalte:</b> Concepts of classical and quantum statistical physics: <ul style="list-style-type: none"> <li>• the meaning of sampling, random variables, ergodicity</li> <li>• equidistribution, pressure, temperature</li> <li>• path integrals, quantum statistics, enumeration, cluster algorithms</li> </ul>
<b>Literatur:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Werner Krauth, Algorithms and Computations (Oxford University Press, 2006)</li> <li>2. R. H. Landau, A Survey of Computational Physics (Princeton Univ. Press, 2010)</li> </ol>

**Zugeordnete Lehrveranstaltungen:**

**Method Course: Theoretical Concepts and Simulation** (Vorlesung)

*\*Veranstaltung wird online/digital abgehalten.\**

**Modulteil: Method Course: Theoretical Concepts and Simulation (Practical Course)**

**Lehrformen:** Praktikum

**Sprache:** Englisch / Deutsch

**SWS:** 4

**Inhalte:**

see above

**Literatur:**

see above

**Zugeordnete Lehrveranstaltungen:**

**Method Course: Theoretical Concepts and Simulation (Practical Course)** (Praktikum)

*\*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.\**

**Prüfung**

**Method Course: Theoretical Concepts and Simulation**

Bericht / Bearbeitungsfrist: 4 Wochen, benotet

**Beschreibung:**

The requirement for the credit points is based on a programming project carried out in a team of 2-3 students. The final report contains the formulation and a theoretical introduction into the problem, the numerical implementation, and the presentation of the results.

<b>Modul PHM-0048: Physics and Technology of Semiconductor Devices</b> <i>Physics and Technology of Semiconductor Devices</i>		6 ECTS/LP
Version 1.0.0 (seit SoSe23) Modulverantwortliche/r: apl. Prof. Dr. Helmut Karl		
<b>Inhalte:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Basic properties of semiconductors (electronic bandstructure, doping, carrier excitations and carrier transport)</li> <li>2. Semiconductor diodes and transistors</li> <li>3. Semiconductor technology</li> </ol>		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Basic knowledge of solid-state and semiconductor physics such as electronic bandstructure, doping, carrier excitations, and carrier transport.</li> <li>• Application of developed concepts (effective mass, quasi-Fermi levels) to describe the basic properties of semiconductors.</li> <li>• Application of these concepts to describe and understand the operation principles of semiconductor devices such as diodes and transistors</li> <li>• Knowledge of the technologically relevant methods and tools in semiconductor micro- and nanofabrication.</li> <li>• Integrated acquisition of soft skills: autonomous working with specialist literature in English, acquisition of presentation techniques, capacity for teamwork, ability to document experimental results, and interdisciplinary thinking and working.</li> </ul>		
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 180 Std. 20 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes anhand bereitgestellter Unterlagen (Selbststudium) 20 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes durch Literatur (Selbststudium) 80 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes Übung/Fallstudien (Selbststudium) 60 Std. Vorlesung und Übung (Präsenzstudium)		
<b>Voraussetzungen:</b> recommended prerequisites: basic knowledge in solid state physics, statistical physics and quantum mechanics.		
<b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Sommersemester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> ab dem 1.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 4	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	
<b>Modulteile</b>		
<b>Modulteil: Physics and Technology of Semiconductor Devices</b> <b>Lehrformen:</b> Vorlesung <b>Sprache:</b> Englisch <b>SWS:</b> 3		
<b>Lernziele:</b> see module description		
<b>Inhalte:</b> see module description		

**Literatur:**

Additional reading:

- Yu und Cardona: Fundamentals of Semiconductors (Springer)
- Sze: Physics of Semiconductor Devices (Wiley)
- Sze: Semiconductor Devices (Wiley)
- Singh: Electronic and Optoelectronic Properties of Semiconductor Structures (Cambridge University Press)

**Zugeordnete Lehrveranstaltungen:**

**Physics and Technology of Semiconductor Devices** (Vorlesung)

*\*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.\**

T-1005

**Modulteil: Physics and Technology of Semiconductor Devices (Tutorial)**

**Lehrformen:** Übung

**Sprache:** Englisch

**SWS:** 1

**Inhalte:**

see module description

**Zugeordnete Lehrveranstaltungen:**

**Physics and Technology of Semiconductor Devices (Tutorial)** (Übung)

*\*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.\**

Alle zwei Wochen. Wir der Vorlesung angekündigt.

**Prüfung**

**Physics and Technology of Semiconductor Devices**

Klausur / Prüfungsdauer: 90 Minuten, benotet

**Prüfungsvorleistungen:**

Physics and Technology of Semiconductor Devices

<b>Modul PHM-0218: Novel Methods in Solid State NMR Spectroscopy</b> <i>Novel Methods in Solid State NMR Spectroscopy</i>		6 ECTS/LP
Version 1.0.0 (seit SoSe17) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Leo van Wüllen		
<b>Inhalte:</b> The physical basis of nuclear magnetic resonance Pulsed NMR methods; Fourier Transform NMR Internal interactions Magic Angle Spinning Modern pulse sequences or how to obtain specific information about the structure and dynamics of solid materials Recent highlights of the application of modern solid state NMR in materials science		
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 180 Std.		
<b>Voraussetzungen:</b> keine		<b>ECTS/LP-Bedingungen:</b> Bestehen der Modulprüfung
<b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Wintersemester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b>	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 4	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	

<b>Modulteile</b>
<b>Modulteil: Novel Methods in Solid State NMR Spectroscopy</b> <b>Lehrformen:</b> Vorlesung <b>Sprache:</b> Deutsch <b>SWS:</b> 3
<b>Modulteil: Novel Methods in Solid State NMR Spectroscopy (Tutorial)</b> <b>Lehrformen:</b> Übung <b>Sprache:</b> Deutsch <b>SWS:</b> 1
<b>Literatur:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. M. H. Levitt, Spin Dynamics, John Wiley and Sons, Ltd., 2008.</li> <li>2. H. Günther, NMR spectroscopy, Wiley 2001.</li> <li>3. M.Duer, Introduction to Solid-State NMR spectroscopy, Blackwell Publishing Ltd., 2004.</li> <li>4. D. Canet: NMR - concepts and methods, Springer, 1994.</li> </ol>

<b>Prüfung</b> <b>Novel Methods in Solid State NMR Spectroscopy</b> Klausur / Prüfungsdauer: 90 Minuten, benotet
--

<b>Modul PHM-0269: Materialien zur elektrochemischen Energiespeicherung</b> <i>Materials for electrochemical energy storage</i>		6 ECTS/LP
Version 1.0.0 (seit SoSe22) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Leo van Wüllen		
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• elektrochemische Grundlagen</li> <li>• elektrochemische Energiespeicher: Superkondensatoren und Batterien</li> <li>• Batteriesysteme</li> <li>• Li-Ionen-Batterien</li> <li>• Redox-flow-Batterien</li> <li>• Metall-Fluorid-Batterien</li> <li>• Neue Materialien für Anode, Kathode, Elektrolyt und Separator</li> </ul>		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> <li>• kennen die grundlegenden Konzepte zur elektrochemischen Energiespeicherung</li> <li>• erhalten spezifische Kenntnisse über die wichtigsten aktuellen Batterie- und Akkumulatorsysteme</li> <li>• erhalten die Fertigkeit, für spezifische Einsatzfelder die geeigneten Batteriesysteme zu identifizieren</li> <li>• erwerben die Kompetenz, Materialien hinsichtlich ihrer Eignung als Anoden-, Kathoden- und Elektrolytmaterialien auszuwählen und zu beurteilen</li> <li>• Integrierter Erwerb von Schlüsselqualifikationen: Fähigkeit sich in ein naturwissenschaftliches Spezialgebiet einzuarbeiten und das erworbene Wissen aktiv zur Lösung wissenschaftlicher Fragestellungen anzuwenden</li> </ul>		
<b>Bemerkung:</b> Das Modul kann auch im Studiengang Master Materials Science and Engineering belegt werden.		
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 180 Std. 15 Std. Übung (Präsenzstudium) 45 Std. Vorlesung (Präsenzstudium) 120 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes anhand bereitgestellter Unterlagen (Selbststudium)		
<b>Voraussetzungen:</b> keine		<b>ECTS/LP-Bedingungen:</b> Bestehen der Modulprüfung
<b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Sommersemester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> ab dem 1.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 4	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	
<b>Modulteile</b>		
<b>Modulteil: Materialien zur elektrochemischen Energiespeicherung</b> <b>Lehrformen:</b> Vorlesung <b>Sprache:</b> Deutsch <b>SWS:</b> 3		
<b>Lernziele:</b> siehe Modulbeschreibung		
<b>Inhalte:</b> siehe Modulbeschreibung		

**Literatur:**

Hamann, C. H., Vielstich, W. (2005). *Elektrochemie*. (4. Auflage) Wiley-VCH Verlag GmbH.  
Job, R. (2020). *Electrochemical Energy Storage*. Walter de Gruyter GmbH.  
Kurzweil, P. (2015). *Elektrochemische Speicher: Superkondensatoren, Batterien, Elektrolyse-Wasserstoff, Rechtliche Rahmenbedingungen*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

**Zugeordnete Lehrveranstaltungen:**

**Materialien zur elektrochemischen Energiespeicherung** (Vorlesung)

*\*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.\**

**Modulteil: Übung zu Materialien zur elektrochemischen Energiespeicherung**

**Lehrformen:** Übung

**Sprache:** Deutsch

**SWS:** 1

**Lernziele:**

siehe Modulbeschreibung

**Zugeordnete Lehrveranstaltungen:**

**Übung zu Materialien zur elektrochemischen Energiespeicherung** (Übung)

*\*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.\**

**Prüfung**

**Materialien zur elektrochemischen Energiespeicherung**

Mündliche Prüfung, Einzel- oder Gruppenprüfung; Prüfungsdauer pro Person: 30 Minuten, benotet

<b>Modul PHM-0271: Photonische Materialien</b> <i>Photonic Materials</i>		6 ECTS/LP
Version 1.0.0 (seit SoSe22) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Henning Höppe		
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung in grundlegende Konzepte</li> <li>• Silicatanaloge Materialien und Halbleiter</li> <li>• Lumineszierende Materialien</li> <li>• Pigmente</li> <li>• Anwendungsbeispiele</li> <li>• Grundsätze guter wissenschaftlicher Praxis</li> </ul>		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden kennen die grundlegenden theoretischen Konzepte (wie Ligandenfeld- und Bändertheorie), die zur Beschreibung charakteristischer Bindungsverhältnisse in Festkörpern notwendig sind; sie sind vertraut mit den Ordnungsprinzipien in Festkörpern (Kristallographie und Gruppentheorie) und verfügen über Grundkenntnisse in Stoffchemie und Festkörpersynthesen</li> <li>• Die Studierenden können die optischen Eigenschaften photonischer Materialien erklären und analysieren.</li> <li>• Sie erwerben die Kompetenz, ausgehend von bekannten Materialien die Eigenschaften neuer Verbindungen abzuschätzen und einen sinnvollen synthetisch-strategischen Zugang zu diesen Verbindungen zu erarbeiten.</li> <li>• Integrierter Erwerb von Schlüsselqualifikationen: Fähigkeit sich in ein naturwissenschaftliches Spezialgebiet einzuarbeiten und das erworbene Wissen aktiv zur Lösung wissenschaftlicher Fragestellungen anzuwenden</li> </ul>		
<b>Bemerkung:</b> Das Modul kann in den Studiengängen Master Materialchemie und Master Materials Science and Engineering belegt werden.		
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 180 Std. 15 Std. Übung (Präsenzstudium) 45 Std. Vorlesung (Präsenzstudium) 20 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes anhand bereitgestellter Unterlagen (Selbststudium) 80 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes Übung/Fallstudien (Selbststudium) 20 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes durch Literatur (Selbststudium)		
<b>Voraussetzungen:</b> keine		<b>ECTS/LP-Bedingungen:</b> Bestehen der Modulprüfung
<b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Wintersemester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> ab dem 1.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 4	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	
<b>Modulteile</b>		
<b>Modulteil: Photonische Materialien</b> <b>Lehrformen:</b> Vorlesung <b>Sprache:</b> Deutsch <b>SWS:</b> 3		
<b>Lernziele:</b> siehe Modulbeschreibung		
<b>Inhalte:</b> siehe Modulbeschreibung		

**Literatur:**

- W. Yen, S. Shionoya, H. Yamamoto, Phosphor Handbook, The CRC Press laser and optical science and technology series, CRC Press/Taylor and Francis, 2007.
- B. Henderson und G. Imbusch, Optical spectroscopy of inorganic solids, Monographs on the Physics and Chemistry of Materials, Oxford University Press, 2006.
- A. Fox, Optical Properties of Solids, Oxford master series in condensed matter physics, Oxford University Press, 2001.
- weitere wird in der Vorlesung bekanntgegeben

**Modulteil: Übung zu Photonische Materialien**

**Lehrformen:** Übung

**Sprache:** Deutsch

**SWS:** 1

**Lernziele:**

siehe Modulbeschreibung

**Prüfung**

**Photonische Materialien**

Klausur / Prüfungsdauer: 90 Minuten, benotet

<b>Modul PHM-0277: Grundzüge der Seltenerdchemie</b> <i>Introduction to Rare-Earth Chemistry</i>		6 ECTS/LP
Version 1.0.0 (seit SoSe22) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Henning Höppe		
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung in grundlegende Konzepte</li> <li>• Reindarstellung der Elemente, Verfügbarkeit, Umweltaspekte, Ressourcenaspekte</li> <li>• Grundzüge der Stoffchemie der Seltenerdelemente</li> <li>• Lumineszierende Seltenerdverbindungen</li> <li>• Magnetisch bedeutsame Seltenerdverbindungen</li> <li>• Katalyse mit Seltenerdverbindungen</li> <li>• Grundsätze guter wissenschaftlicher Praxis</li> </ul>		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden kennen die grundlegenden theoretischen Konzepte (wie Ligandenfeld- und Bändertheorie), die zur Beschreibung charakteristischer Bindungsverhältnisse in Festkörpern notwendig sind; sie sind vertraut mit den Ordnungsprinzipien in Festkörpern (Kristallographie und Gruppentheorie) und verfügen über Grundkenntnisse in Stoffchemie und Festkörpersynthesen</li> <li>• Die Studierenden können die chemischen und physikalischen Eigenschaften von Seltenerdverbindungen erklären und analysieren.</li> <li>• Sie erwerben die Kompetenz, ausgehend von bekannten Materialien die Eigenschaften neuer Verbindungen abzuschätzen und einen sinnvollen synthetisch-strategischen Zugang zu diesen Verbindungen zu erarbeiten.</li> <li>• Integrierter Erwerb von Schlüsselqualifikationen: Fähigkeit sich in ein naturwissenschaftliches Spezialgebiet einzuarbeiten und das erworbene Wissen aktiv zur Lösung wissenschaftlicher Fragestellungen anzuwenden</li> </ul>		
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 180 Std. 20 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes anhand bereitgestellter Unterlagen (Selbststudium) 80 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes Übung/Fallstudien (Selbststudium) 20 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes durch Literatur (Selbststudium) 15 Std. Übung (Präsenzstudium) 45 Std. Vorlesung (Präsenzstudium)		
<b>Voraussetzungen:</b> keine		<b>ECTS/LP-Bedingungen:</b> Bestehen der Modulprüfung
<b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Sommersemester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> ab dem 1.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 4	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	

<b>Modulteile</b>
<b>Modulteil: Grundzüge der Seltenerdchemie</b> <b>Lehrformen:</b> Vorlesung <b>Sprache:</b> Deutsch <b>SWS:</b> 3
<b>Lernziele:</b> siehe Modulbeschreibung
<b>Inhalte:</b> siehe Modulbeschreibung

**Literatur:**

- A. F. Holleman, E. Wiberg und N. Wiberg, Lehrbuch der Anorganischen Chemie, de Gruyter, 102. Auflage, 2007.
- K. A. Gescheidner, Handbook on the Physics and Chemistry of Rare Earths
- weitere wird in der Vorlesung bekanntgegeben

**Zugeordnete Lehrveranstaltungen:**

**Grundzüge der Seltenerdchemie** (Vorlesung)

*\*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.\**

**Modulteil: Übung zu Grundzüge der Seltenerdchemie**

**Lehrformen:** Übung

**Sprache:** Deutsch

**SWS:** 1

**Lernziele:**

siehe Modulbeschreibung

**Zugeordnete Lehrveranstaltungen:**

**Übung zu Grundzüge der Seltenerdchemie** (Übung)

*\*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.\**

**Prüfung**

**Grundzüge der Seltenerdchemie**

Klausur / Prüfungsdauer: 90 Minuten, benotet

<b>Modul PHM-0267: Fundamentals of Materials for Energy</b> <i>Fundamentals of Materials for Energy</i>		6 ECTS/LP
Version 2.2.0 (seit SoSe23) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Wolfgang Brütting		
<b>Inhalte:</b> This class teaches fundamentals of conventional as well as renewable energy conversion. The following topics will be addressed: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Basics facts on energy conversion and climate change</li> <li>• Fossil energy</li> <li>• Nuclear energy</li> <li>• Renewable energy</li> <li>• Energy storage and transport</li> </ul>		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> Students know the fundamentals of different energy technologies. They are able to assess their respective efficiency and their potential for covering current and future energy demand. They are able to deal with a specific problem using up-to-date literature and participate in the ongoing discussion about how to cover our increasing need for various forms of energy.		
<b>Voraussetzungen:</b> Sound background in physics, in particular solid state physics and thermodynamics.		<b>ECTS/LP-Bedingungen:</b> Seminar presentation + written handout.
<b>Angebotshäufigkeit:</b> Wintersemester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b>	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 5	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	
<b>Modulteile</b>		
<b>Modulteil: Fundamentals of Materials for Energy</b> <b>Lehrformen:</b> Vorlesung <b>Dozenten:</b> Prof. Dr. Wolfgang Brütting <b>Sprache:</b> Englisch / Deutsch <b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Wintersemester <b>SWS:</b> 3		
<b>Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• M. Stutzmann, C. Csoklich: The Physics of Renewable Energy (Springer)</li> <li>• J. Fricke, W.L. Borst: Essentials of Energy Technology (Wiley-VCH)</li> <li>• D.S. Ginley, D. Cahen: Fundamentals of Materials for Energy and Environmental Sustainability (Cambridge Univ. Press)</li> <li>• D.J.C. MacKay: Sustainable Energy - without the hot air (<a href="https://www.withouthotair.com/">https://www.withouthotair.com/</a>)</li> </ul>		
<b>Prüfung</b> <b>Fundamentals of Materials for Energy</b> Vorlesung + Begleitseminar / Prüfungsdauer: 45 Minuten, benotet <b>Prüfungshäufigkeit:</b> jedes Semester <b>Beschreibung:</b> 30min seminar presentation + 15min discussion, together with a detailed written handout		

---

**Modulteile**

**Modulteil:** [Fundamentals of Materials for Energy \(Tutorial\)](#)

**Lehrformen:** Übung

**Sprache:** Englisch / Deutsch

**SWS:** 2

<b>Modul PHM-0117: Surfaces and Interfaces</b> <i>Surfaces and Interfaces</i>	6 ECTS/LP
Version 1.0.0 (seit WS09/10) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Manfred Albrecht	
<b>Inhalte:</b> Introduction <ul style="list-style-type: none"> <li>• The importance of surfaces and interfaces</li> </ul> Some basic facts from solid state physics <ul style="list-style-type: none"> <li>• Crystal lattice and reciprocal lattice</li> <li>• Electronic structure of solids</li> <li>• Lattice dynamics</li> </ul> Physics at surfaces and interfaces <ul style="list-style-type: none"> <li>• Structure of ideal and real surfaces</li> <li>• Relaxation and reconstruction</li> <li>• Transport (diffusion, electronic) on interfaces</li> <li>• Thermodynamics of interfaces</li> <li>• Electronic structure of surfaces</li> <li>• Chemical reactions on solid state surfaces (catalysis)</li> <li>• Interface dominated materials (nano scale materials)</li> </ul> Methods to study chemical composition and electronic structure, application examples <ul style="list-style-type: none"> <li>• Scanning electron microscopy</li> <li>• Scanning tunneling and scanning force microscopy</li> <li>• Auger – electron – spectroscopy</li> <li>• Photo electron spectroscopy</li> </ul>	
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> The students: <ul style="list-style-type: none"> <li>• have knowledge of the structure, the electronical properties, the thermodynamics, and the chemical reactions on surfaces and interfaces,</li> <li>• acquire the skill to solve problems of fundamental research and applied sciences in the field of surface and interface physics,</li> <li>• have the competence to solve certain problems autonomously based on the thought physical basics.</li> <li>• Integrated acquirement of soft skills.</li> </ul>	
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 180 Std. 20 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes durch Literatur (Selbststudium) 20 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes anhand bereitgestellter Unterlagen (Selbststudium) 80 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes Übung/Fallstudien (Selbststudium) 60 Std. Vorlesung und Übung (Präsenzstudium)	
<b>Voraussetzungen:</b> recommended prerequisites: - basic knowledge from chemistry lectures - basic knowledge in solid state physics and materials science (crystallography, electronic structure, thermodynamics of solids), covered e.g. by the modules "Physics IV - Solid State Physics" or "Materials Science I+II"	

<b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Wintersemester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b>	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 4	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	

**Modulteile**

**Modulteil: Surfaces and Interfaces**  
**Lehrformen:** Vorlesung  
**Sprache:** Englisch  
**Angebotshäufigkeit:** jährlich  
**SWS:** 3

**Lernziele:**  
 see module description

**Inhalte:**  
 see module description

**Literatur:**

- Ertl, Küppers: Low Energy Electrons and Surface Chemistry (VCH)
- Lüth: Surfaces and Interfaces of Solids (Springer)
- Zangwill: Physics at Surfaces (Cambridge)
- Feldmann, Mayer: Fundamentals of Surface and thin Film Analysis (North Holland)
- Henzler, Göpel: Oberflächenphysik des Festkörpers (Teubner)
- Briggs, Seah: Practical Surface Analysis I und II (Wiley)

**Modulteil: Surfaces and Interfaces (Tutorial)**  
**Lehrformen:** Übung  
**Sprache:** Englisch  
**Angebotshäufigkeit:** jährlich  
**SWS:** 1

**Prüfung**  
**Surfaces and Interfaces**  
 Klausur / Prüfungsdauer: 90 Minuten, benotet  
**Prüfungsvorleistungen:**  
 Surfaces and Interfaces

<b>Modul PHM-0110: Materials Chemistry</b> <i>Materials Chemistry</i>		6 ECTS/LP
Version 1.2.0 (seit WS09/10) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Henning Höpfe		
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Revision of basic chemical concepts</li> <li>• Solid state chemical aspects of selected materials, such as <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Thermoelectrics</li> <li>◦ Battery electrode materials, ionic conductors</li> <li>◦ Hydrogen storage materials</li> <li>◦ Data storage materials</li> <li>◦ Phosphors and pigments</li> <li>◦ Heterogeneous catalysis</li> <li>◦ nanoscale materials</li> </ul> </li> </ul>		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> The students will <ul style="list-style-type: none"> <li>• be able to apply basic chemical concepts on materials science problems,</li> <li>• broaden their ability to derive structure-property relations of materials combining their extended knowledge about symmetry-related properties, chemical bonding in solids and chemical properties of selected compound classes,</li> <li>• be able to assess synthetic approaches towards relevant materials,</li> <li>• acquire skills to perform literature research using online data bases.</li> </ul>		
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 180 Std. 60 Std. Vorlesung und Übung (Präsenzstudium) 20 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes anhand bereitgestellter Unterlagen (Selbststudium) 20 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes durch Literatur (Selbststudium) 80 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes Übung/Fallstudien (Selbststudium)		
<b>Voraussetzungen:</b> The lecture course is based on the Bachelor in Materials Science courses Chemie I and Chemie III (solid state chemistry).		
<b>Angebotshäufigkeit:</b>	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> ab dem 1.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 4	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	

<b>Modulteile</b>
<b>Modulteil: Materials Chemistry</b> <b>Lehrformen:</b> Vorlesung <b>Sprache:</b> Englisch <b>SWS:</b> 3
<b>Lernziele:</b> see module description
<b>Inhalte:</b> see module description

**Literatur:**

- A. R. West, Solid State Chemistry, John Wiley, Chichester.
- U. Müller, Inorganic Structural Chemistry, Wiley-VCH.
- R. Dronskowski, Computational Chemistry of Solid State Materials, Wiley VCH.
- Textbooks on Basics of Inorganic Chemistry such as J. E. Huheey, E. Keiter, R. Keiter, Anorganische Chemie, de Gruyter, or equivalents.
- Moreover, selected reviews and journal articles will be cited on the slides.

**Modulteil: Materials Chemistry (Tutorial)**

**Lehrformen:** Übung

**Sprache:** Englisch

**SWS:** 1

**Prüfung**

**Materials Chemistry**

Klausur / Prüfungsdauer: 90 Minuten, benotet

**Prüfungshäufigkeit:**

nur im WiSe

**Prüfungsvorleistungen:**

Materials Chemistry

**Beschreibung:**

ab dem WiSe 2023/4 wird nur noch die Modulprüfung angeboten, jedoch keine Vorlesung mehr

from winter term 2023/4 on only the exam will be conducted, but no lecture anymore

<b>Modul PHM-0122: Non-Destructive Testing</b> <i>Non-Destructive Testing</i>		6 ECTS/LP
Version 1.0.0 (seit WS14/15) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Markus Sause		
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduction to nondestructive testing methods</li> <li>• Visual inspection</li> <li>• Ultrasonic testing</li> <li>• Guided wave testing</li> <li>• Acoustic emission analysis</li> <li>• Thermography</li> <li>• Radiography</li> <li>• Eddy current testing</li> <li>• Specialized nondestructive methods</li> </ul>		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> The students <ul style="list-style-type: none"> <li>• acquire knowledge in the field of nondestructive evaluation of materials,</li> <li>• are introduced to important concepts in nondestructive measurement techniques,</li> <li>• are able to independently acquire further knowledge of the scientific topic using various forms of information.</li> <li>• Integrated acquirement of soft skills</li> </ul>		
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 180 Std. 60 Std. Vorlesung und Übung (Präsenzstudium) 20 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes durch Literatur (Selbststudium) 20 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes anhand bereitgestellter Unterlagen (Selbststudium) 80 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes Übung/Fallstudien (Selbststudium)		
<b>Voraussetzungen:</b> Basic knowledge on materials science, in particular composite materials		
<b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Wintersemester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> ab dem 1.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 4	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	

<b>Modulteile</b>
<b>Modulteil: Non-Destructive Testing</b> <b>Lehrformen:</b> Vorlesung <b>Sprache:</b> Englisch <b>SWS:</b> 3
<b>Lernziele:</b> see module description
<b>Inhalte:</b> see module description

**Literatur:**

- Krautkrämer, J., & Krautkrämer, H. (1983). Ultrasonic Testing of Materials (4th ed.). Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-02357-0>
- Rose, J. L. (2004). Ultrasonic Waves in Solid Media. Cambridge, University Press.
- Raj, B., Jayakumar, T., & Thavasimuthu, M. (2002). Practical non-destructive testing. Woodhead.
- Grosse, C. U., & Ohtsu, M. (2008). Acoustic Emission Testing in Engineering - Basics and Applications. (C. Grosse & M. Ohtsu, Eds.). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-69972-9>
- Shull, P. J. (2002). Nondestructive evaluation: theory, techniques, and applications. M. Dekker.
- Maldague, X. P. v. (1993). Nondestructive Evaluation of Materials by Infrared Thermography. Springer London. <https://doi.org/10.1007/978-1-4471-1995-1>
- Herman, G. T. (2009). Fundamentals of Computerized Tomography. Springer London. <https://doi.org/10.1007/978-1-84628-723-7>
- Sause, M. G. R. (2016). In Situ Monitoring of Fiber-Reinforced Composites (Vol. 242). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-30954-5>

**Modulteil: Non-Destructive Testing (Tutorial)**

**Lehrformen:** Übung

**Sprache:** Englisch

**SWS:** 1

**Prüfung**

**Non-Destructive Testing**

Klausur / Prüfungsdauer: 90 Minuten, benotet

**Prüfungsvorleistungen:**

Non-Destructive Testing

<b>Modul MRM-0112: Finite-Elemente-Modellierung von Multiphysik-Phänomenen</b> <i>Finite element modeling of multiphysics phenomena</i>		6 ECTS/LP
Version 2.9.0 (seit WS19/20) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Markus Sause Dozenten: Prof. Dr. Sause / Prof. Dr Peter		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> The students <ul style="list-style-type: none"> <li>• get to know existing numerical methods for modeling and simulation of physical processes and systems</li> <li>• Learn the use and application of numerical methods for realistic problems</li> <li>• Are able to apply basic functional principles of a FEM program by using "COMSOL Multiphysics".</li> </ul>		
<b>Bemerkung:</b> This module is offered by faculty from MRM and Mathematics. It is intended for physics, MSE and WING students, who want to get an insight into a modern FEM program as it is used in academic and industrial applications.		
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 180 Std.		
<b>Voraussetzungen:</b> Recommended: MTH-6110 - Numerische Verfahren für Materialwissenschaftler, Physiker und Wirtschaftsingenieure		<b>ECTS/LP-Bedingungen:</b> Bestehen der Modulprüfung
<b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Sommersemester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> ab dem 1.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 4	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	
<b>Modulteile</b>		
<b>Modulteil: Finite-Elemente-Modellierung von Multiphysik-Phänomenen</b> <b>Lehrformen:</b> Vorlesung <b>Dozenten:</b> Prof. Dr. Malte Peter, Prof. Dr. Markus Sause <b>Sprache:</b> Deutsch <b>SWS:</b> 2		
<b>Inhalte:</b> The following content will be presented: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modeling and simulation of physical processes and systems.</li> <li>• Basic concepts of FEM programs</li> <li>• Generation of meshes</li> <li>• Optimization strategies</li> <li>• Selection of solver algorithms</li> <li>• Example applications from electrodynamics</li> <li>• Example applications from thermodynamics</li> <li>• Example applications from continuum mechanics</li> <li>• Example applications from fluid dynamics</li> <li>• Coupling of differential equations for the solution of multiphysics phenomena</li> </ul>		
<b>Lehr-/Lernmethoden:</b> Slide presentation, classroom discussion		

**Literatur:**

- Grossmann, C., Roos, H.-G., & Stynes, M. (2007). Numerical Treatment of Partial Differential Equations. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-71584-9>
- Eck, C., Garcke, H., & Knabner, P. (2017). Mathematische Modellierung. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-54335-1>
- Temam, R., & Miranville, A. (2005). Mathematical Modeling in Continuum Mechanics. Cambridge: Cambridge University Press.

**Zugeordnete Lehrveranstaltungen:**

**Finite element modeling of multiphysics phenomena** (Vorlesung)

*\*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.\**

**Prüfung**

**Finite-Elemente-Modellierung von Multiphysik-Phänomenen**

Schriftlich-Mündliche Prüfung / Prüfungsdauer: 60 Minuten, benotet

**Modulteile**

**Modulteil: Übung zu Finite-Elemente-Modellierung von Multiphysik-Phänomenen**

**Lehrformen:** Übung

**Sprache:** Deutsch

**SWS:** 2

**Lehr-/Lernmethoden:**

Independent reflection of topics to deepen the lecture content

**Zugeordnete Lehrveranstaltungen:**

**Finite element modeling of multiphysics phenomena (tutorial)** (Übung)

*\*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.\**

<b>Modul PHM-0253: Dielectric Materials</b> <i>Dielectric Materials</i>		6 ECTS/LP
Version 2.0.0 (seit SoSe23) Modulverantwortliche/r: PD Dr. Peter Lunkenheimer		
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Experimental techniques: quantities, broadband dielectric spectroscopy, nonlinear and polarization measurements</li> <li>• Dynamic processes in dielectric materials: relaxation processes, phenomenological models</li> <li>• Dielectric properties of disordered matter: liquids, glasses, plastic crystals</li> <li>• Charge transport: hopping conductivity, universal dielectric response</li> <li>• Ionic conductivity: conductivity mechanism, dielectric properties, advanced electrolytes for energy-storage devices</li> <li>• Maxwell-Wagner relaxations: equivalent-circuits, applications (supercapacitors), colossal-dielectric-constant materials</li> <li>• Electroceramics: Materials, Properties (relaxor ferroelectric, ferroelectric, antiferroelectric and multiferroic), Applications</li> </ul>		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> Students know the fundamentals of electromagnetic wave propagation and have a sound background for a broad spectrum of dielectric phenomena. They are able to analyze materials requirements and to interpret dielectric spectra in a broad frequency range. They have the competence to select materials for different kinds of applications and to critically assess experimental results on dielectric properties.		
<b>Bemerkung:</b> <b>Elective compulsory module</b>		
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 180 Std. 20 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes anhand bereitgestellter Unterlagen (Selbststudium) 20 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes durch Literatur (Selbststudium) 80 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes Übung/Fallstudien (Selbststudium) 60 Std. Vorlesung und Übung (Präsenzstudium)		
<b>Voraussetzungen:</b> Basic knowledge of solid state physics		<b>ECTS/LP-Bedingungen:</b> Pass of module exam
<b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Sommersemester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> ab dem 2.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 4	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	
<b>Modulteile</b>		
<b>Modulteil: Dielectric Materials</b> <b>Lehrformen:</b> Vorlesung <b>Dozenten:</b> PD Dr. Peter Lunkenheimer <b>Sprache:</b> Englisch / alle Sprachen		

**Literatur:**

- F. Kremer and A. Schönhalz (eds.), Broadband Dielectric Spectroscopy (Springer, Berlin, 2002).
- F. Kremer and A. Loidl (eds.), The scaling of relaxation processes (Springer, Cham, 2018).
- A.K. Jonscher, Dielectric Relaxations in Solids (Chelsea Dielectrics Press, London, 1983).
- C.J.F. Böttcher and P. Bordewijk, Theory of electric polarisation Vol II (Elsevier, Amsterdam, 1973).
- S.R. Elliott, Physics of Amorphous Materials (Longman, London, 1990)
- A.J. Moulson, J.M. Herbert, Electroceramics: Materials, Properties, Applications (Wiley, 2003)
- R. Waser, U. Böttger, S. Tiedke, Polar Oxides: Properties, Characterization, and Imaging (Wiley, 2005)

**Zugeordnete Lehrveranstaltungen:**

**Dielectric Materials** (Vorlesung)

*\*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.\**

Content: - Experimental techniques: quantities, broadband dielectric spectroscopy, nonlinear and polarization measurements - Dynamic processes in dielectric materials: relaxation processes, phenomenological models - Dielectric properties of disordered matter: liquids, glasses, plastic crystals - Charge transport: hopping conductivity, universal dielectric response - Ionic conductivity: conductivity mechanism, dielectric properties, advanced electrolytes for energy-storage devices - Maxwell-Wagner relaxations: equivalent-circuits, applications (supercapacitors), colossal-dielectric-constant materials - Electroceramics: Materials, Properties (relaxor ferroelectric, ferroelectric, antiferroelectric and multiferroic), Applications Examinations: As noted in the handbook of modules, the examination for this lecture will be an oral talk of 45 min. The talks will either extend topics, already treated in the lecture, or they will be about additional topics in the field of dielectric materials.... (weiter siehe Digicampus)

**Prüfung**

**Dielectric Materials Dielectric Materials**

Referat / Prüfungsdauer: 45 Minuten, benotet

**Prüfungsvorleistungen:**

Dielectric Materials

<b>Modul PHM-0218: Novel Methods in Solid State NMR Spectroscopy</b> <i>Novel Methods in Solid State NMR Spectroscopy</i>		6 ECTS/LP
Version 1.0.0 (seit SoSe17) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Leo van Wüllen		
<b>Inhalte:</b> The physical basis of nuclear magnetic resonance Pulsed NMR methods; Fourier Transform NMR Internal interactions Magic Angle Spinning Modern pulse sequences or how to obtain specific information about the structure and dynamics of solid materials Recent highlights of the application of modern solid state NMR in materials science		
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 180 Std.		
<b>Voraussetzungen:</b> keine		<b>ECTS/LP-Bedingungen:</b> Bestehen der Modulprüfung
<b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Wintersemester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b>	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 4	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	

<b>Modulteile</b>
<b>Modulteil: Novel Methods in Solid State NMR Spectroscopy</b> <b>Lehrformen:</b> Vorlesung <b>Sprache:</b> Deutsch <b>SWS:</b> 3
<b>Modulteil: Novel Methods in Solid State NMR Spectroscopy (Tutorial)</b> <b>Lehrformen:</b> Übung <b>Sprache:</b> Deutsch <b>SWS:</b> 1
<b>Literatur:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. M. H. Levitt, Spin Dynamics, John Wiley and Sons, Ltd., 2008.</li> <li>2. H. Günther, NMR spectroscopy, Wiley 2001.</li> <li>3. M.Duer, Introduction to Solid-State NMR spectroscopy, Blackwell Publishing Ltd., 2004.</li> <li>4. D. Canet: NMR - concepts and methods, Springer, 1994.</li> </ol>

<b>Prüfung</b> <b>Novel Methods in Solid State NMR Spectroscopy</b> Klausur / Prüfungsdauer: 90 Minuten, benotet
--

<b>Modul MTH-1040: Analysis III</b> <i>Analysis III</i>		9 ECTS/LP
Version 1.0.0 (seit WS15/16) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Bernd Schmidt		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> Fachlich: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Erlernen und Erkennen von sich aus den Inhalten der Lehrveranstaltung ergebenden mathematischen Konzepten, Strukturen, Techniken, Verfahren und Theorien.</li> <li>- Fähigkeit zur Anwendung dieser Erkenntnisse beim selbstständigen Lösen von Problemen.</li> </ul> Methodisch: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Erweiterung der Problemlösungskompetenz durch neue mathematische Strategien.</li> <li>- Verbesserung der Fähigkeiten im Erfassen mathematischer Texte.</li> <li>- Schärfung der Präzision in der fachsprachlichen Ausdrucksweise.</li> <li>- Exemplarisches Erlernen einer logisch stringenten und syntaktisch korrekten Darstellung mathematischer Inhalte.</li> </ul> Sozial-personal: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Verbesserung der innermathematischen Kommunikationsfähigkeit.</li> <li>- Schulung des logischen und präzisen Denkens.</li> <li>- Stärkung der Kooperations- und Teamfähigkeit.</li> <li>- Erhöhung der Frustrationstoleranz und Ausdauer.</li> </ul>		
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 270 Std. 100 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes inkl. Prüfungsvorbereitung (Selbststudium) 100 Std. Erbringung von Studienleistungen (Selbststudium) 70 Std. Vorlesung und Übung (Präsenzstudium)		
<b>Voraussetzungen:</b> keine		
<b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Wintersemester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> 3. - 6.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 6	<b>Wiederholbarkeit:</b> beliebig	
<b>Moduleile</b>		
<b>Moduleil: Analysis III</b> <b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übung <b>Sprache:</b> Deutsch <b>SWS:</b> 6 <b>ECTS/LP:</b> 9.0		

**Inhalte:**

Dieses Modul vertieft und setzt die Differential- und Integralrechnung mehrerer Veränderlicher mit globalen Anwendungen auf Mannigfaltigkeiten fort:

Maßtheorie

Lebesgue-Integration

Mannigfaltigkeiten

Differentialformen und Integralsätze

Voraussetzungen: Grundlagen der reellen eindimensionalen und mehrdimensionalen Analysis

**Literatur:**

Forster, O.: Analysis III, Springer, 2012.

Königsberger, K.: Analysis II. Springer-Verlag, 2009.

H. Bauer: Maß- und Integrationstheorie (de Gruyter, 1990)

K. Jänich: Vektoranalysis (Springer, 2005)

**Prüfung**

**Analysis III**

Modulprüfung, benotet

<b>Modul MTH-1240: Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen</b> <i>Numerical analysis of ordinary differential equations</i>		9 ECTS/LP
Version 1.0.0 (seit WS15/16) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Malte Peter		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> Verständnis der grundlegenden numerischen Verfahren zur Lösung gewöhnlicher Differentialgleichungen inkl. Kondition, Stabilität, Algorithmik und Konvergenzanalyse; integrierter Erwerb von Schlüsselqualifikationen: Die Studierenden lernen in Kleingruppe, Problemstellungen präzise zu definieren, numerische Lösungsstrategien zu entwickeln und deren Tauglichkeit abzuschätzen, dabei wird die soziale Kompetenz zur Zusammenarbeit im Team weiterentwickelt.		
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 270 Std. 2 Std. Übung (Präsenzstudium) 4 Std. Vorlesung (Präsenzstudium)		
<b>Voraussetzungen:</b> keine		
<b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Sommersemester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> 4. - 6.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 6	<b>Wiederholbarkeit:</b> beliebig	

<b>Modulteile</b>
<b>Modulteil: Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen</b> <b>Lehrformen:</b> Vorlesung + Übung <b>Sprache:</b> Deutsch <b>Arbeitsaufwand:</b> 2 Std. Übung (Präsenzstudium) 4 Std. Vorlesung (Präsenzstudium) <b>SWS:</b> 6 <b>ECTS/LP:</b> 9.0
<b>Inhalte:</b> Knappe Zusammenfassung der benötigten Resultate der Theorie gewöhnlicher Differentialgleichungen Kondition von Anfangswertproblemen, Fehleranalyse Rekursionsgleichungen Einschrittverfahren Schrittweitensteuerung Extrapolationsmethoden Mehrschrittverfahren Steife Differentialgleichungen  Empfohlene Voraussetzungen: Grundlagen der reellen eindimensionalen und mehrdimensionalen Analysis, Eigenschaften linearer Abbildungen zwischen endlichdimensionalen Vektorräumen, Matrizenkalkül inkl. Spektraleigenschaften, Programmierkenntnisse, grundlegende Kenntnisse der Numerik
<b>Literatur:</b> Deuffhard, P., Bornemann, F.: Numerische Mathematik II. Walter de Gruyter. Stoer, J., Bulirsch, R.: Numerische Mathematik II. Springer. Hairer, E., Wanner, G.: Solving Ordinary Differential Equations. Springer.
<b>Zugeordnete Lehrveranstaltungen:</b>

**Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen** (Vorlesung + Übung)

*\*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.\**

**Prüfung**

**Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen**

Modulprüfung, Portfolio, benotet

<b>Modul MTH-1110: Gewöhnliche Differentialgleichungen</b> <i>Ordinary differential equations</i>		9 ECTS/LP
Version 1.0.0 (seit WS15/16) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Tatjana Stykel		
<b>Inhalte:</b> Grundlegende Fragestellungen bei gewöhnlichen Differentialgleichungen inkl. Existenz und Eindeutigkeit, Darstellung und Regularität von Lösungen; elementare Lösungstechniken für spezielle Klassen von gewöhnlichen Differentialgleichungen; qualitative Analyse des Lösungsverhaltens und die Stabilitätstheorie		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> Verständnis der grundlegenden Fragestellungen bei gewöhnlichen Differentialgleichungen inkl. Existenz und Eindeutigkeit der Lösungen sowie qualitative Analyse des Lösungsverhaltens; Fachlich: Erlernen und Verständnis der grundlegenden mathematischen Konzepten, Aussagen und Methoden der Theorie gewöhnlicher Differentialgleichungen, Beherrschung verschiedener Lösungstechniken und Verfahren zur Untersuchung des qualitativen Verhaltens von Lösungen.  Methodisch: Erweiterung der Problemlösungskompetenz durch neue mathematische Strategien; Verbesserung der Fähigkeiten im Erfassen mathematischer Texte; Schärfung der Präzision in der fachsprachlichen Ausdrucksweise; Exemplarisches Erlernen einer logisch stringenten und syntaktisch korrekten Darstellung mathematischer Inhalte.  Sozial-personal: Verbesserung der innermathematischen Kommunikationsfähigkeit; Schulung des logischen und präzisen Denkens; Stärkung der Kooperations- und Teamfähigkeit; Erhöhung der Frustrationstoleranz und Ausdauer		
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 270 Std. 180 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes inkl. Prüfungsvorbereitung (Selbststudium) 90 Std. Teilnahme an Lehrveranstaltungen (Präsenzstudium)		
<b>Voraussetzungen:</b> Kenntnisse in Analysis I, II und Lineare Algebra I, II		
<b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Wintersemester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> 3. - 6.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 6	<b>Wiederholbarkeit:</b> beliebig	

<b>Modulteile</b>
<b>Modulteil: Gewöhnliche Differentialgleichungen</b> <b>Sprache:</b> Deutsch / Englisch <b>SWS:</b> 6 <b>ECTS/LP:</b> 9.0
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Lösungsverfahren für spezielle Klassen von gewöhnlichen Differentialgleichungen</li> <li>* Existenz und Eindeutigkeit von Lösungen</li> <li>* Stetige Abhängigkeit der Lösungen</li> <li>* Grundzüge der qualitativen Theorie, Stabilität</li> <li>* Randwertprobleme</li> </ul> Voraussetzungen: Kenntnisse in Analysis I, II und Lineare Algebra I, II

**Literatur:**

Aulbach: Gewöhnliche Differentialgleichungen. Spektrum, 2004.

Walter: Gewöhnliche Differentialgleichungen. Springer, 2000.

Heuser: Gewöhnliche Differentialgleichungen (Vieweg+Teubner, 2009)

**Prüfung**

**Gewöhnliche Differentialgleichungen**

Modulprüfung, Klausur, Dauer 120 Minuten, benotet

<b>Modul MTH-1150: Einführung in die Stochastik (Stochastik I)</b> <i>Probability I</i>		9 ECTS/LP
Version 3.0.0 (seit WS23/24) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Stefan Großkinsky		
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ereignissysteme, Sigma-Algebren,</li> <li>• Zufallsvariablen, Wahrscheinlichkeitsverteilungen,</li> <li>• Kenngrößen und Numerische Charakteristika von Zufallsvariablen,</li> <li>• Konvergenzarten von Zufallsgrößen,</li> <li>• Grenzwertsätze der Wahrscheinlichkeitsrechnung,</li> <li>• Beschreibende Statistik,</li> <li>• Parameterschätzungen, Konfidenzbereiche,</li> <li>• Hypothesentests, Tests in normalverteilten Grundgesamtheiten,</li> <li>• lineare Regression</li> </ul>		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> Fähigkeiten zur Übersetzung von stochastischen Problemstellungen in eine mathematische Sprache, Fähigkeiten zur Lösung von stochastischen Anwendungsproblemen in Naturwissenschaft, Technik und Wirtschaft, Kennenlernen der wichtigsten Verteilungen und deren Kenngrößen.  Beherrschung der grundlegenden Methoden des statistischen Schätzens und Testens, Erlernen aus Beobachtungen, Kenntnisse über eine unbekannte Verteilung zu erhalten, Erlernen statistische Tests auszuwählen, durchzuführen und zu interpretieren.		
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 270 Std. 2 Std. Übung (Präsenzstudium) 4 Std. Vorlesung (Präsenzstudium)		
<b>Voraussetzungen:</b> Grundlagen der reellen eindimensionalen und mehrdimensionalen Analysis, Eigenschaften linearer Abbildungen zwischen endlichdimensionalen Vektorräumen, Matrizenkalkül inkl. Spektraleigenschaften.  Modul Lineare Algebra I (MTH-1000) Modul Lineare Algebra II (MTH-1010) Modul Analysis I (MTH-1020) Modul Analysis II (MTH-1030)		
<b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Wintersemester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> 3. - 6.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 6	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	
<b>Modulteile</b>		
<b>Modulteil: Einführung in die Stochastik (Stochastik I)</b> <b>Lehrformen:</b> Vorlesung + Übung <b>Sprache:</b> Deutsch <b>SWS:</b> 6 <b>ECTS/LP:</b> 9.0		

**Lernziele:**

Fähigkeiten zur Übersetzung von stochastischen Problemstellungen in eine mathematische Sprache, Fähigkeiten zur Lösung von stochastischen Anwendungsproblemen in Naturwissenschaft, Technik und Wirtschaft, Kennenlernen der wichtigsten Verteilungen und deren Kenngrößen.

Beherrschung der grundlegenden Methoden des statistischen Schätzens und Testens, Erlernen aus Beobachtungen, Kenntnisse über eine unbekannte Verteilung zu erhalten, Erlernen statistische Tests auszuwählen, durchzuführen und zu interpretieren.

**Inhalte:**

- Ereignissysteme, Sigma-Algebren,
- Zufallsvariablen, Wahrscheinlichkeitsverteilungen,
- Kenngrößen und Numerische Charakteristika von Zufallsvariablen,
- Konvergenzarten von Zufallsgrößen,
- Grenzwertsätze der Wahrscheinlichkeitsrechnung,
- Beschreibende Statistik,
- Parameterschätzungen, Konfidenzbereiche,
- Hypothesentests, Tests in normalverteilten Grundgesamtheiten,
- lineare Regression

**Literatur:**

Wird in der Vorlesung bekannt gegeben

**Prüfung**

**Einführung in die Stochastik (Stochastik I)**

Klausur, benotet

<b>Modul MTH-1160: Statistik (Stochastik II)</b> (= Statistik (Stochastik II)) <i>Probability II</i>		9 ECTS/LP
Version 3.0.0 (seit SoSe24) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Stefan Großkinsky		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> Beherrschung fortgeschrittener Methoden und Inhalte der Wahrscheinlichkeitstheorie, Fähigkeiten zur Lösung von theoretischen Problemen und Anwendungsproblemen in der Baysschen und nicht-parametrischen Statistik		
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 270 Std. 2 Std. Übung (Präsenzstudium) 4 Std. Vorlesung (Präsenzstudium)		
<b>Voraussetzungen:</b> Analysis I Analysis II Lineare Algebra I Lineare Algebra II Einführung in die Stochastik (Stochastik I)		
<b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Sommersemester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> 4. - 6.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 6	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	
<b>Modulteile</b>		
<b>Modulteil: Einführung in die mathematische Statistik (Stochastik II)</b> <b>Dozenten:</b> Prof. Dr. Markus Heydenreich <b>Sprache:</b> Deutsch <b>SWS:</b> 6 <b>ECTS/LP:</b> 9.0		
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Maßtheorie, Integrationssätze, <math>L^p</math> Räume</li> <li>- Fast sichere Konvergenz, starkes GGZ</li> <li>- charakteristische Funktionen, mehrdimensionale Gaußverteilung, Erweiterungen des ZGS</li> <li>- Bedingte Erwartungen, Satz von Radon-Nikodym</li> <li>- Bayes Statistik, nicht-parametrische Statistik, empirische Verteilungen</li> <li>- Grundlagen der Ergodentheorie</li> <li>- Brownsche Bewegung</li> </ul>		
<b>Zugeordnete Lehrveranstaltungen:</b> <b>Statistik (Stochastik II)</b> (Vorlesung + Übung) <i>*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.*</i> Beherrschung der grundlegenden Methoden des statistischen Schätzens und Testens, Erlernen aus Beobachtungen, Kenntnisse über eine unbekannte Verteilung zu erhalten, Erlernen statistische Tests auszuwählen, durchzuführen und zu interpretieren		
<b>Prüfung</b> <b>Einführung in die mathematische Statistik (Stochastik II)</b> Klausur, benotet		

<b>Modul MTH-1100: Funktionalanalysis</b> <i>Funktionalanalysis</i>		9 ECTS/LP
Version 1.0.0 (seit WS15/16) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Bernd Schmidt		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> Die Student(inn)en haben sich die funktionalanalytischen Grundlagen für viele vertiefte Analysismodule erarbeitet. Sie sind in der Lage, in abstrakten Problemen allgemeine Strukturen zu erkennen und zu analysieren.		
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 270 Std. 4 Std. Vorlesung (Präsenzstudium) 2 Std. Übung (Präsenzstudium)		
<b>Voraussetzungen:</b> keine		
<b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Sommersemester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> 3. - 6.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 6	<b>Wiederholbarkeit:</b> beliebig	

<b>Modulteile</b>
<b>Modulteil: Funktionalanalysis</b> <b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übung <b>Sprache:</b> Deutsch <b>Arbeitsaufwand:</b> 4 Std. Vorlesung (Präsenzstudium) 2 Std. Übung (Präsenzstudium) <b>SWS:</b> 6 <b>ECTS/LP:</b> 9.0
<b>Inhalte:</b> Normierte Vektorräume und Banachräume Funktionale lineare Operatoren und Grundprinzipien der Funktionalanalysis Voraussetzungen: Solide Grundkenntnisse in Analysis und Linearer Algebra
<b>Zugeordnete Lehrveranstaltungen:</b> <b>Funktionalanalysis</b> (Vorlesung) <i>*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.*</i>
<b>Prüfung</b> <b>Funktionalanalysis</b> Portfolioprüfung, benotet

<b>Modul MTH-1050: Einführung in die Algebra</b> <i>Introduction to algebra</i>		9 ECTS/LP
Version 1.0.0 (seit WS19/20) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Marc Nieper-Wißkirchen		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> Die Studenten verstehen Fragen über prinzipielle Lösbarkeit von Polynomgleichungen und ihre Anwendungen und können diese beantworten. Die Studenten haben Kenntnisse der Geschichte und Entwicklung der Mathematik im Rahmen der Galoisschen Theorie erlangt.		
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 270 Std. 4 Std. Vorlesung (Präsenzstudium) 2 Std. Übung (Präsenzstudium)		
<b>Voraussetzungen:</b> Keine inhaltlichen Voraussetzungen abgesehen vom Abitur-Wissen.		
<b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Wintersemester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> 1. - 5.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 6	<b>Wiederholbarkeit:</b> beliebig	

<b>Modulteile</b>
<p><b>Modulteil: Einführung in die Algebra</b>  <b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übung  <b>Sprache:</b> Deutsch  <b>Arbeitsaufwand:</b>              4 Std. Vorlesung (Präsenzstudium)  <b>SWS:</b> 6  <b>ECTS/LP:</b> 9.0</p>
<p><b>Inhalte:</b>          Die Einführung in die Algebra beginnt mit einer leicht verständlichen Einführung in die Galoissche Theorie der Symmetrien der Lösungen einer Polynomgleichung. Anhand dieses konkreten Zuganges werden Begriffe aus der Gruppen-, Ring- und Körpertheorie motiviert und eingeführt. Am Ende werden Ausblicke auf den moderneren abstrakten Zugang und Verallgemeinerungen gegeben. Themen sind:          Zahlbereiche          Polynome          Symmetrien          Galoissche Theorie          Konstruktionen mit Zirkel und Lineal          Auflösbarkeit von Gleichungen          Es werden die Grundlagen für alle weiterführenden Module in Algebra, Zahlentheorie und Arithmetischer und Algebraischer Geometrie gelegt. Außerdem ist die Algebra eine sinnvolle Grundlage für Module in Komplexer Geometrie und Algebraischer Topologie.          Voraussetzungen: Keine inhaltlichen Voraussetzungen abgesehen vom Abitur-Wissen.</p>
<p><b>Literatur:</b>          Serge Lang: Algebra. Springer-Verlag.          H. Edwards: Galois Theory. Springer-Verlag.          I. Stewart: Galois Theory. Chapman Hall/CRC.          Marc Nieper-Wißkirchen: Galoissche Theorie.</p>

**Prüfung**

**Einführung in die Algebra**

Mündliche Prüfung / Prüfungsdauer: 20 Minuten

Bearbeitungsfrist: 15 keine Einheit gewählt, benotet

<b>Modul MTH-1070: Einführung in die Geometrie</b> <i>Introduction to Geometry</i>		9 ECTS/LP
Version 1.0.0 (seit WS15/16) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Bernhard Hanke		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> Befähigung zum weiterführenden Studium geometrischer und topologischer Themen im Rahmen der Bachelor- und Masterausbildung.		
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 270 Std. 2 Std. Übung (Präsenzstudium) 4 Std. Vorlesung (Präsenzstudium)		
<b>Voraussetzungen:</b> keine		
<b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Sommersemester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> 3. - 6.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 6	<b>Wiederholbarkeit:</b> beliebig	

<b>Modulteile</b>
<p><b>Modulteil: Einführung in die Geometrie</b></p> <p><b>Sprache:</b> Deutsch</p> <p><b>Arbeitsaufwand:</b> 2 Std. Übung (Präsenzstudium) 4 Std. Vorlesung (Präsenzstudium)</p> <p><b>SWS:</b> 6 <b>ECTS/LP:</b> 9.0</p>
<p><b>Inhalte:</b></p> <p>Einführung in Konzepte der Differentialtopologie:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Glatte Mannigfaltigkeiten</li> <li>Tangentialraum</li> <li>Reguläre Werte</li> <li>Vektorfelder</li> <li>Differentialformen und der Satz von Stokes</li> <li>---</li> </ul> <p>Weitere mögliche Inhalte:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Theorie der eingebetteten Flächen</li> <li>Gaußkrümmung</li> <li>Theorema Egregium</li> <li>---</li> </ul> <p>Voraussetzungen: Solide Grundkenntnisse in Analysis und Linearer Algebra</p>
<p><b>Zugeordnete Lehrveranstaltungen:</b></p> <p><b>Einführung in die Geometrie</b> (Vorlesung + Übung) <i>*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.*</i></p> <p><b>Übung zur Einführung in die Geometrie</b> (Übung)</p>

*\*Veranstaltung wird online/digital abgehalten.\**

**Übung zur Einführung in die Geometrie (Übung)**

*\*Veranstaltung wird online/digital abgehalten.\**

**Prüfung**

**Einführung in die Geometrie**

Modulprüfung, benotet

<b>Modul MTH-1220: Topologie (= Topologie)</b> <i>Topology</i>		9 ECTS/LP
Version 1.0.0 (seit WS15/16) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Bernhard Hanke		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> Befähigung zum weiterführenden Studium geometrischer und topologischer Themen im Rahmen der Bachelor- und Masterausbildung.		
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 270 Std. 4 Std. Vorlesung (Präsenzstudium) 2 Std. Übung (Präsenzstudium)		
<b>Voraussetzungen:</b> keine		
<b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Wintersemester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> 3. - 6.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 6	<b>Wiederholbarkeit:</b> beliebig	

<b>Moduleile</b>
<p><b>Modulteil: Topologie</b></p> <p><b>Sprache:</b> Deutsch</p> <p><b>Arbeitsaufwand:</b> 4 Std. Vorlesung (Präsenzstudium) 2 Std. Übung (Präsenzstudium)</p> <p><b>SWS:</b> 6 <b>ECTS/LP:</b> 9.0</p>
<p><b>Inhalte:</b></p> <p>Grundlagen der mengentheoretischen Topologie:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Metrische und topologische Räume</li> <li>Konvergenz</li> <li>Kompaktheit</li> <li>Existenz reeller Funktionen</li> <li>Simplizialkomplexe</li> <li>Homotopie</li> <li>-----</li> </ul> <p>Topologische Invarianten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Fundamentalgruppe</li> <li>Überlagerungstheorie</li> <li>Anwendungen</li> <li>-----</li> </ul> <p>Voraussetzungen: Solide Grundkenntnisse in Analysis und Linearer Algebra</p>

**Prüfung**

**Topologie**

Modulprüfung, benotet

<b>Modul MTH-1080: Funktionentheorie</b> <i>Complex Analysis</i>		9 ECTS/LP
Version 1.0.0 (seit WS15/16) Modulverantwortliche/r: Dr. Peter Quast		
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Komplexe Zahlen</li> <li>• Holomorphe Funktionen</li> <li>• Cauchyscher Integralsatz und seine Folgerungen</li> <li>• isolierte Singularitäten</li> <li>• Residuensatz und Residuenkalkül mit Anwendung auf reelle Integrale</li> <li>• Riemannsche Zahlenkugel und ihre Automorphismen</li> <li>• Automorphismen der Einheitskreisscheibe und konforme Abbildungen</li> <li>• Riemannscher Abbildungssatz</li> <li>• Kleiner Satz von Picard</li> <li>• Elliptische Funktionen</li> <li>• Einführung in Riemannsche Flächen</li> </ul>		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> <b>Fachlich:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erlernen und Erkennen neuer, sich aus den Inhalten der Lehrveranstaltung ergebender, mathematischer Konzepte, Strukturen, Techniken, Verfahren und Theorien.</li> <li>• Fähigkeit zur Anwendung dieser Erkenntnisse beim selbstständigen Lösen von Problemen.</li> </ul> <b>Methodisch:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erweiterung der Problemlösungskompetenz durch neue mathematische Strategien.</li> <li>• Verbesserung der Fähigkeiten im Erfassen mathematischer Texte.</li> <li>• Schärfung der Präzision in der fachsprachlichen Ausdrucksweise.</li> <li>• Exemplarisches Erlernen einer logisch stringenten und syntaktisch korrekten Darstellung mathematischer Inhalte.</li> </ul> <b>Sozial-personal:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verbesserung der innermathematischen Kommunikationsfähigkeit.</li> <li>• Schulung des logischen und präzisen Denkens.</li> <li>• Stärkung der Kooperations- und Teamfähigkeit.</li> </ul>		
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 270 Std. 90 Std. Teilnahme an Lehrveranstaltungen (Präsenzstudium) 180 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes inkl. Prüfungsvorbereitung (Selbststudium)		
<b>Voraussetzungen:</b> keine		
<b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Sommersemester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> ab dem 3.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 6	<b>Wiederholbarkeit:</b> beliebig	
<b>Modulteile</b>		
<b>Modulteil: Funktionentheorie</b> <b>Sprache:</b> Deutsch <b>SWS:</b> 6 <b>ECTS/LP:</b> 9.0		

**Literatur:**

Jähnich, K.: Funktionentheorie.

**Zugeordnete Lehrveranstaltungen:**

**Funktionentheorie** (Vorlesung + Übung)

*\*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.\**

**Prüfung**

**Funktionentheorie**

Klausur, Klausur von 120 Minuten, benotet

<b>Modul MTH-1140: Einführung in die Optimierung (Optimierung I)</b> <i>Introduction to Optimization</i>		9 ECTS/LP
Version 1.1.0 (seit WS15/16) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Mirjam Dür		
<b>Inhalte:</b> In dieser Vorlesung wird eine allgemeine Einführung in die Optimierung gegeben und speziell werden die folgenden fundamentalen Methoden der linearen Optimierung behandelt:		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trennungssätze</li> <li>• Simplex-Verfahren</li> <li>• Polyedertheorie</li> <li>• Dualitätstheorie</li> <li>• Parametrische Optimierung</li> <li>• Ellipsoid Methode</li> </ul>		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> Die Studierenden sollen lernen, wie reale Optimierungsprobleme mathematisch modelliert und beschrieben werden können. Gleichzeitig soll das Verständnis für die auftretenden Zulässigkeitsbereiche in der linearen Optimierung (Polyeder) geweckt werden.		
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 270 Std. 2 Std. Übung (Präsenzstudium) 4 Std. Vorlesung (Präsenzstudium)		
<b>Voraussetzungen:</b> Grundvorlesungen zur Analysis und Lineare Algebra		<b>ECTS/LP-Bedingungen:</b> Die Module MTH-1140 und MTH-1148 unterscheiden sich bei den ECTS/LP-Punkten, sind aber inhaltlich nahezu identisch. Daher dürfen Studierendene nur eines dieser beiden Module einbringen.
<b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Sommersemester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> 3. - 6.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 6	<b>Wiederholbarkeit:</b> beliebig	

<b>Modulteile</b>
<b>Modulteil: Einführung in die Optimierung (Optimierung I)</b> <b>Lehrformen:</b> Vorlesung <b>Sprache:</b> Deutsch <b>Arbeitsaufwand:</b> 4 Std. Vorlesung (Präsenzstudium) <b>SWS:</b> 4 <b>ECTS/LP:</b> 9.0
<b>Zugeordnete Lehrveranstaltungen:</b> <b>Einführung in die Optimierung - Optimierung I (Vorlesung + Übung)</b> <i>*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.*</i> Diese Vorlesung eröffnet einen zweisemestrigen Bachelor-Zyklus zu grundlegenden Themenbereichen aus der mathematischen Optimierung und aus der Diskreten Mathematik. Prinzipiell geht es darum, eine reellwertige Zielfunktion unter Einhaltung vorgegebener Nebenbedingungen, die die Variablen erfüllen müssen,

zu maximieren oder zu minimieren. Je nach Art der Zielfunktion und des durch die Nebenbedingungen definierten Zulässigkeitsbereiches unterscheidet man in lineare, in nichtlineare, in kombinatorische oder in ganzzahlige Optimierung. In dem im Sommersemester zu behandelnden ersten Teil werden wir uns hauptsächlich mit der Linearen Optimierung beschäftigen: Die Zielfunktion ist eine lineare Abbildung und der Zulässigkeitsbereich ist ein Polyeder, also der Durchschnitt von endlich vielen Halbräumen. Neben der Strukturtheorie von Polyedern und der Dualitätstheorie linearer Programme bildet die algorithmische Behandlung des Linearen Optimierungsproblems, konkret der Simplexalgorithmus ein ze... (weiter siehe Digicampus)

**Prüfung**

**Einführung in die Optimierung (Optimierung I)**

Klausur / Prüfungsdauer: 90 Minuten, benotet

**Prüfungshäufigkeit:**

wenn LV angeboten

**Modulteile**

**Modulteil: Einführung in die Optimierung (Optimierung I) (Übung)**

**Lehrformen:** Übung

**Sprache:** Deutsch

**SWS:** 2

**Inhalte:**

Übungen vertiefen und ergänzen den Vorlesungsstoff; die Teilnahme wird unbedingt empfohlen.

**Zugeordnete Lehrveranstaltungen:**

**Einführung in die Optimierung - Optimierung I (Vorlesung + Übung)**

*\*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.\**

Diese Vorlesung eröffnet einen zweisemestrigen Bachelor-Zyklus zu grundlegenden Themenbereichen aus der mathematischen Optimierung und aus der Diskreten Mathematik. Prinzipiell geht es darum, eine reellwertige Zielfunktion unter Einhaltung vorgegebener Nebenbedingungen, die die Variablen erfüllen müssen, zu maximieren oder zu minimieren. Je nach Art der Zielfunktion und des durch die Nebenbedingungen definierten Zulässigkeitsbereiches unterscheidet man in lineare, in nichtlineare, in kombinatorische oder in ganzzahlige Optimierung. In dem im Sommersemester zu behandelnden ersten Teil werden wir uns hauptsächlich mit der Linearen Optimierung beschäftigen: Die Zielfunktion ist eine lineare Abbildung und der Zulässigkeitsbereich ist ein Polyeder, also der Durchschnitt von endlich vielen Halbräumen. Neben der Strukturtheorie von Polyedern und der Dualitätstheorie linearer Programme bildet die algorithmische Behandlung des Linearen Optimierungsproblems, konkret der Simplexalgorithmus ein ze... (weiter siehe Digicampus)

<b>Modul MTH-1200: Nichtlineare und kombinatorische Optimierung (Optimierung II)</b> <i>Introduction to Nonlinear and Combinatorial Optimization</i>		9 ECTS/LP
Version 1.3.0 (seit WS15/16) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Mirjam Dür		
<b>Inhalte:</b> In dieser Vorlesung wird zunächst die Theorie der nichtlinearen Optimierung behandelt. Anschließend wird eine Einführung in die diskrete Optimierung insbesondere in die Netzwerkoptimierung gegeben.		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> Die Studenten sollen lernen, wie man mit realen und mathematischen Optimierungsfragestellungen umgeht, wenn allgemeinere Voraussetzungen, wie z.B. Nichtlinearität der Modellierung oder Ganzzahligkeit der Variablen vorliegen.		
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 270 Std. 2 Std. Übung (Präsenzstudium) 4 Std. Vorlesung (Präsenzstudium)		
<b>Voraussetzungen:</b> Grundvorlesungen zur Analysis und Lineare Algebra, Einführung in die Optimierung (Optimierung I)		<b>ECTS/LP-Bedingungen:</b> Die Module MTH-1200 und MTH 1208 unterscheiden sich bei den ECTS/LP-Punkten, sind aber inhaltlich nahezu identisch. Daher dürfen Studierende nur eines dieser beiden Module einbringen.
<b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Wintersemester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> 4. - 6.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 6	<b>Wiederholbarkeit:</b> beliebig	
<b>Modulteile</b>		
<b>Modulteil: Grundlagen der nichtlinearen und der kombinatorischen Optimierung (Optimierung II)</b> <b>Lehrformen:</b> Vorlesung <b>Sprache:</b> Deutsch <b>Arbeitsaufwand:</b> 2 Std. Übung (Präsenzstudium) 4 Std. Vorlesung (Präsenzstudium) <b>SWS:</b> 4 <b>ECTS/LP:</b> 9.0		

**Inhalte:**

Nichtlineare Optimierung:

- Tangentialkegel, Linearisierender Kegel
- Fritz-John und KKT PUnkte
- Sensitivitätsanalyse
- Dualitätstheorie
- Numerische Methoden

Diskrete Optimierung:

- Graphen, Wege, Kreise
- Kürzeste Wege
- Bäume
- Flüsse

**Prüfung**

**Grundlagen der nichtlinearen und der kombinatorischen Optimierung (Optimierung II)**

Klausur / Prüfungsdauer: 180 Minuten, benotet

**Prüfungshäufigkeit:**

wenn LV angeboten

**Modulteile**

**Modulteil: Nichtlineare und kombinatorische Optimierung (Optimierung II) (Übung)**

**Sprache:** Deutsch

**SWS:** 2

**Inhalte:**

Übungen vertiefen und ergänzen den Vorlesungsstoff; die Teilnahme wird unbedingt empfohlen.

<b>Modul MTH-1560: Stochastische Differentialgleichungen</b> <i>Stochastic Differential Equations</i>		9 ECTS/LP
Version 1.0.0 (seit WS15/16) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Dirk Blömker		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> Die Studierenden kennen die grundlegenden Begriffe, Konzepte und Phänomene der stochastischen Analysis insbesondere der stochastischen Differentialgleichungen. Befähigung zum selbständigen Erarbeiten fortführender Literatur für Anwendungen im Bereich Finanzmathematik und stochastischer Dynamik, Kompetenzen in der selbständigen Bearbeitung von Problemstellungen, Fertigkeiten zur Formulierung und Bearbeitung von theoretischen Fragestellungen mithilfe der erlernten Methoden Integrierter Erwerb von Schlüsselqualifikationen: Eigenständiges Arbeiten mit (englischsprachiger) wissenschaftlicher Literatur, wissenschaftliches Denken, vertiefte Kompetenzen in der selbständigen Bearbeitung von Problemstellungen, Fertigkeiten zur Formulierung und Bearbeitung von theoretischen Fragestellungen.		
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 270 Std. 2 Std. Übung (Präsenzstudium) 4 Std. Vorlesung (Präsenzstudium)		
<b>Voraussetzungen:</b> keine		
<b>Angebotshäufigkeit:</b> alle 4 Semester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> 1. - 6.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 6	<b>Wiederholbarkeit:</b> beliebig	

<b>Moduleile</b>
<b>Moduleil: Stochastische Differentialgleichungen</b> <b>Lehrformen:</b> Vorlesung <b>Dozenten:</b> Prof. Dr. Dirk Blömker <b>Sprache:</b> Deutsch / Englisch <b>Arbeitsaufwand:</b> 2 Std. Übung (Präsenzstudium) 4 Std. Vorlesung (Präsenzstudium) <b>SWS:</b> 6 <b>ECTS/LP:</b> 9.0

**Inhalte:**

Dieses Modul führt in die Theorie der stochastischen Differentialgleichungen ein.

Ito-Formel

Ito-Isometrie

Ito-Integral

Martingale

Brownsche Bewegung

Existenz-und Eindeigkeitssatz

Diffusionsprozesse

partielle Differentialgleichungen

Black-Scholes Formel

Optionspreisbewertung

Voraussetzungen: Notwendig ist ein gutes Grundwissen in der Wahrscheinlichkeitstheorie und der Analysis.

Hilfreich, aber nicht zwingend notwendig, sind Vorkenntnisse in gewöhnlichen Differentialgleichungen und stochastischen Prozessen.

**Literatur:**

Oksendal: Stochastic Differential Equations. Springer.

Karatzas Shreve: Brownian Motion and Stochastic Calculus. Springer.

Evans: An Introduction to Stochastic Differential Equations.

Steele: Stochastic Calculus and Financial Applications. Springer.

**Zugeordnete Lehrveranstaltungen:**

**stochastic differential equations** (Vorlesung)

*\*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.\**

**Prüfung**

**Stochastische Differentialgleichungen**

Mündliche Prüfung / Prüfungsdauer: 30 Minuten, benotet

<b>Modul MTH-1550: Nichtlineare partielle Differentialgleichungen</b> <i>Nichtlineare partielle Differentialgleichungen</i>		9 ECTS/LP
Version 1.0.0 (seit WS15/16) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Bernd Schmidt		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> Die Student(inn)en kennen moderne Zugänge zu ausgewählten Beispielklassen in der Theorie der partiellen Differentialgleichungen. Sie sind in der Lage, aufbauend auf den Inhalten der Vorlesung Forschungsliteratur in diesen Gebieten zu lesen und sich selbstständig in weiterführende Aspekte einzuarbeiten.		
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 270 Std. 4 Std. Vorlesung (Präsenzstudium) 2 Std. Übung (Präsenzstudium)		
<b>Voraussetzungen:</b> keine		
<b>Angebotshäufigkeit:</b>	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> 1. - 4.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 6	<b>Wiederholbarkeit:</b> beliebig	

<b>Modulteile</b>
<b>Modulteil: Nichtlineare Partielle Differentialgleichungen</b> <b>Sprache:</b> Deutsch <b>Angebotshäufigkeit:</b> unregelmäßig <b>Arbeitsaufwand:</b> 4 Std. Vorlesung (Präsenzstudium) 2 Std. Übung (Präsenzstudium) <b>SWS:</b> 6 <b>ECTS/LP:</b> 9.0
<b>Inhalte:</b> Ausgewählte Aspekte der Theorie der Nichtlinearen Partiellen Differentialgleichungen  Voraussetzungen: Solide Kenntnisse der mehrdimensionalen Differential- und Integralrechnung, Funktionalanalysis sowie der schwachen Lösungstheorie linearer elliptischer Gleichungen.
<b>Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Gilbarg, D., Trudinger, N.S.: Elliptic Partial Differential Equations of Second Order (Springer, 1977)</li> <li>* Giusti, E.: Direct Methods in the Calculus of Variations (World Scientific Publishing, 2003)</li> <li>* Giaquinta, M., Martinazzi, L.: An Introduction to the Regularity Theory for Elliptic Systems, Harmonic Maps and Minimal Graphs (Edizioni della Normale, 2012,</li> <li>* Evans, L.C.: Partial Differential Equations (AMS, 1998),</li> <li>* Renardy, M., Rogers, R.C.: An Introduction to Partial Differential Equations (Springer, 1993),</li> <li>* Schweizer, B.: Partielle Differentialgleichungen (Springer, 2013)</li> </ul>
<b>Zugeordnete Lehrveranstaltungen:</b> <b>Nichtlineare partielle Differentialgleichungen</b> (Vorlesung + Übung) <i>*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.*</i> Wir beschäftigen uns mit der Theorie nichtlinearer elliptischer und parabolischer Differentialgleichungen. Aufbauend auf der Theorie von schwachen Lösungen lernen wir Fixpunktverfahren kennen, die die Existenz von

Lösungen auch im nichtlinearen Fall sicherstellen. Weiterhin betrachten wir Eigenschaften der Lösungen wie z.B. Regularität oder Langzeitverhalten

**Prüfung**

**Nichtlineare Partielle Differentialgleichungen**

Portfolioprüfung, benotet

<b>Modul MTH-2290: Theorie partieller Differentialgleichungen (= Theorie partieller Differentialgleichungen)</b> <i>Theorie partieller Differentialgleichungen</i>		9 ECTS/LP
Version 1.0.0 (seit WS15/16) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Bernd Schmidt		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> Die Student(inn)en kennen klassische Herangehensweisen sowie moderne Zugänge zur Theorie der partiellen DGL. Sie sind in der Lage, theoretische Modelle naturwissenschaftlicher Probleme in einfachen Fällen selbst zu formulieren, solche Modelle aber auch in komplexen Situationen zu verstehen und problemorientiert zu analysieren.		
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 270 Std.		
<b>Voraussetzungen:</b> keine		
<b>Angebotshäufigkeit:</b>	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> 4. - 6.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 6	<b>Wiederholbarkeit:</b> beliebig	
<b>Modulteile</b>		
<b>Modulteil: Theorie partieller Differentialgleichungen</b> <b>Lehrformen:</b> Vorlesung + Übung <b>Sprache:</b> Deutsch <b>Angebotshäufigkeit:</b> alle 4 Semester <b>SWS:</b> 6 <b>ECTS/LP:</b> 9.0		
<b>Inhalte:</b> Allgemeines Dieses Modul führt in die klassische moderne Aspekte der Theorie der partiellen DGL ein. Inhaltsübersicht als Auflistung * elementare Lösungsmethoden * lokale Existenztheorie * Sobolev-Räume * elliptische Gleichungen zweiter Ordnung Voraussetzungen: Solide Kenntnisse Analysis I, II und III; nicht zwingend, aber von Vorteil: Funktionalanalysis		
<b>Literatur:</b> Evans, L.C., Partial Differential Equations, Providence, 1998. Folland, G.B., Introduction to Partial Differential Equations, Princeton, 1995		
<b>Prüfung</b> <b>Theorie partieller Differentialgleichungen</b> Portfolioprüfung, benotet		

<b>Modul GEO-1801: Vorlesung Physische Geographie 1</b> <i>Lecture Physical Geography 1</i>		5 ECTS/LP
Version 1.0.0 (seit SoSe23) Modulverantwortliche/r: apl. Prof. Andreas Philipp		
<b>Inhalte:</b> Gegenstand der Vorlesung sind die Grundlagen der physisch-geographischen Teilgebiete Klimatologie, Hydrogeographie und Geomorphologie.		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> Fachlich: Nach Abschluss dieses Moduls haben die Studierenden einen Überblick über die ersten drei Teilgebiete der Physischen Geographie und kennen die grundlegenden Begriffe, Konzepte, Modelle und Methoden der Klimatologie, Hydrogeographie Geomorphologie. Sie besitzen erweitertes Fachwissen in einem dieser Teilbereiche und können dieses Fachwissen schriftlich kommunizieren. Sie sind in der Lage, charakteristische Fragestellungen der Physischen Geographie mit dem korrekten Fachvokabular zu bearbeiten und die Lösungsansätze für Probleme aus diesen Themenbereichen in einzelnen Fällen zu erläutern. Die Studierenden verfügen über grundlegende Kenntnisse in den oben genannten Teilbereichen. Sie sind in der Lage, fachbezogene Lernprozesse theoretisch zu begründen. Methodisch: Die Studierenden lernen, auch längere Instruktionenphasen konzentriert zu verfolgen und eigenständige Mitschriften anzufertigen. Sie können mit fachwissenschaftlicher Grundlagenliteratur selbständig umgehen und wissen diese im Rahmen der Vor- bzw. Nachbereitung von Lehrveranstaltungen erfolgreich zu nutzen. Sozial/personal: Die Studierenden lernen grundlegende Formen wissenschaftlicher Kommunikation kennen. Sie erfassen die Differenz ihrer alltagsweltlichen Vorerfahrung und wissenschaftlichem Arbeiten. Fachliche Neugier wird geweckt, eigene wissenschaftliche Positionen können begründet werden.		
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 150 Std. 30 Std. Prüfungsvorbereitung (Selbststudium) 60 Std. Teilnahme an Lehrveranstaltungen (Präsenzstudium) 60 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes durch Literatur (Selbststudium)		
<b>Voraussetzungen:</b> keine		<b>ECTS/LP-Bedingungen:</b> Bestehen der Modulprüfung
<b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Wintersemester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b>	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 4	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	
<b>Modulteile</b>		
<b>Modulteil: Vorlesung PG 1 GEO-1801</b> <b>Lehrformen:</b> Vorlesung <b>Sprache:</b> Deutsch / Englisch <b>SWS:</b> 4 <b>ECTS/LP:</b> 5.0		

**Prüfung**

**GEO-1801 Vorlesung Physische Geographie 1**

Klausur / Prüfungsdauer: 90 Minuten, benotet

**Prüfungshäufigkeit:**

jedes Semester

<b>Modul GEO-1805: Vorlesung Humangeographie 1</b> <i>Lecture Humangeography 1</i>		5 ECTS/LP
Version 1.5.0 (seit SoSe23) Modulverantwortliche/r: Dr. Andreas Benz		
<p><b>Inhalte:</b></p> <p>Stadtgeographie: Stadtgeographie und ihr Forschungsfeld, Geschichte der Stadt und Stadtplanung, globale Verstädterung, Modelle und Leitbilder der Stadtentwicklung, die kapitalistische und die sozialistische Stadt, Stadt und Globalisierung, urbane Ungleichheit und Informalität, urbane Konflikte und Sicherheit, urbane Ökologie und Gesundheit, urbane Infrastruktur und Digitalisierung, Städtisches Regieren, Gentrifizierung und Recht auf Stadt, die klimagerechte Stadt.</p> <p>Wirtschaftsgeographie: Zentrale Fragestellungen, theoretische Grundkonzeptionen, Modelle sowie forschungs- und anwendungsseitige Bezüge; regionale Wachstums- und Entwicklungstheorien, Disparitäten, globale Wertschöpfungsketten, Kritikalitätsbetrachtung von Ressourcenkreisläufen, Einzelhandelsentwicklung und Konsumforschung, praktische Anwendungsbezüge zu Standort- und Wirtschaftspolitik sowie Wirtschaftsförderung.</p>		
<p><b>Lernziele/Kompetenzen:</b></p> <p>Fachlich:</p> <p>Nach Abschluss dieses Moduls haben die Studierenden strukturierte Kenntnisse über zentrale Themengebiete und Fragestellungen, Konzepte, Modelle und Methoden der Stadt- und Wirtschaftsgeographie. Sie verfügen über Kenntnisse und Verständnis in diesen Teilbereichen und können dieses Wissen anwenden, Inhalte vergleichen, Sachverhalte umschreiben, gegenüberstellen und erklären. Sie sind in der Lage, klassische Fragestellungen aus Teilgebieten der Humangeographie mit dem korrekten Fachvokabular zu klassifizieren, zu analysieren und Lösungsansätze für Probleme aus diesen Themenbereichen in einzelnen Fällen zu schlussfolgern.</p> <p><b>Schlüsselqualifikationen:</b> Fertigkeit zur verständlichen Darstellung und Dokumentation von Fachinhalten.</p> <p>Die Studierenden verfügen über grundlegende Kenntnisse in den oben genannten Teilbereichen. Die Studierenden begreifen geographische Prozesse als komplexes Zusammenwirken fachlicher Faktoren.</p> <p>Methodisch:</p> <p>Die Studierenden lernen, auch längere Instruktionsphasen konzentriert zu verfolgen und eigenständige Mitschriften anzufertigen. Sie können mit fachwissenschaftlicher Grundlagenliteratur selbständig umgehen und wissen diese im Rahmen der Vor- bzw. Nachbereitung von Lehrveranstaltungen erfolgreich zu nutzen.</p> <p>Sozial/personal:</p> <p>Die Studierenden lernen grundlegende Formen wissenschaftlicher Kommunikation kennen. Sie erfassen die Differenz ihrer alltagsweltlichen Vorerfahrung und wissenschaftlichem Arbeiten. Fachliche Neugier wird geweckt, wissenschaftliche Positionen können eingeordnet werden.</p>		
<p><b>Arbeitsaufwand:</b></p> <p>Gesamt: 150 Std.</p> <p>30 Std. Prüfungsvorbereitung (Selbststudium)</p> <p>60 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes durch Literatur (Selbststudium)</p> <p>60 Std. Teilnahme an Lehrveranstaltungen (Präsenzstudium)</p>		
<b>Voraussetzungen:</b> keine		<b>ECTS/LP-Bedingungen:</b> Bestehen der Modulprüfung
<b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Wintersemester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b>	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 4	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	

**Modulteile**

**Modulteil: Vorlesung HG 1 GEO-1805**

**Lehrformen:** Vorlesung

**Sprache:** Deutsch / Englisch

**SWS:** 4

**ECTS/LP:** 5.0

**Literatur:**

- Gebhardt H., Glaser R., Radtke U., Reuber P., Vött A. (Hg.)(2019): Geographie: Physische Geographie und Humangeographie. 3. Aufl. Heidelberg.

**Prüfung**

**GEO-1805 Vorlesung Humangeographie 1**

Klausur / Prüfungsdauer: 90 Minuten, benotet

**Prüfungshäufigkeit:**

jedes Semester

<b>Modul GEO-1803: Vorlesung Physische Geographie 2</b> <i>Lecture Physical Geography 2</i>		5 ECTS/LP
Version 1.0.0 (seit SoSe23) Modulverantwortliche/r: MSc. Annette Straub		
<b>Inhalte:</b> Gegenstand der Vorlesung sind die Grundlagen der physisch-geographischen Teilgebiete Biogeographie, Bodenkunde und Ökozonen.		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> Fachlich: Nach Abschluss dieses Moduls haben die Studierenden einen Überblick über die zweiten drei Teilgebiete der Physischen Geographie und kennen die grundlegenden Begriffe, Konzepte, Modelle und Methoden der Bodenkunde, Biogeographie sowie der Geoökologischen Zonen der Erde. Sie besitzen erweitertes Fachwissen in einem dieser Teilbereiche und können dieses Fachwissen schriftlich kommunizieren. Sie sind in der Lage, charakteristische Fragestellungen der Physischen Geographie mit dem korrekten Fachvokabular zu bearbeiten und die Lösungsansätze für Probleme aus diesen Themenbereichen in einzelnen Fällen zu erläutern. Die Studierenden verfügen über grundlegende Kenntnisse in den oben genannten Teilbereichen. Die Studierenden begreifen die Physische Geographie als komplexes Zusammenwirken fachlicher Faktoren. Methodisch: Die Studierenden lernen, auch längere Instruktionsphasen konzentriert zu verfolgen und eigenständige Mitschriften anzufertigen. Sie können mit fachwissenschaftlicher Grundlagenliteratur selbständig umgehen und wissen diese im Rahmen der Vor- bzw. Nachbereitung von Lehrveranstaltungen erfolgreich zu nutzen. Sozial/personal: Die Studierenden lernen grundlegende Formen wissenschaftlicher Kommunikation kennen. Sie erfassen die Differenz ihrer alltagsweltlichen Vorerfahrung und wissenschaftlichem Arbeiten. Fachliche Neugier wird geweckt, eigene wissenschaftliche Positionen können begründet werden.		
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 150 Std. 60 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes durch Literatur (Selbststudium) 30 Std. Prüfungsvorbereitung (Selbststudium) 60 Std. Teilnahme an Lehrveranstaltungen (Präsenzstudium)		
<b>Voraussetzungen:</b> keine		<b>ECTS/LP-Bedingungen:</b> Bestehen der Modulprüfung
<b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Sommersemester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b>	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 4	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	

<b>Modulteile</b>
<b>Modulteil: Vorlesung PG 2 GEO-1803</b> <b>Lehrformen:</b> Vorlesung <b>Sprache:</b> Deutsch / Englisch <b>SWS:</b> 4 <b>ECTS/LP:</b> 5.0
<b>Zugeordnete Lehrveranstaltungen:</b> <b>Grundkursvorlesung Physische Geographie 2 (Vorlesung)</b> <i>*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.*</i>

**Prüfung**

**GEO-1803 Vorlesung Physische Geographie 2**

Klausur / Prüfungsdauer: 90 Minuten, benotet

**Prüfungshäufigkeit:**

jedes Semester

<b>Modul GEO-1807: Vorlesung Humangeographie 2</b> <i>Lecture Humangeography 2</i>		5 ECTS/LP
Version 1.3.0 (seit SoSe23) Modulverantwortliche/r: Dr. Andreas Benz		
<p><b>Inhalte:</b> Bevölkerung und Migration, Gesellschaft und Umwelt, Raum und Macht, Geographien des Globalen Südens; zentrale Fragestellungen, theoretische Grundkonzeptionen, Modelle sowie forschungs- und anwendungsrelevante Bezüge; Bevölkerungszusammensetzung, -verteilung und -dynamik, demographische Transformationsprozesse, Migrationsphänomene und -theorien, Ressourcengeographie, Politische Ökologie, Umweltdiskurse, Perspektiven der Politischen Geographie, Governance, Territorien und Grenzen, Konfliktforschung, Entwicklungsbegriff, -indikatoren und -theorien, Post Colonial Studies, Post Development, Theorien mittlerer Reichweite, Ernährungssicherung.</p>		
<p><b>Lernziele/Kompetenzen:</b> Fachlich: Nach Abschluss dieses Moduls haben die Studierenden strukturierte Kenntnisse über zentrale Themengebiete und Fragestellungen, Konzepte, Modelle und Methoden der Bevölkerungs- und Politischen Geographie sowie der Gesellschaft-Umwelt-Forschung und der Geographischen Entwicklungsforschung. Sie verfügen über Kenntnisse und Verständnis in diesen Teilbereichen und können dieses Wissen anwenden, Inhalte vergleichen, Sachverhalte umschreiben, gegenüberstellen und erklären. Sie sind in der Lage, klassische Fragestellungen aus Teilgebieten der Humangeographie mit dem korrekten Fachvokabular zu klassifizieren, zu analysieren und Lösungsansätze für Probleme aus diesen Themenbereichen in einzelnen Fällen zu schlussfolgern.</p> <p><b>Schlüsselqualifikationen:</b> Fertigkeit zur verständlichen Darstellung von Fachinhalten, grundlegender Umgang mit Fachliteratur.</p> <p>Die Studierenden verfügen über grundlegende Kenntnisse in den oben genannten Teilbereichen. Die Studierenden begreifen geographische Prozesse als komplexes Zusammenwirken fachlicher Faktoren.</p> <p>Methodisch: Die Studierenden lernen, auch längere Instruktionsphasen konzentriert zu verfolgen und eigenständige Mitschriften anzufertigen. Sie können mit fachwissenschaftlicher Grundlagenliteratur selbständig umgehen und wissen diese im Rahmen der Vor- bzw. Nachbereitung von Lehrveranstaltungen erfolgreich zu nutzen.</p> <p>Sozial/personal: Die Studierenden lernen grundlegende Formen wissenschaftlicher Kommunikation kennen. Sie erfassen die Differenz ihrer alltagsweltlichen Vorerfahrung und wissenschaftlichem Arbeiten. Fachliche Neugier wird geweckt, wissenschaftliche Positionen können eingeordnet werden.</p>		
<p><b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 150 Std. 60 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes durch Literatur (Selbststudium) 30 Std. Prüfungsvorbereitung (Selbststudium) 60 Std. Teilnahme an Lehrveranstaltungen (Präsenzstudium)</p>		
<b>Voraussetzungen:</b> keine		<b>ECTS/LP-Bedingungen:</b> Bestehen der Modulprüfung
<b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Sommersemester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b>	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 4	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	

**Modulteile**

**Modulteil: Vorlesung HG 2 GEO-1807**

**Lehrformen:** Vorlesung

**Sprache:** Deutsch / Englisch

**SWS:** 4

**ECTS/LP:** 5.0

**Literatur:**

- Gebhardt H., Glaser R., Radtke U., Reuber P., Vött A. (Hg.)(2019): Geographie: Physische Geographie und Humangeographie. 3. Aufl. Heidelberg.

**Zugeordnete Lehrveranstaltungen:**

**Grundkursvorlesung Humangeographie 2 (Vorlesung)**

*\*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.\**

**Prüfung**

**GEO-1807 Vorlesung Humangeographie 2**

Klausur / Prüfungsdauer: 90 Minuten, benotet

**Prüfungshäufigkeit:**

jedes Semester

<b>Modul GEO-2802: Methoden der Geographie</b> <i>Methods of Geography</i>		5 ECTS/LP
Version 1.0.0 (seit SoSe23) Modulverantwortliche/r: Dr. Niklas Völkening		
<b>Inhalte:</b> Grundlagen, Anwendung und Ergebnisinterpretation spezifischer qualitativer und quantitativer Methoden der empirischen Humangeographie. Forschungsablauf, Forschungsethik und Positionalität der Wissensproduktion. Quantitativ-analytische Methoden: Standardisierte Datenerhebung, Zählungen, Befragungen, Erstellung standardisierter Fragebögen. Interpretativ-verstehende Verfahren: Teilnehmende Beobachtung, qualitative und narrative Interviews, Erstellung von Interviewleitfäden, Aufbereitung und Auswertung qualitativer Daten, Transkriptionsverfahren, Kodieren, Typisieren, Interpretieren, Text- und Medienanalyse. Diskursanalyse: Theoretische Grundlagen, Fragestellungen, Analyseverfahren.		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> Nach dem Besuch dieses Moduls kennen die Studierenden wichtige Untersuchungsmethoden der Humangeographie und können die spezifischen Vorgehensweisen erklären. Sie sind in der Lage problembezogen adäquate Methoden auszuwählen, anzuwenden und die erhobenen Daten zu analysieren und zu interpretieren sowie die entsprechenden Untersuchungsergebnisse zu präsentieren.		
<b>Voraussetzungen:</b> keine		<b>ECTS/LP-Bedingungen:</b> Bestehen der Modulprüfung
<b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Wintersemester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b>	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 2	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	

<b>Modulteile</b>
<b>Modulteil: Methoden der Geographie GEO-2802</b> <b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übung <b>Sprache:</b> Deutsch / Englisch <b>SWS:</b> 2 <b>ECTS/LP:</b> 5.0
<b>Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Doering N. (2022): Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften. 6. Aufl., Berlin: Springer.</li> <li>• Lamnek S. (2016): Qualitative Sozialforschung. 6. Aufl., Basel: Beltz.</li> <li>• Matissek A., Pfaffenbach C., Reuber P. (2013): Methoden der empirischen Humangeographie. 2. Aufl., Neubearb. Braunschweig: Westermann.</li> <li>• Schnell R., Hill P.B., Esser E. (2018): Methoden der empirischen Sozialforschung. 11. Aufl., Berlin: De Gruyter.</li> </ul>

<b>Prüfung</b> <b>GEO-2802 Methoden der Geographie</b> praktische Prüfung / Prüfungsdauer: 30 Minuten, benotet <b>Prüfungshäufigkeit:</b> jedes Semester
--

<b>Modul GEO-2804: Fernerkundung</b> <i>Remote Sensing</i>		5 ECTS/LP
Version 1.0.0 (seit SoSe23) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Sabine Timpf		
<b>Inhalte:</b> Die Vorlesung beinhaltet die technischen und methodischen Grundlagen der Fernerkundung sowie relevante Auswertungs- und Analyseverfahren. Dazu werden auch aktuelle Anwendungsbeispiele der Fernerkundung aufgezeigt.		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> Fachlich: Die Studierenden sind nach Besuch des Moduls in der Lage die grundlegenden Prinzipien von Fernerkundungsmethoden wiederzugeben und zu erläutern. Sie können weiterhin wichtige Fehlerquellen und deren Auswirkungen benennen sowie entsprechende Datenanalysemethoden der Fernerkundung für verschiedene Anwendungsfelder aufzeigen. Methodisch: Es werden Kompetenzen im Erkennen und Deuten räumlicher Strukturen im Rahmen der geowissenschaftlichen Fernerkundung erworben. Sozial/personal: Die Studierenden lernen grundlegende Formen wissenschaftlicher Kommunikation kennen. Sie erfassen die Anwendbarkeit der Lehrveranstaltungsinhalte im Alltag. Fachliche Neugier wird geweckt, wissenschaftliche Entwicklungen im Bereich der Fernerkundung können eingeordnet werden.		
<b>Bemerkung:</b> Die VL Fernerkundung wird bis einschließlich SoSe24 im Sommersemester angeboten und ab WS24/25 jeweils im WS.		
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 150 Std.		
<b>Voraussetzungen:</b> keine		<b>ECTS/LP-Bedingungen:</b> Bestehen der Modulprüfung
<b>Angebotshäufigkeit:</b> jährlich	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b>	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 2	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	
<b>Modulteile</b>		
<b>Modulteil: Vorlesung Fernerkundung GEO-2804</b> <b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übung <b>Sprache:</b> Deutsch / Englisch <b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Sommersemester <b>SWS:</b> 2 <b>ECTS/LP:</b> 5.0		
<b>Zugeordnete Lehrveranstaltungen:</b> <b>Einführung in die geographische Fernerkundung</b> (Vorlesung) <i>*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.*</i>		

**Prüfung**

**GEO-2804 Fernerkundung**

Klausur / Prüfungsdauer: 60 Minuten, benotet

**Prüfungshäufigkeit:**

jedes Semester

<b>Modul GEO-2803: Kartographie</b> <i>Cartography</i>		5 ECTS/LP
Version 1.0.0 (seit SoSe23) Modulverantwortliche/r: apl. Prof. Andreas Philipp		
<p><b>Inhalte:</b> Die Vorlesung Kartographie beinhaltet begriffliche und geschichtliche Grundlagen der Kartographie. Die Veranstaltung führt in Kartenprojektionen und Koordinatensysteme ein und behandelt Grundlagen der Vermessung und Erhebung topographischer Datensätze und ihrer kartographischen Darstellung sowie der Interpretation topographischer Karten.</p>		
<p><b>Lernziele/Kompetenzen:</b></p> <p>Fachlich: Nach dem Besuch dieses Moduls sind die Studierenden in der Lage die Bedeutung der Kartographie für Wissenschaft und Gesellschaft aufzuzeigen sowie die Grundzüge der historischen Entwicklung der Kartographie darzustellen. Sie verfügen über die Kompetenz Konstruktionsprinzipien und Eigenschaften verschiedener Kartenprojektionen und Koordinatensysteme in Hinblick auf ihre Anwendungseignung zu beschreiben. Die Studierenden können die Funktionsweise grundlegender topographischer Vermessungs- und Datenerhebungstechniken erläutern und sind in der Lage verschiedene kartographische Darstellungstechniken zu differenzieren und in ihrer Bedeutung für die Karteninterpretation einzuordnen.</p> <p>Methodisch: Es werden Kompetenzen im Erkennen und Deuten räumlicher Strukturen im Rahmen der topographischen Karteninterpretation erworben.</p> <p>Sozial/personal: Die Studierenden lernen grundlegende Formen wissenschaftlicher Kommunikation kennen. Sie erfassen die Anwendbarkeit der Lehrveranstaltungsinhalte im Alltag. Fachliche Neugier wird geweckt, kartographische wissenschaftliche Entwicklungen können eingeordnet werden.</p>		
<p><b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 150 Std. 30 Std. Teilnahme an Lehrveranstaltungen (Präsenzstudium) 60 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes durch Literatur (Selbststudium) 30 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes anhand bereitgestellter Unterlagen (Selbststudium) 30 Std. Prüfungsvorbereitung (Selbststudium)</p>		
<b>Voraussetzungen:</b> keine		<b>ECTS/LP-Bedingungen:</b> Bestehen der Modulprüfung
<b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Sommersemester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b>	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 2	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	
<b>Modulteile</b>		
<p><b>Modulteil: Vorlesung Kartographie GEO-2803</b> <b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übung <b>Sprache:</b> Deutsch / Englisch <b>SWS:</b> 2 <b>ECTS/LP:</b> 5.0</p>		
<p><b>Zugeordnete Lehrveranstaltungen:</b> <b>Vorlesung Kartographie I</b> (Vorlesung) <i>*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.*</i></p>		

**Prüfung**

**GEO-2803 Kartographie**

Klausur / Prüfungsdauer: 90 Minuten, benotet

**Prüfungshäufigkeit:**

jedes Semester

<b>Modul GEO-2805: Geographische Informationssysteme</b> <i>Geographical information systems</i>		5 ECTS/LP
Version 1.0.0 (seit SoSe23) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Jukka Krisp		
<b>Inhalte:</b> Einführung in die Geo-Informationssysteme und in die thematische Kartographie (Begriffliche Definitionen, Grundlegende Datentypen), Verfügbare Geodaten, GIS-Architekturen und -Produkte (Hardware, Software, Produkte), Erfassung, Verwaltung, Analyse und Präsentation raumbezogener Daten als Funktionalitäten eines GIS mit Vorstellung ausgewählter Grundfunktionen, Basis von Geodateninfrastrukturen (von AAA bis zu spezialisierten Fachinformationssystemen), Aktuelle Entwicklungen, Inhalte der Übungen: Am PC Hands-on in ArcGIS Pro		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> Studierende entwickeln hier die Kompetenz im Umgang, der Interpretation sowie der eigenen Gestaltung von thematischen Karten mit einem geographischen Informationssystem (GIS). Die Studierenden sind dann in der Lage, Geodaten zu recherchieren und in Grundzügen die Qualität zu bewerten. Sie können geographische Daten auswählen, klassifizieren und kombinieren, die sich zur Darstellung in einer thematischen Karte darzustellen. Sie können ein GIS in Grundzügen anwenden. Ziel des Moduls ist es des weiteren Sachverhalte in kartographischer Form inhaltlich und methodisch angemessen graphisch darzustellen und mit fachsprachlichen Begriffen zu beschreiben.		
<b>Bemerkung:</b> Bitte ggf die vorgezogene Anmeldephase (für höhere Semester) beachten.		
<b>Voraussetzungen:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kartographie</li> <li>• Geostatistik</li> </ul>		<b>ECTS/LP-Bedingungen:</b> Bestehen der Modulprüfung
<b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Wintersemester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b>	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 2	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	

<b>Modulteile</b>
<b>Modulteil: Geographische Informationssysteme GEO-2805</b> <b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übung <b>Sprache:</b> Deutsch / Englisch <b>SWS:</b> 2 <b>ECTS/LP:</b> 5.0
<b>Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lehrbuch Bill, R. (2016): Grundlagen der Geo-Informationssysteme. 6. Auflage. Wichmann Verlag Berlin-Offenbach</li> </ul>

<b>Prüfung</b> <b>GEO-2805 Geographische Informationssysteme</b> Bericht / Bearbeitungsfrist: 4 Wochen, benotet <b>Prüfungshäufigkeit:</b> jedes Semester
---

<b>Modul INF-0111: Informatik 3</b> <i>Computer Science 3</i>		8 ECTS/LP
Version 1.0.0 (seit SoSe14) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Jakob Siegfried Kottmann		
<p><b>Lernziele/Kompetenzen:</b> Die Studierenden verfügen über ein grundlegendes Verständnis von Algorithmen, Datenstrukturen, sowie deren Analyse. Mit grundlegenden Konzepten wie der NP-Vollständigkeit und elementaren Rechnermodellen sind Sie vertraut und sie können dieses in konkreten Fragestellungen anwenden. Ausgewählte Teile der vorgestellten Verfahren haben die Studierenden dabei eigenständig programmiert.</p> <p><b>Schlüsselqualifikationen:</b> analytisch-methodische Kompetenz; Abwägen von Lösungsansätzen; Abstraktionsfähigkeit; Training des logischen Denkens; eigenständiges Arbeiten mit Lehrbüchern und englischsprachiger Fachliteratur; Grundsätze guter wissenschaftlicher Praxis</p>		
<p><b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 240 Std. 30 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes anhand bereitgestellter Unterlagen (Selbststudium) 30 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes durch Literatur (Selbststudium) 90 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes Übung/Fallstudien (Selbststudium) 60 Std. Vorlesung (Präsenzstudium) 30 Std. Übung (Präsenzstudium)</p>		
<p><b>Voraussetzungen:</b> Modul Informatik 1 (INF-0097) - empfohlen Modul Informatik 2 (INF-0098) - empfohlen Modul Diskrete Strukturen für Informatiker (INF-0109) - empfohlen</p>		
<p><b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Wintersemester</p>	<p><b>Empfohlenes Fachsemester:</b> ab dem 3.</p>	<p><b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester</p>
<p><b>SWS:</b> 6</p>	<p><b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs</p>	
<p><b>Moduleile</b></p>		
<p><b>Modulteil: Informatik 3 (Vorlesung)</b> <b>Lehrformen:</b> Vorlesung <b>Sprache:</b> Deutsch <b>SWS:</b> 4</p>		
<p><b>Inhalte:</b> Effizienzbetrachtungen, NP-Vollständigkeit, Komplexitätsklassen, Sortierverfahren, Hashtabellen, Union-Find-Strukturen, Greedy-Algorithmen, Matroide, Graphen</p>		
<p><b>Literatur:</b> Skript: T. Hagerup "Informatik III" (wird bereitgestellt) Buch: U. Schöning "Algorithmik"</p>		
<p><b>Modulteil: Informatik 3 (Übung)</b> <b>Lehrformen:</b> Übung <b>Sprache:</b> Deutsch <b>SWS:</b> 2</p>		

---

**Prüfung**

**Informatik 3 (Klausur)**

Klausur / Prüfungsdauer: 90 Minuten, benotet

**Prüfungshäufigkeit:**

wenn LV angeboten

<b>Modul INF-0138: Systemnahe Informatik</b> <i>Foundations of Technical Computer Science</i>		8 ECTS/LP
Version 2.1.0 (seit SoSe20) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Sebastian Altmeyer		
<p><b>Lernziele/Kompetenzen:</b> Die Studierenden erwerben Kompetenzen in den folgenden Bereichen auf einem grundlegenden, praxisorientierten, aber wissenschaftlichen Niveau: Aufbau von Mikrorechnern, Mikroprozessoren, Pipelining, Assemblerprogrammierung, Parallelprogrammierung und Betriebssysteme. Sie können die Funktionsweise von wichtigen Komponenten von Mikroprozessoren und Betriebssystemen nachvollziehen. Darüber hinaus sind sie in der Lage, RISC- und CISC-Architekturen voneinander abzugrenzen, In-Order und Out-of-Order-Architekturen zu unterscheiden, die Auswirkungen von Compileroptimierungen auf Laufzeit und Programmgröße einzuschätzen sowie den Einfluss verschiedener Architekturweiterungen auf das Gesamtsystem einzuordnen. Weiterhin erwerben sie durch praktische Übungen Programmierkenntnisse in RISC-V-Assembler sowie hardware-naher Programmierung.</p> <p><b>Schlüsselqualifikationen:</b> Analytisch-methodische Kompetenz im Bereich der Prozessorarchitektur, hardwarenahen Programmierung und Betriebssysteme; Abwägung von Lösungsansätzen; Präsentation von Lösungen von Übungsaufgaben; Selbstreflexion; Fertigkeit zur Zusammenarbeit in Teams; Qualitätsbewusstsein, Akribie</p>		
<p><b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 240 Std. 90 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes Übung/Fallstudien (Selbststudium) 60 Std. Vorlesung (Präsenzstudium) 30 Std. Übung (Präsenzstudium) 30 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes anhand bereitgestellter Unterlagen (Selbststudium) 30 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes durch Literatur (Selbststudium)</p>		
<b>Voraussetzungen:</b> Modul Informatik 1 (INF-0097) - empfohlen		
<b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Sommersemester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> ab dem 4.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 6	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	
<b>Modulteile</b>		
<b>Modulteil: Systemnahe Informatik (Vorlesung)</b>		
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung		
<b>Sprache:</b> Deutsch		
<b>SWS:</b> 4		
<p><b>Inhalte:</b> Der erste Teil der Vorlesung gibt eine Einführung in die Mikroprozessortechnik. Es werden hier Prozessoraufbau und Mikrocomputersysteme behandelt und ein Ausblick auf Server und Multiprozessoren gegeben. Dieser Bereich wird in den Übungen durch Assemblerprogrammierung eines RISC-Prozessors vertieft. Im zweiten Teil der Vorlesung werden Grundlagen der Multicores und der hardware-nahen Programmierung gelehrt. Der dritte Teil beschäftigt sich mit Grundlagen von Betriebssystemen. Die behandelten Themenfelder umfassen unter anderem Prozesse/Threads, Synchronisation, Scheduling und Speicherverwaltung.</p>		

**Literatur:**

- U. Brinkschulte, T. Ungerer: Mikrocontroller und Mikroprozessoren, 3. Auflage, Springer-Verlag, 2010
- D. A. Patterson, J. L. Hennessy: Computer Organization and Design, 5. Auflage, Elsevier, 2013
- D. A. Patterson, J. L. Hennessy: Rechnerorganisation und Rechnerentwurf, 5. Auflage, De Gruyter Oldenbourg, 2016
- A. S. Tanenbaum, H. Bos: Moderne Betriebssysteme, 4. Auflage, Pearson, 2016
- Theo Ungerer: Parallelrechner und parallele Programmierung, Spektrum-Verlag, 1997
- R. Brause: Betriebssysteme: Grundlagen und Konzepte, 3. Auflage Springer-Verlag, 2013

**Zugeordnete Lehrveranstaltungen:**

**Systemnahe Informatik (Vorlesung)**

*\*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.\**

Die Vorlesung ist in drei Teile geteilt: Rechnerarchitektur, Systemnahe Programmierung und Betriebssysteme. Der ersten beiden Teile geben eine Einführung in die Mikroprozessortechnik. Es werden hier Prozessoraufbau und Mikrocomputersysteme behandelt und ein Ausblick auf Server-Rechner und Multiprozessoren gegeben. Diese Bereiche werden in den Übungen durch Assemblerprogrammierung eines RISC-Prozessors sowie POSIX-Programmierung vertieft. Der dritte Teil beschäftigt sich mit den Grundlagen der Betriebssysteme. Stichpunkte hierbei sind Prozesse/Threads, Synchronisation, Scheduling und Speicherverwaltung.

**Modulteil: Systemnahe Informatik (Übung)**

**Lehrformen:** Übung

**Sprache:** Deutsch

**SWS:** 2

**Zugeordnete Lehrveranstaltungen:**

**Übung zu Systemnahe Informatik (Übung)**

*\*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.\**

**Prüfung**

**Systemnahe Informatik (Klausur)**

Klausur / Prüfungsdauer: 90 Minuten, benotet

**Prüfungshäufigkeit:**

wenn LV angeboten

<b>Modul INF-0081: Kommunikationssysteme</b> <i>Communication systems</i>		8 ECTS/LP
Version 2.0.0 (seit WS20/21) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Michael Seufert		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> Nach der Teilnahme an der Modulveranstaltung verstehen die Studierenden die wesentlichen Konzepte/Verfahren/Begriffe aus den Bereichen Kommunikations- und Rechnernetzen auf einem grundlegenden, praxisorientierten, aber wissenschaftlichem Niveau. Sie sind mit den grundlegenden Architekturen, Protokolle und Algorithmen des Internets vertraut und können deren Alternativen im jeweiligen Anwendungszusammenhang bewerten und auswählen. Gleichzeitig können sie das Gelernte auf praktisch relevanten Problemstellungen anwenden.  Schlüsselqualifikationen: Kompetenz zum Erkennen von bedeutenden technischen Entwicklungen, Qualitätsbewusstsein, Akribie; Fertigkeit zur verständlichen Darstellung und Dokumentation von Ergebnissen; Fertigkeit der Zusammenarbeit in Teams.		
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 240 Std. 30 Std. Übung (Präsenzstudium) 60 Std. Vorlesung (Präsenzstudium) 30 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes anhand bereitgestellter Unterlagen (Selbststudium) 90 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes Übung/Fallstudien (Selbststudium) 30 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes durch Literatur (Selbststudium)		
<b>Voraussetzungen:</b> keine		
<b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Wintersemester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> ab dem 5.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 6	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	

<b>Modulteile</b>
<b>Modulteil: Kommunikationssysteme (Vorlesung)</b> <b>Lehrformen:</b> Vorlesung <b>Sprache:</b> Deutsch <b>SWS:</b> 4
<b>Inhalte:</b> Die Vorlesung behandelt die grundlegenden Modelle, Verfahren, Systemkonzepte und Technologien die im Bereich der digitalen Kommunikationstechnik und des Internets zum Einsatz kommen. Der Fokus hierbei ist auf Protokollen und Verfahren, die den ISO/OSI-Schichten 1-4 zuzuordnen sind.  Die weiteren in der Vorlesung behandelten Themen sind unter anderem: Lokale Netze nach IEEE802.3 und IEEE802.11, Internet Protokollen wie IPv4, IPv6, TCP und UDP, IP-Routings-verfahren, das Breitband IP-Netz, die aktuelle Mobilfunknetze, Netzmanagement-funktionen und NGN-Anwendungen wie VoIP, IPTV und RCS. Außerdem ist eine Exkursion geplant.

**Literatur:**

- Keith W. Ross, James F. Kurose, "Computernetzwerke", Pearson Studium Verlag, München, 2012
- Larry L. Peterson, Bruce S. Davie, "Computernetze: Eine systemorientierte Einführung", dpunkt.verlag, Heidelberg, 2007.
- Anatol Badach, Erwin Hoffmann, "Technik der IP-Netze" Hanser Verlag, München, 2007.
- Gerd Siegmund, "Technik der Netze - Band 1 und 2", Hüthig Verlag, Heidelberg, 2009.

**Modulteil: Kommunikationssysteme (Übung)**

**Lehrformen:** Übung

**Sprache:** Deutsch

**SWS:** 2

**Prüfung**

**Kommunikationssysteme**

Klausur / Prüfungsdauer: 120 Minuten, benotet

**Prüfungshäufigkeit:**

wenn LV angeboten

<b>Modul INF-0087: Multimedia Grundlagen I</b> <i>Foundations of Multimedia I</i>		8 ECTS/LP
Version 1.2.0 (seit SoSe14) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Rainer Lienhart		
<p><b>Lernziele/Kompetenzen:</b> Nach der erfolgreichen Teilnahme an diesem Modul besitzen die Studierenden grundlegende Kenntnisse der maschinellen Verarbeitung von multimedialen Daten (Ton, Bild und Video), sowohl mit klassischen Methoden als auch mittels maschinellem Lernen. Sie sind in der Lage, bekannte Verfahren auf dem Gebiet der Verarbeitung von Multimediadaten zu verstehen und programmatisch umzusetzen, sowie die erlernten Prinzipien auf neue Probleme geeignet anzuwenden. Sie entwickeln Fertigkeiten zur logischen, analytischen und konzeptionellen Denken im Bereich der digitalen Signalverarbeitung und multimedialen Datenverarbeitung.</p> <p><b>Schlüsselqualifikationen:</b> mathematische-formale Grundlagen; quantitative Aspekte der Informatik; Fertigkeit zur Analyse und Strukturierung von Problemstellungen; Entwicklung und Umsetzung von Lösungsstrategien; Vernetzung unterschiedlicher Fachgebiete; Kenntnisse praxisrelevanter Aufgabenstellungen</p>		
<p><b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 240 Std. 30 Std. Übung (Präsenzstudium) 60 Std. Vorlesung (Präsenzstudium) 90 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes Übung/Fallstudien (Selbststudium) 30 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes durch Literatur (Selbststudium) 30 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes anhand bereitgestellter Unterlagen (Selbststudium)</p>		
<b>Voraussetzungen:</b> keine		<b>ECTS/LP-Bedingungen:</b> Erfolgreiche Teilnahme an der Abschlussklausur
<b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Wintersemester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> ab dem 5.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 6	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	

<b>Moduleile</b>
<p><b>Moduleil: Multimedia Grundlagen I (Vorlesung)</b> <b>Lehrformen:</b> Vorlesung <b>Sprache:</b> Deutsch <b>SWS:</b> 4</p>
<p><b>Inhalte:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Einführung</li> <li>2. Mathematische Grundlagen (Komplexe Zahlen, Matrizen und Vektoren, mehrdimensionale Ableitungen, Geometrische Reihen)</li> <li>3. Digitale Signalverarbeitung (Lineare zeitinvariante Systeme und Fourier-Transformation)</li> <li>4. Digitale Bildverarbeitung (Kameramodelle, Farbräume, Bildoperationen, Segmentierung)</li> <li>5. Maschinelles Lernen (Begriffe, Lineare Regression und Polynominterpolation, Konzeptlernen, Neuronale Netze)</li> </ol>

**Literatur:**

Zu 3.

- Oppenheim, A. V., Schafer, R. W., and Buck, J. R. Discrete-time signal processing. Prentice-Hall, 2nd edition. 1999
- Richard G. Lyons. Understanding Digital Signal Processing. Prentice Hall, 3rd edition. 2010

Zu 4.

- Bernd Jähne. Digital Image Processing. Springer Verlag
- David A. Forsyth and Jean Ponce. Computer Vision: A Modern Approach. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey 07458

Zu 5.

- Tom Mitchell. Machine Learning. McGraw Hill, 1997

**Modulteil: Multimedia Grundlagen I (Übung)**

**Lehrformen:** Übung

**Sprache:** Deutsch

**SWS:** 2

**Prüfung**

**Multimedia Grundlagen I (Klausur)**

Klausur / Prüfungsdauer: 120 Minuten, benotet

**Prüfungshäufigkeit:**

wenn LV angeboten

<b>Modul INF-0166: Multimedia Grundlagen II</b> <i>Foundations of Multimedia II</i>		8 ECTS/LP
Version 1.3.0 (seit SoSe13) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Elisabeth André		
<p><b>Lernziele/Kompetenzen:</b> Nach der erfolgreichen Teilnahme an diesem Modul beherrschen die Studierenden wesentliche Grundlagen und Techniken zum Entwurf, der Realisierung und der Evaluation von Systemen der multimodalen Mensch-Technik Interaktion. Diese werden u.a. an Beispielen und aktuellen Entwicklungen durchgespielt um im Rahmen dessen die speziellen Anforderungen der Mensch-Technik zu identifizieren und zu verstehen. Studierende erlangen die Kompetenz die Vor- und Nachteile von geeigneten Methoden und deren Auswahl und sicheren Anwendung für die Umsetzung von Entwurfsalternativen identifizieren, gegenüberstellen und einordnen. Sie sind außerdem in der Lage die Entwurfsalternativen im jeweiligen Anwendungszusammenhang zu bewerten und aufgrund dessen fachliche Lösungskonzepte in Programme umzusetzen. Im Rahmen der modulbegleitenden Übung erwerben Studierende Fertigkeiten zum logischen, analytischen und konzeptionellen Denken sowie durch die praktische Anwendung der Methoden ein Qualitätsbewusstsein und Akribie für die wissenschaftliche Arbeitsweise.</p> <p><b>Schlüsselqualifikationen:</b> Mathematisch-formale Grundlagen; Kompetenz zur Vernetzung unterschiedlicher Fachgebiete; Kenntnisse von praxisrelevanten Aufgabenstellungen ; Fertigkeit zur Analyse und Strukturierung von Informatikproblemstellungen; Fertigkeit zur Entwicklung und Umsetzung von Lösungsstrategien; Quantitative Aspekte der Informatik; Fertigkeit zum logischen, analytischen und konzeptionellen Denken; Methoden zur Entwicklung größerer Softwaresysteme, Konstruktion von Abstraktionen und Architekturen; Fertigkeit der Zusammenarbeit in Teams; Fertigkeit zur verständlichen Darstellung und Dokumentation von Ergebnissen.</p>		
<p><b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 240 Std. 30 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes durch Literatur (Selbststudium) 90 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes Übung/Fallstudien (Selbststudium) 30 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes anhand bereitgestellter Unterlagen (Selbststudium) 60 Std. Vorlesung (Präsenzstudium) 30 Std. Übung (Präsenzstudium)</p>		
<p><b>Voraussetzungen:</b> Programmiererfahrung Modul Multimedia Grundlagen I (INF-0087) - empfohlen</p>		
<p><b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Sommersemester</p>	<p><b>Empfohlenes Fachsemester:</b> ab dem 3.</p>	<p><b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester</p>
<p><b>SWS:</b> 6</p>	<p><b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs</p>	

<b>Moduleile</b>
<p><b>Moduleil: Multimedia Grundlagen II (Vorlesung)</b> <b>Lehrformen:</b> Vorlesung <b>Sprache:</b> Deutsch <b>SWS:</b> 4</p>
<p><b>Inhalte:</b> Interaktionsformen und -metaphern, Erkennung und Interpretation von Benutzereingaben, Generierung und Synchronisation von Systemausgaben, Multimodale Dialogsysteme, Benutzer- und Diskursmodellierung, Agentenbasierte Multimodale Interaktion, Evaluation von multimodalen Benutzerschnittstellen, Benutzungsschnittstellen der nächsten Generation (Perzeptive Interfaces, Emotionale Interfaces, Mensch-Roboter Interaktion etc.)</p>

**Literatur:**

- Schenk, G. Rigoll: Mensch-Maschine-Kommunikation: Grundlagen von sprach- und bildbasierten Benutzerschnittstellen
- Daniel Jurafsky, James H. Martin: Speech and Language Processing. Pearson Prentice Hall
- T. Mitchell: Machine Learning, McGraw Hill

**Zugeordnete Lehrveranstaltungen:**

**Grundlagen der Human-Computer Interaction / Multimedia Grundlagen II (Vorlesung)**

*\*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.\**

Die Entwicklung multipler Medien zur Informationsdarbietung und zur Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstelle hat in nur wenigen Jahren den Umgang mit Computern grundlegend verändert und wesentlich dazu beigetragen, Computertechnologie einer breiten Benutzerschicht zugänglich zu machen. Als Einstieg in den Bereich "Informatik und Multimedia" vermittelt diese Vorlesung wichtige Grundlagen und Methoden zur Produktion, Verarbeitung, Speicherung und Distribution von digitalen Medien. Hinweis: Die Veranstaltung „Grundlagen der Human Computer Interaktion“ ersetzt die Veranstaltung „Multimedia Grundlagen 2“ und kann für „Multimedia Grundlagen 2“ eingebracht werden. Die Veranstaltung kann auch von Bachelor- und Diplomstudierenden anderer Informatik-Studiengänge als Wahlpflichtfach bzw. Hauptstudiumsveranstaltung (Bereich "Multimediale Informationsverarbeitung") eingebracht werden. Die Veranstaltung findet im Hörsaal 2045/N statt.... (weiter siehe Digicampus)

**Modulteil: Multimedia Grundlagen II (Übung)**

**Lehrformen:** Übung

**Sprache:** Deutsch

**SWS:** 2

**Zugeordnete Lehrveranstaltungen:**

**Übung zu Grundlagen der Human-Computer Interaction / Multimedia Grundlagen II (Übung)**

*\*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.\**

Die Verwaltung der Übungen erfolgt über den Digicampus-Kurs zur Vorlesung "Grundlagen der Human-Computer Interaction / Multimedia Grundlagen II". Für die Anmeldung zum Übungsbetrieb lesen Sie die entsprechende Ankündigung im Kurs zur Vorlesung - die Anmeldung zum Übungsbetrieb ist z.B. über diesen Link erreichbar: TBA

**Prüfung**

**Multimedia Grundlagen II**

Klausur / Prüfungsdauer: 90 Minuten, benotet

**Prüfungshäufigkeit:**

wenn LV angeboten

<b>Modul INF-0073: Datenbanksysteme</b> <i>Database Systems</i>		8 ECTS/LP
Version 1.0.0 (seit SoSe14) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Peter Michael Fischer		
<p><b>Lernziele/Kompetenzen:</b>                  Nach der Teilnahme an der Veranstaltung sind die Studierenden in der Lage, die in der Vorlesung Datenbanksysteme I vermittelten fachlichen Grundlagen in die Praxis umzusetzen. Diese umfassen vor allem Datenorganisation, Datenmodelle, konzeptionelle Modellierung mit ER, das relationales Modell sowie deklarative Datendefinition und Anfragen mit SQL. Darüber hinaus haben die Studierenden ein grundlegendes Verständnis von Implementierungstechniken von Datenbanksystemen wie Datenspeicherung und Indexe, Anfragebearbeitung mit Optimierung und Transaktionsverwaltung und können deren Auswirkungen auf die Praxis einordnen.</p> <p>Sie verfügen über fachspezifische Kenntnisse grundlegende Problemstellungen im Bereich Datenbanken zu verstehen und durch Anwenden erlernter Fähigkeiten zu lösen.</p> <p><b>Schlüsselqualifikationen:</b> Eigenständiges Arbeiten mit Lehrbüchern; Eigenständiges Arbeiten mit Datenbanksystemen; Abstraktionsfähigkeit; Analytische und strukturierte Problemlösungsstrategien; Umsetzen fachlicher Lösungskonzepte in Programm und Modelle, Fertigkeit zur Analyse und Strukturierung komplexer Informatikproblemstellungen; Kenntnisse der Vor-/Nachteile von Entwurfsalternativen und Bewertung im jeweiligen Zusammenhang; Auswahl und sichere Anwendung geeigneter Methoden; Kenntnisse von praxisrelevanten Aufgabenstellungen; Fertigkeit zur Lösung von Problemen unter praxisnahen Randbedingungen;</p>		
<p><b>Arbeitsaufwand:</b>                  Gesamt: 240 Std.                  30 Std. Übung (Präsenzstudium)                  60 Std. Vorlesung (Präsenzstudium)                  30 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes anhand bereitgestellter Unterlagen (Selbststudium)                  90 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes Übung/Fallstudien (Selbststudium)                  30 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes durch Literatur (Selbststudium)</p>		
<b>Voraussetzungen:</b> Modul Informatik 2 (INF-0098) - empfohlen		
<b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Wintersemester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> ab dem 3.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 6	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	
<b>Modulteile</b>		
<p><b>Modulteil: Datenbanksysteme (Vorlesung)</b>  <b>Lehrformen:</b> Vorlesung  <b>Sprache:</b> Deutsch / Englisch  <b>SWS:</b> 4</p>		
<p><b>Inhalte:</b>                  Die Vorlesung beinhaltet grundlegende Konzepte von Datenbanksystemen und deren Anwendungen. Konkrete Inhalte sind: DB-Architektur, Entity-Relationship-Modell, Relationenmodell, Relationale Query-Sprachen, SQL, Algebraische Query-Optimierung, Implementierung der Relationenalgebra, Ablaufsteuerung paralleler Transaktionen, DB-Recovery und verteilte Transaktionen, Normalformtheorie.</p>		

**Literatur:**

- Kemper, A.; Eickler, A.: Datenbanksysteme, Oldenburg, 2011  
(alle Auflagen für diese Vorlesung nutzbar)
- Elmasri, R.; Navathe, S.B.: Grundlagen von Datenbanksystemen (3. aktualisierte Auflage)  
(auch auf Englisch)
- Saacke, Sattler, Heuer: Datenbanken – Konzepte und Sprachen
- Kießling, W.; Köstler, G.: Multimedia-Kurs Datenbanksysteme – auch Skript der Vorjahre
- Garcia-Molina, Ullman, Widom: Database Systems: The Complete Book. Pearson, 2nd revised Edition, 2013.

**Modulteil: Datenbanksysteme (Übung)**

**Lehrformen:** Übung

**Sprache:** Deutsch / Englisch

**SWS:** 2

**Prüfung**

**Datenbanksysteme (Klausur)**

Klausur / Prüfungsdauer: 90 Minuten, benotet

**Prüfungshäufigkeit:**

wenn LV angeboten

<b>Modul INF-0440: Quantum Algorithms</b> <i>Quantum Algorithms</i>		5 ECTS/LP
Version 1.0.0 (seit SoSe23) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Jakob Siegfried Kottmann		
<p><b>Lernziele/Kompetenzen:</b> Die Studierenden erwerben Grundkenntnisse in der Quantenalgorithmik und sind in der Lage fundamentale Prinzipien zu erklären und Ihre Verwendung in algorithmischen Strukturen zu beschreiben. Sie können etablierte algorithmische Strukturen aus dem Bereich der Quantenalgorithmik, wie die Suche, Fouriertransform, und Phasenabschätzung, beschreiben und potentielle Anwendungsgebiete bestimmen und vergleichen. Nach Besuch der Veranstaltung sind Sie in der Lage quantenalgorithmische Ansätze zu konstruieren und in diskrete Operationen auf Qubitsysteme zu übersetzen. Die Studierenden haben fundiertes Basiswissen in grundlegenden quantenalgorithmische Strukturen und variationellen Heuristiken. Sie sind in der Lage quantenalgorithmische Elemente in gegenwärtiger Literatur zu identifizieren, zu analysieren und zu bewerten.</p> <p><b>Schlüsselqualifikationen:</b> Abstraktionsfähigkeit; Sicherer Umgang mit mathematischen Strukturen; Algorithmisches Denken; Eigenständiges Erarbeiten von algorithmischen Lösungsansätzen; Grundlegendes Verständnis für die Funktion von Quantenrechnern; Grundsätze guter wissenschaftlicher Praxis;</p>		
<p><b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 150 Std. 60 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes Übung/Fallstudien (Selbststudium) 15 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes durch Literatur (Selbststudium) 15 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes anhand bereitgestellter Unterlagen (Selbststudium) 30 Std. Übung (Präsenzstudium) 30 Std. Vorlesung (Präsenzstudium)</p>		
<b>Voraussetzungen:</b> Grundkenntnisse in linearer Algebra werden empfohlen.		<b>ECTS/LP-Bedingungen:</b> Bestehen der Modulprüfung.
<b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Sommersemester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> ab dem 1.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 4	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	
<b>Modulteile</b>		
<p><b>Modulteil: Quantum Algorithms (Vorlesung)</b> <b>Lehrformen:</b> Vorlesung <b>Sprache:</b> Englisch / Deutsch <b>SWS:</b> 2</p>		

**Inhalte:**

Foundations of Quantum Information Processing:

- qubits and their representation
- BraKet notation and necessary structures from linear algebra
- operations on qubits: circuits and gates

Quantum Algorithms

- quantum search and amplitude amplification
- quantum fourier transform and it's applications
- quantum simulation
- variational quantum algorithms
- differentiable quantum algorithmic procedures
- quantum heuristics
- usecases from current day research

**Literatur:**

**Basics of Quantum Information/Quantum Computation:**

- Michal Nielsen; Isaac Chuang: Quantum Computation and Quantum Information

**Basics of quantum mechanics:**

- Richard P. Feynman; Robert B. Leighton; Matthew Sands: Feynman-Vorlesungen über Physik: Band III, Quantenmechanik
- original scripts are online: <https://www.feynmanlectures.caltech.edu/info/>

**Overview over variational quantum algorithms:**

- <https://doi.org/10.1103/RevModPhys.94.015004>
- <https://doi.org/10.1038/s42254-021-00348-9>

**More on quantum algorithms:**

- <http://theory.caltech.edu/~preskill/ph229/> (chapter 5 provides a good summary of the well-known "traditional" quantum algorithms)

**Zugeordnete Lehrveranstaltungen:**

**Quantum Algorithms** (Vorlesung)

*\*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.\**

As this is the first time, this lecture will take place, basic concepts from the bachelor course are introduced here as well. Prerequisites are a basic understanding of linear algebra and some experience with algorithmic procedures (Informatik I,II,III are recommended). Contents 2023: Foundations of Quantum Information Processing: principles of quantum mechanics qubits and their representation braket notation and necessary structures from linear algebra Quantum Algorithms operations on qubits: circuits and gates quantum search and amplitude amplification quantum fourier transform and it's applications quantum simulation variational quantum algorithms differentiable quantum algorithmic procedures and applications examples from current day research

**Modulteil: Quantum Algorithms (Übung)**

**Lehrformen:** Übung

**Sprache:** Englisch

**SWS:** 2

**Zugeordnete Lehrveranstaltungen:**

**Übung zu Quantum Algorithms** (Übung)

*\*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.\**

**Prüfung**

**Quantum Algorithms**

Mündliche Prüfung / Prüfungsdauer: 25 Minuten, benotet

**Prüfungshäufigkeit:**

wenn LV angeboten

<b>Modul INF-0316: Machine Learning and Computer Vision</b> <i>Machine Learning and Computer Vision</i>		8 ECTS/LP
Version 1.0.0 (seit SoSe19) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Rainer Lienhart		
<p><b>Lernziele/Kompetenzen:</b> Nach der erfolgreichen Teilnahme an diesem Modul besitzen die Studierenden fortgeschrittene Kenntnisse des maschinellen Lernens (Entscheidungsbäume, neuronale Netze und tiefe neuronale Netze, Hypothesenevaluation, Instanz-basiertes Lernen, Bayessches Lernen, Lerntheorie), der Datenreduktion (z.B. Hauptkomponentenanalyse), der fortgeschrittenen Bildverarbeitung und des maschinellen Sehens und können diese anwenden. Sie sind in der Lage, wissenschaftlich komplexe Verfahren auf dem Gebiet der multimedialen Datenverarbeitung zu analysieren, zu verstehen und programmatisch umzusetzen, sowie die erlernten Prinzipien auf neue Fragestellungen geeignet anzuwenden. Sie entwickeln Fertigkeiten zum logischen, analytischen und konzeptionellen Denken im Bereich der digitalen Signalverarbeitung und multimedialen Datenverarbeitung.</p> <p><b>Schlüsselqualifikationen:</b> fortgeschrittene mathematisch-formale Logik; umsetzen fachlicher Lösungskonzepte in Modelle; fachübergreifende Kenntnisse; Entwicklung und Umsetzung von Lösungsstrategien komplexer Problemstellungen; systematische Weiterentwicklung von Entwurfsmethoden; Fertigkeit zur Lösung von Problemen unter praxisnahen Randbedingungen</p>		
<p><b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 240 Std. 30 Std. Übung (Präsenzstudium) 60 Std. Vorlesung (Präsenzstudium) 30 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes anhand bereitgestellter Unterlagen (Selbststudium) 90 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes Übung/Fallstudien (Selbststudium) 30 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes durch Literatur (Selbststudium)</p>		
<b>Voraussetzungen:</b> keine		
<b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Sommersemester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> ab dem 1.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 6	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	

<b>Modulteile</b>
<p><b>Modulteil: Machine Learning and Computer Vision (Vorlesung)</b>  <b>Lehrformen:</b> Vorlesung  <b>Sprache:</b> Deutsch  <b>SWS:</b> 4</p>
<p><b>Inhalte:</b>  Die Vorlesung gibt einen guten Überblick über alle Aspekte des maschinellen Lernens und der maschinellen Extraktion von Informationen aus Multimediadaten (z.B. "Google Image Search", "Google Goggles"). Die erlernten Konzepte werden in den Übungen anhand von erfolgreichen Beispielen aus der Praxis ausprobiert, geübt, analysiert und bewertet. Zum Ende des Semesters werden fortgeschrittene Themen wie Objektdetektion und Objekterkennung von Gesichtern und Menschen behandelt. Die Inhalte der Vorlesung umfassen: Machine Learning (Decision Tree Learning, Artificial Neural Networks, Bayesian Learning, Discrete Adaboost), Data Reduction (Quantization (K-Means Clustering, Affinity Propagation), Dimensionality Reduction Techniques (PCA, NMF, Random Projection, MDS)) und Image Processing &amp; Computer Vision (Salient Feature Points and Feature Descriptors, Object Detection (Face/Car/People Detection), Object Recognition (Face Recognition), Image Search with pLSA)</p>

**Literatur:**

Literaturhinweise werden zu Beginn des Semesters bekanntgegeben.

**Zugeordnete Lehrveranstaltungen:**

**Machine Learning and Computer Vision (Vorlesung)**

*\*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.\**

**Modulteil: Machine Learning and Computer Vision (Übung)**

**Lehrformen:** Übung

**Sprache:** Deutsch

**SWS:** 2

**Zugeordnete Lehrveranstaltungen:**

**Übung zu Machine Learning and Computer Vision (Übung)**

*\*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.\**

**Prüfung**

**Machine Learning and Computer Vision (Klausur)**

Klausur / Prüfungsdauer: 120 Minuten, benotet

**Prüfungshäufigkeit:**

jedes Semester

**Beschreibung:**

Die Prüfung kann jedes Semester in der Prüfungszeit abgelegt werden.

<b>Modul PHI-0026: Überblick Philosophiegeschichte/Systematik</b> <i>Overview History of Philosophie / Systematic Philosophy</i>		8 ECTS/LP
Version 1.0.0 (seit WS15/16) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Uwe Voigt		
<b>Inhalte:</b> Die Lehrveranstaltungen zur Geschichte der Philosophie vermitteln Zugänge zu den Begrifflichkeiten und Denkweisen früherer Epochen sowie zu den besonderen Arbeitsweisen der Geisteswissenschaften. Im Rahmen der systematischen Philosophie kann man sich mit klassischen und modernen Positionen der Theoretischen Philosophie oder mit Grundfragen der allgemeinen oder angewandten Ethik befassen.		
<b>Bemerkung:</b> Für Moduldetails beachten Sie bitte auch den Leitfaden für alle Studiengänge: <a href="https://www.uni-augsburg.de/de/fakultaet/philsoz/fakultat/philosophie/leitfaden/">https://www.uni-augsburg.de/de/fakultaet/philsoz/fakultat/philosophie/leitfaden/</a>		
<b>Voraussetzungen:</b> Im Vorlesungsmodul besucht man zwei Vorlesungen, legt aber nur eine Modulgesamtprüfung ab		<b>ECTS/LP-Bedingungen:</b> Bestehen der Modulprüfung
<b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Semester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b>	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> Semester
<b>SWS:</b> 4	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	

<b>Modulteile</b>
<b>Modulteil: Geschichte der Philosophie</b> <b>Lehrformen:</b> Vorlesung <b>Sprache:</b> Deutsch <b>SWS:</b> 2 <b>ECTS/LP:</b> 4.0
<b>Zugeordnete Lehrveranstaltungen:</b> <b>Philosophie der Gegenwart</b> (Vorlesung) <i>*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.*</i> Eine philosophiegeschichtliche Vorlesung zur Philosophie der Gegenwart scheint die Historisierung unseres Faches auf die Spitze zu treiben. Können wir sogar die Philosophie, wie sie hier und jetzt betrieben wird, nur noch aus der Perspektive des Rückblicks zur Kenntnis nehmen? Beabsichtigt ist mit dieser Vorlesung jedoch etwas anderes: nämlich die Frage zu beantworten, was Philosophie heute ist und, damit verbunden, wie sie dazu geworden ist. Den Ausgangspunkt dafür stellt die Auseinandersetzung mit einem zumindest vermeintlichen absoluten Standpunkt dar, wie sie für die Philosophie der Gegenwart charakteristisch ist. Diese Auseinandersetzung hat um zwei Jahrhundertwenden herum in zwei Formen angefangen: als Ruf nach einer „positiven“ Philosophie nach 1800 und als Entwicklung der später als „analytisch“ bezeichneten Philosophie um 1900. Damit einher geht auch der zumindest vermeintliche Zerfall der Philosophie in verschiedene Strömungen, für die heute die Etiketten der „kontinentalen“... (weiter siehe Digicampus) <b>Philosophiegeschichte des Mittelalters</b> (Vorlesung) <i>*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.*</i> Grob gesprochen umfasst die Philosophie des Mittelalters im Abendland 1000 Jahre. Da es sinnvoll ist, in der Philosophie Geschichte und Systematik zusammen zu betrachten, richtet sich in dieser Lehrveranstaltung der Blick im Rahmen der geschichtlichen Darstellung immer auch auf die philosophischen Probleme selbst. Da das Mittelalter wesentlich vom Dialog zwischen dem christlichen und dem antiken philosophischen Denken geprägt ist, wird dieser fruchtbare und spannungsreiche Austausch im Vordergrund stehen. Bedeutende Philosophen der mittelalterlichen islamischen und jüdischen Philosophie werden im Kontext der Frage nach der Verhältnisbestimmung von Glaube und Vernunft ebenfalls berücksichtigt. Anhand wichtiger Vertreter soll in der

Lehrveranstaltung ein Überblick gegeben werden, wie sich die Philosophie im Mittelalter entwickelt hat und wie sich der Weg in die Neuzeit anbahnt.... (weiter siehe Digicampus)

### Modulteil: Systematisch Philosophie

**Lehrformen:** Vorlesung

**Sprache:** Deutsch

**SWS:** 2

**ECTS/LP:** 4.0

### Zugeordnete Lehrveranstaltungen:

#### Einführung in die Wissenschaftstheorie (Vorlesung)

*\*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.\**

Einer weit verbreiteten Überzeugung zufolge können wir wissen, was Wissen ist, indem wir die Wissenschaft betrachten. Dies stellt vor folgende Fragen: Was ist Wissenschaft? Wie unterscheidet sie sich von Pseudowissenschaft? Worauf gründet die Gültigkeit wissenschaftlicher Beweise? Erschließt Wissenschaft die Wirklichkeit oder ist sie nur ein nützliches Werkzeug zum Ordnen unserer Erfahrungen? Wie verhält sich „die Wissenschaft“ zu den vielen verschiedenen Wissenschaften? Mit diesen und verwandten Fragen beschäftigt sich die Wissenschaftstheorie („philosophy of science“). Diese Vorlesung dient zur Einführung in die Wissenschaftstheorie und fragt daher auch danach, was Wissenschaftstheorie überhaupt ist und welchen Status sie innerhalb der Philosophie sowie gegenüber anderen Disziplinen besitzt. Methode: Präsentation und kritische Diskussion historischer Gestaltungsweisen und systematischer Positionen der Wissenschaftstheorie Zielsetzung: Kenntnis grundlegender Themen, Probleme und Persp... (weiter siehe Digicampus)

#### Grundfragen der Metaphysik (Vorlesung)

*\*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.\**

Der Begriff „Metaphysik“ wird oft mit abstrakten und realitätsfernen Gedankengängen in Verbindung gebracht. Metaphysik als Frage nach dem „Seienden als Seiendem“ (Aristoteles) oder als Frage nach dem höchsten Seienden dürften diese Meinung auf den ersten Blick bestärken. Aber viele alltägliche Auseinandersetzungen und Probleme betreffen letzte Grundannahmen, die jeder/jede von uns über sich selbst und die Wirklichkeit macht. Diese Annahmen bestimmen – häufig ohne dass wir uns dessen bewusst wären – unsere Einstellungen, Entscheidungen und Lebensorientierung. Sie betreffen u. a. folgende Fragen: Was gibt es eigentlich? Aus welcher Art von Dingen (Entitäten) setzt sich die Welt zusammen? Was ist real und was ist Fiktion? Sind wir mehr als die Summe unserer materiellen Teile? Gibt es objektive Werte? Abschließend wird auch auf metaphysikkritische Einwände aus Geschichte und Gegenwart eingegangen.... (weiter siehe Digicampus)

#### Philosophie des Wassers (Vorlesung)

*\*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.\**

Wasser ist an der Oberfläche durchsichtig und licht; in der Tiefe wird es rasch dunkel. Über keine andere Substanz wissen wir so viel und so wenig zugleich. In alchemistischen Texten wird das Wasser als ‚Mutter‘, manchmal auch als ‚Hermaphrodit‘ verrätselt. Beide Sinnbilder werden in dieser Vorlesung erläutert – auf der Grundlage der Ergebnisse der modernen naturwissenschaftlichen Wasserforschung. Die Vorlesung verbindet Imagination und Fakten, integriert altes und neues Wasserdenken und gelangt so zu einem neuen Verständnis des Phänomens Wasser. Exkursionen zu Wasser-Orten im Augsburger Welterbe, gemeinsame Betrachtung alchemistischer Werke in der Universitätsbibliothek, ev. auch Co-Vorträge von Wasserexpertinnen und Wasserdenkerinnen aus anderen Disziplinen bringen andere Perspektiven herein. Ein Ausblick auf das Element Feuer rundet die Veranstaltung ab.

#### Religionsphilosophie (Vorlesung)

*\*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.\**

Hört man den Ausdruck "Religionsphilosophie", so lässt sich zuerst einmal fragen: Was hat Religion mit Philosophie zu tun? Ist Religionsphilosophie nicht ein "hölzernes Eisen"? In dieser Vorlesung soll deutlich werden, dass Religionsphilosophie eine philosophische Subdisziplin ist, die sich mit dem komplexen Phänomen "Religion" befasst: Sind religiöse Überzeugungen vernünftig? Kann es wahre religiöse Überzeugungen geben? Welche Argumente gegen die Rationalität von Religion lassen sich anführen? Was bezeichnen wir eigentlich mit dem Ausdruck "Gott"? Sprechen die vielen verschiedenen religiösen Traditionen gegen die Wahrheit einer Religion?

Hängt Moral von Religion ab? In dieser Vorlesung soll diesen und ähnlichen Fragen nachgegangen werden, wobei neben westlich-abendländischen Ansätzen auch Ausflüge in andere religiöse Traditionen unternommen werden.

**Prüfung**

**PHIL-0026 Überblick Philosophiegeschichte/Systematik**

Modulprüfung, Mündliche Prüfung (30') oder Klausur (120'), benotet

**Prüfungshäufigkeit:**

jedes Semester

<b>Modul PHI-0027: Text und Diskurs Philosophiegeschichte/ Systematik</b> <i>Text and Discourse History of Philosophy / Systematic Philosophy</i>		8 ECTS/LP
Version 1.0.0 (seit WS15/16) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Uwe Voigt		
<b>Inhalte:</b> Die Lehrveranstaltungen zur Geschichte der Philosophie vermitteln Zugänge zu den Begrifflichkeiten und Denkweisen früherer Epochen sowie zu den besonderen Arbeitsweisen der Geisteswissenschaften. Im Rahmen der systematischen Philosophie kann man sich mit klassischen und modernen Positionen der Theoretischen Philosophie oder mit Grundfragen der allgemeinen oder angewandten Ethik befassen.		
<b>Bemerkung:</b> Für Moduldetails beachten Sie bitte auch den Leitfaden für alle Studiengänge: <a href="https://www.uni-augsburg.de/de/fakultaet/philsoz/fakultat/philosophie/leitfaden/">https://www.uni-augsburg.de/de/fakultaet/philsoz/fakultat/philosophie/leitfaden/</a>		
<b>Voraussetzungen:</b> Im Seminarmodul nimmt man regelmäßig und aktiv (Referat) an zwei Seminaren teil; hier besteht die Modulgesamtprüfung darin, dass man zu einem der beiden Seminare eine Hausarbeit schreibt.		<b>ECTS/LP-Bedingungen:</b> Bestehen der Modulprüfung
<b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Semester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b>	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> Semester
<b>SWS:</b> 4	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	

<b>Modulteile</b>
<b>Modulteil: Geschichte der Philosophie</b> <b>Lehrformen:</b> Seminar <b>Sprache:</b> Deutsch <b>SWS:</b> 2 <b>ECTS/LP:</b> 4.0
<b>Zugeordnete Lehrveranstaltungen:</b> <b>Einführung in die Philosophie der Kosmologie (Seminar)</b> <i>*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.*</i> Wenngleich der Wandel vom Geozentrismus zum Heliozentrismus Anlass zur Annahme gibt, den Anthropozentrismus im Bereich der Kosmologie überwunden zu haben, können wir auf die Entwicklungsgeschichte kosmologischer Weltmodelle blickend sagen, dass es nicht lange her ist, dass der Mensch versuchte, seine Stellung im Kosmos weiterhin als eine besondere hervorzuheben. Erst im Jahr 1923 – vor ca. 100 Jahren – gelang es Edwin Hubble, den Andromeda-Nebel als unsere Nachbargalaxie zu identifizieren und infolgedessen die Annahme, dass die Milchstraße den ganzen Kosmos umfasse, zu widerlegen. Durch diese Entdeckung Hubbles war der Mensch dazu veranlasst, sich in beträchtliche Entfernung eines vermeintlichen Zentrums zu stellen. Mithilfe von Weltraumteleskopen, wie etwa „Hubble“, „Gaia“ oder „James Webb“, sind wir heute in der Lage, die Entfernung zu den Galaxien und Sternen mit einer verblüffenden Genauigkeit zu bestimmen. Die gelieferten Datensätze dienen jedoch nicht nur zur Beantwortung bereits... (weiter siehe Digicampus) <b>Hannah Arendt: Eichmann in Jerusalem. Ein Bericht von der Banalität des Bösen (Auszüge) (Seminar)</b> <i>*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.*</i> Als der Bericht Hannah Arendts zum Eichmann Prozess im Mai 1963 in den USA und schließlich 1964 in deutscher Übersetzung erschien, spiegelte er nicht nur ein weltweites Interesse an einem Prozess eines am Holocaust maßgeblich verantwortlichen Kriegsverbrechers wider, sondern konfrontierte neben der breiten Öffentlichkeit insbesondere auch Freunde und politische Institutionen mit provokanten Analysen und Thesen

anlässlich der grauenhaften Verbrechen des Naziregimes. Die Veröffentlichung löste infolge vielfältige kontroverse Reaktionen aus, die neben den kritischen politischen Inhalten ihrer Publikation auch den Untertitel „Banalität des Bösen“ betraf. Die im Bericht u.a. dokumentierte Struktur der Funktionen des totalitären Regimes, offengelegt durch Eichmann im Prozess, ließ zumindest eine (bisher beliebte) Reaktion der Abwehr einer Auseinandersetzung nicht mehr zu: die Dämonisierung des Bösen in Form der Projektion lediglich auf die Person Hitler und seine Nazi-Klicke. Die bestialisch... (weiter siehe Digicampus)

#### **Immanuel Kant, Zum ewigen Frieden (1795)** (Hauptseminar)

*\*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.\**

Immanuel Kant hat in seiner Schrift Zum ewigen Frieden (1795) eine der einflussreichsten Friedenstheorien entworfen. In diesem Seminar lesen wir seinen Text sehr genau und versuchen, ihn auf aktuelle politische Fragestellungen zu beziehen: Inwiefern ist Kants Friedensverständnis auch in einer globalisierten Welt noch relevant? Inwiefern wird sein Begriff des Krieges aktuellen Konflikten gerecht? Inwiefern ist Kants Menschenbild adäquat, und inwiefern ist ein ewiger Frieden überhaupt möglich?

#### **Karl Popper: Logik der Forschung** (Seminar)

*\*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.\**

Das Buch „Logik der Forschung“ (1934) gilt als wissenschaftstheoretisches Hauptwerk Karl Raimund Poppers (1902-1994), der als Begründer des sogenannten kritischen Rationalismus bekannt ist. Popper betrachtet als zentrales Problem der Erkenntnislehre das Problem des Wachstums des Wissens und hält für den besten Weg zur Lösung dieses Problems ein Studium des Wachstums der Wissenschaft: Die Betrachtung der wissenschaftlichen Erkenntnis soll „ein vergrößertes Bild der Alltagserkenntnis“ liefern. Im Buch vertritt Popper die Ansicht, dass die Antwort auf die erkenntnistheoretische Grundfrage, ob wir überhaupt etwas wissen können, nicht pessimistisch sein muss. Obwohl unser Wissen kein sicheres Wissen sei, sei eine Annäherung an die Wahrheit möglich. Im Seminar diskutieren wir die im Buch dargelegte Theorie.

#### **Moritz Schlick: Ausgewählte Texte** (Seminar)

*\*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.\**

Moritz Schlick (1882–1936) war Begründer und Moderator des Wiener Kreises, mit dem philosophiegeschichtlich die Stichworte Logischer Empirismus und Neopositivismus verbunden sind. Hierbei gerät oft aus dem Blick, dass die Philosophie Schlicks insgesamt weniger szientistisch geprägt war als oft vermutet und dieser insbesondere in seiner frühen Phase mit sehr ‚kontinentalen‘ Denktraditionen wie der Lebensphilosophie und dem Neukantianismus eine kritisch-konstruktive Auseinandersetzung führte. Zudem veröffentlichte er eine ‚Glückseligkeitslehre‘ (1907) und widmete später ‚Fragen der Ethik‘ (1930) eine umfassende Studie. Im Seminar werden ausgewählte Texte Schlicks diskutiert, die ein möglichst weites Spektrum seines Philosophietreibens greifbar machen, welches jäh durch seine tragische Ermordung in der Universität Wien 1936 einen Abbruch finden musste. Neben Auszügen aus den bereits genannten Schriften sind dies u.a. die Aufsätze ‚Gibt es intuitive Erkenntnis?‘ (1913), ‚Erleben, Erkennen,...‘ (weiter siehe Digicampus)

#### **Philosophische Herausforderungen in der Physik der Raum-Zeit** (Seminar)

*\*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.\**

Im Fokus dieses Blockseminars steht der Dialog zwischen Philosophie und Physik am Beispiel der Raum-Zeit-Diskussion. Wir möchten gemeinsam untersuchen, wie naturphilosophische Konzepte von Raum und Zeit manchmal zu spekulativ, manchmal zu eng waren, um Beobachtungen und Experimente zu erklären. Es sollen hierbei einige Stationen aus der Entwicklung der Raum-Zeit-Auffassung von der Antike bis zur Speziellen Relativitätstheorie Albert Einsteins skizziert werden, um im darauffolgenden zu überprüfen, inwiefern das naturphilosophische Konzept eine maßgebende erkenntnisleitende Funktion haben kann.

#### **Modulteil: Systematische Philosophie**

**Lehrformen:** Seminar

**Sprache:** Deutsch

**SWS:** 2

**ECTS/LP:** 4.0

#### **Zugeordnete Lehrveranstaltungen:**

**Einführung in die Philosophie der Kosmologie** (Seminar)

*\*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.\**

Wenngleich der Wandel vom Geozentrismus zum Heliozentrismus Anlass zur Annahme gibt, den Anthropozentrismus im Bereich der Kosmologie überwunden zu haben, können wir auf die Entwicklungsgeschichte kosmologischer Weltmodelle blickend sagen, dass es nicht lange her ist, dass der Mensch versuchte, seine Stellung im Kosmos weiterhin als eine besondere hervorzuheben. Erst im Jahr 1923 – vor ca. 100 Jahren – gelang es Edwin Hubble, den Andromeda-Nebel als unsere Nachbargalaxie zu identifizieren und infolgedessen die Annahme, dass die Milchstraße den ganzen Kosmos umfasse, zu widerlegen. Durch diese Entdeckung Hubbles war der Mensch dazu veranlasst, sich in beträchtliche Entfernung eines vermeintlichen Zentrums zu stellen. Mithilfe von Weltraumteleskopen, wie etwa „Hubble“, „Gaia“ oder „James Webb“, sind wir heute in der Lage, die Entfernung zu den Galaxien und Sternen mit einer verblüffenden Genauigkeit zu bestimmen. Die gelieferten Datensätze dienen jedoch nicht nur zur Beantwortung bereits... (weiter siehe Digicampus)

#### **Einführung in die Umweltethik (Seminar)**

*\*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.\**

Durch die ökologische(n) Krise(n) des 20. und 21. Jahrhunderts ist auch die Umwelt zum Gegenstand ethischer Reflexion geworden. Das Seminar diskutiert verschiedene Formen von Mensch-Natur-Interaktion und problematisiert sie u.a. mit Blick auf folgende Themen: Klimawandel, Rechte der Natur, Tierschutz, Umweltästhetik, Zukunftsethik.

#### **Environment in Crisis - Crisis in Aesthetics (Blockseminar) (Hauptseminar)**

*\*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.\**

Hinweis: Studierende, die an dieser Veranstaltung Interesse haben und sich zur Auswahl melden möchten, werden gebeten sich per Mail an Herrn Prof. Dr. Uwe Voigt zu wenden: uwe.voigt@uni-a.de This class is at the same time a conference, whose main language is English, is organized in cooperation with the Working Group on Environmental Aesthetics (<https://wgea.foranewearth.org/>), the Hanns Seidel Foundation, the Chair of Philosophy II (Otto Friedrich University Bamberg), and the Institute "Mensch und Ästhetik" (Bamberg/Coburg). In this meeting, we will search for reflections of environmental crisis in conceptions of crisis to be found in different cultural traditions and approaches to aesthetics across Asia, Northern America, and Europe. The morning sessions are dedicated to "classical" lectures by young colleagues. In the afternoon, we will discuss papers by senior colleagues while practicing immersion into the rich natural and cultural environment of the Upper Main Valley ("walk and ta... (weiter siehe Digicampus)

#### **Ethics of Technology (Seminar)**

*\*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.\**

The seminar deals with central forms and problems of human-technology interaction. It consists of two parts. The first part deals with important forms and objects of technology, from medicine to genetics, from (new) media, robotics and artificial intelligence to the environment and climate. The second part focuses on the relationship between humans and technology based on the topics of "human-machine interaction", "human enhancement", "transhumanism", and technology assessment. The relationship between humans, technology and technology critique will be discussed on the basis of classical positions in cultural history and philosophy (Prometheus, the Hippocratic Oath, Heidegger, Hans Jonas).

#### **Ethik der künstlichen Intelligenz (Seminar)**

*\*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.\**

Im Seminar werden u.a. folgende Dimensionen der gegenwärtigen Debatte um Künstliche Intelligenz (KI) in Wissenschaft und Gesellschaft thematisiert und diskutiert: (1) Wie ist KI entstanden? (2) Welches sind die herausragenden Merkmale gegenwärtiger KI? (3) Wie wird sich KI in absehbarer Zukunft entwickeln? (4) Gibt es ein einheitliches Rahmensystem an ethischen Prinzipien der KI? (5) Welche unethischen Szenarien der Realisierung von KI drohen? (6) Wie kann KI als soziales Gut genutzt werden? (7) Welche Bedeutung kommt KI im Rahmen der Nachhaltigkeitsstrategie der Vereinten Nationen (Sustainable Development Goals) zu?

#### **Grundlagen der Modallogik (Seminar)**

*\*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.\**

Blockseminar (Zeiten werden nicht bekanntgegeben) Die Modallogik ist sowohl Forschungsgegenstand der Philosophie als auch unverzichtbares Hilfsmittel in etlichen Gebieten der Philosophie. Sie ist eine Erweiterung

der klassischen Aussagen- und Prädikatenlogik und nimmt anders als diese auch intensionale Satzoperatoren in den Blick – im Falle der alethischen Modallogik, die als „Grundform“ der Modallogik gelten kann und die in diesem Seminar im Fokus steht, die Satzoperatoren „es ist möglich, dass“ und „es ist notwendig, dass“. Der Schwerpunkt des Seminars liegt auf den Grundlagen der alethischen Modallogik, die systematisch erarbeitet werden: Dazu gehört insbesondere eine eingehende Auseinandersetzung mit der Semantik möglicher Welten. In diesem Zuge werden u.a. die klassischen modallogischen Systeme T, S4 und S5 genau beleuchtet. Darüber hinaus finden beispielsweise auch die modale Prädikatenlogik und philosophische Anwendungen der Modallogik Beachtung. Wichtig: Grundkenntnisse in der k... (weiter siehe Digicampus)

#### **Immanuel Kant, Zum ewigen Frieden (1795) (Hauptseminar)**

*\*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.\**

Immanuel Kant hat in seiner Schrift Zum ewigen Frieden (1795) eine der einflussreichsten Friedenstheorien entworfen. In diesem Seminar lesen wir seinen Text sehr genau und versuchen, ihn auf aktuelle politische Fragestellungen zu beziehen: Inwiefern ist Kants Friedensverständnis auch in einer globalisierten Welt noch relevant? Inwiefern wird sein Begriff des Krieges aktuellen Konflikten gerecht? Inwiefern ist Kants Menschenbild adäquat, und inwiefern ist ein ewiger Frieden überhaupt möglich?

#### **Kant, ChatBots und die Positionierung des Menschen (Seminar)**

*\*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.\**

ChatGPT zeige erste Anzeichen von Bewusstsein, ChatGPT halluziniere, eine Künstliche Intelligenz sei bald der menschlichen Intelligenz überlegen, KI bedrohe die menschliche Spezies. Eine schwerfällige Maschine zur Mustererkennung sei ChatGPT, meint Noam Chomsky. Reines Manipulieren von Symbolen erzeuge kein echtes Verständnis, darin waren sich auch John Searle und Thomas Nagel einig. Wieder andere sprechen von emergenten Phänomenen der künstlichen neuronalen Netzwerke: Nicht einmal die Programmierer der Algorithmen wüssten, wie ein Programm, dass immer nur die nächsten Buchstaben in ihrer Auftretenswahrscheinlichkeit kalkuliert, sinnvoll erscheinende, sogar poetische, kreative und philosophische Texte generieren kann, niemand scheint zu verstehen, wie sich ein Chatbot so überzeugend mit Menschen unterhalten kann. ChatGPT sei ein Kulturgut, mit Bildung könne verhindert werden, dass die Technik den Menschen überholt. Und doch wirkt es so, als ob die Philosophie bezüglich der rasant forts... (weiter siehe Digicampus)

#### **Karl Popper: Logik der Forschung (Seminar)**

*\*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.\**

Das Buch „Logik der Forschung“ (1934) gilt als wissenschaftstheoretisches Hauptwerk Karl Raimund Poppers (1902-1994), der als Begründer des sogenannten kritischen Rationalismus bekannt ist. Popper betrachtet als zentrales Problem der Erkenntnislehre das Problem des Wachstums des Wissens und hält für den besten Weg zur Lösung dieses Problems ein Studium des Wachstums der Wissenschaft: Die Betrachtung der wissenschaftlichen Erkenntnis soll „ein vergrößertes Bild der Alltagserkenntnis“ liefern. Im Buch vertritt Popper die Ansicht, dass die Antwort auf die erkenntnistheoretische Grundfrage, ob wir überhaupt etwas wissen können, nicht pessimistisch sein muss. Obwohl unser Wissen kein sicheres Wissen sei, sei eine Annäherung an die Wahrheit möglich. Im Seminar diskutieren wir die im Buch dargelegte Theorie.

#### **Klassiker der Naturphilosophie: Von Thales und Anaximander zu Planck und Einstein (Seminar)**

*\*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.\**

Die Naturphilosophie ist als (u.a.) Suche nach und Deutung von naturstrukturierenden Ordnungsprinzipien die älteste philosophische Fachdisziplin und markiert mit ihren Anfängen in der Geschichte der Menschheit einen entscheidenden Schritt in Richtung einer rationalen Welterklärung. Das dem Zwecke des Aufzeigens von Entwicklungslinien dienende Seminar ist philosophie- und wissenschaftshistorisch angelegt und beginnt bei den Vorsokratikern (z.B. Thales, Anaximander, Pythagoras, Empedokles, Anaxagoras, Leukipp und Demokrit). Ausgewählte Beispiele der weiteren Behandlung sind unter anderem die beiden überaus wirkmächtigen Klassiker der griechischen Antike, Platon und Aristoteles. Über das christliche und islamische Mittelalter (z.B. Alhazen, Thomas von Aquin, Roger Bacon, Buridan, Oresme) wird der Bogen zur Renaissance (z.B. Cusanus, Leonardo da Vinci, Bruno) gespannt, bevor die Entstehung der neuzeitlichen Naturwissenschaft vor dem Hintergrund einer neuen (mathematisierten) Naturphilosophie... (weiter siehe Digicampus)

#### **Logik der Fehlschlüsse - Fehlschlüsse der Logik (online vhb-Kurs)**

*\*Veranstaltung wird online/digital abgehalten.\**

Kursanmeldung: Kursabmeldung: Kursbearbeitung / Kurslaufzeit: Der Link zur Anmeldung bei der vhb lautet: <https://www.vhb.org/startseite/> und danach geht es weiter unter "Schlüsselqualifikationen", "Methodenkompetenz". Königin Necessitas wird Sie demnächst empfangen. Denn Sie sind bei diesem Seminar die Hauptperson, die sich mit folgenden Fragen beschäftigt: Was ist ein logisch gültiger Schluss? Was sind Fehlschlüsse und in welchen Arten kommen sie vor? Wie bewähren sich Schlüsse und (tatsächliche oder scheinbare) Fehlschlüsse beim Argumentieren? Lassen sich gute Gründe dafür anführen, am Stellenwert logisch gültiger Schlüsse zu zweifeln? Was soll das sein und gibt es das überhaupt – eine Logik der Fehlschlüsse und die Fehlschlüsse der Logik? Diese Fragen stellen sich Ihnen während eines virtuellen Praktikums, das Sie für den philosophischen Sicherheitsdienst PHILOSECURE auf dem Planeten Sicut-Nonia absolvieren. Dort herrscht ein Konflikt zwischen dem Königreich von Logopolis, das die I... (weiter siehe Digicampus)

**Moralischer Realismus und Antirealismus. Zur Debatte über den Wahrheitsanspruch moralischer Sätze**  
(Seminar)

*\*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.\**

Während die normative Ethik begründete Aussagen über das konkrete Handeln trifft (wie etwa „Du sollst nicht lügen“), untersucht die Metaethik die Begründungsmethoden und die Bedeutung der dabei verwendeten Moralsprache. Die Metaethik untersucht insbesondere die Wahrheitsfähigkeit der Aussagen der normativen Ethik. Sind unsere moralischen Normen nur Ausdruck emotionaler oder gar evolutionärer Gegebenheiten, sind sie reine Konventionen oder beruhen sie auf objektiven Werten und Strukturen in der Welt? Dieses Seminar geht der Debatte über den moralischen Realismus und moralischen Antirealismus (Kognitivismus und Nonkognitivismus) nach und soll auch einen Blick auf die klassische Naturrechtslehre werfen.

**Philosophie des Verzeihens und Vergebens** (Seminar)

*\*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.\**

Die Bereitschaft zu verzeihen und anderen ihre Schuld zu vergeben, wird in allen Kulturen als ein erstrebenswertes Ziel angesehen. So heißt es etwa im christlichen Gebet "Vater Unser", dass wir unseren Schuldigern vergeben sollen. Wir bewundern Menschen, denen großes Leid angetan wurde, und die dennoch ihren Peinigern verzeihen können und nicht nach Rache sinnern. Aber was genau bedeutet es eigentlich, jemandem zu verzeihen und was bewirkt Vergebung? Es ist nicht klar, warum verzeihen immer ein Ausdruck von menschlicher Größe und Tugend sein soll, da es auch Situationen geben könnte, in denen verzeihen unangemessen oder sogar moralisch bedenklich erscheint: Haben wir manchmal vielleicht die Pflicht, nicht zu verzeihen, weil wir für Gerechtigkeit sorgen, eine Strafe einfordern oder uns selbst achten sollten? Wie sollen wir uns verhalten, wenn jemand keinerlei Einsicht und Reue zeigt? Zudem stellt sich die Frage, ob wir nur anderen verzeihen können oder ob es auch einen selbstbezügliche... (weiter siehe Digicampus)

**Philosophische Herausforderungen in der Physik der Raum-Zeit** (Seminar)

*\*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.\**

Im Fokus dieses Blockseminars steht der Dialog zwischen Philosophie und Physik am Beispiel der Raum-Zeit-Diskussion. Wir möchten gemeinsam untersuchen, wie naturphilosophische Konzepte von Raum und Zeit manchmal zu spekulativ, manchmal zu eng waren, um Beobachtungen und Experimente zu erklären. Es sollen hierbei einige Stationen aus der Entwicklung der Raum-Zeit-Auffassung von der Antike bis zur Speziellen Relativitätstheorie Albert Einsteins skizziert werden, um im darauffolgenden zu überprüfen, inwiefern das naturphilosophische Konzept eine maßgebende erkenntnisleitende Funktion haben kann.

**Prüfung**

**PHI-0027 Text und Diskurs Philosophiegeschichte/Systematik**

Hausarbeit/Seminararbeit, Aktive Teilnahme an jeweils einem Seminar, Modulgesamtprüfung: 1 Hausarbeit, benotet

**Prüfungshäufigkeit:**

jedes Semester

<b>Modul WIW-0001: Kostenrechnung</b> <i>Cost Accounting</i>		5 ECTS/LP
Version 4.3.0 (seit WS16/17) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Jennifer Kunz		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> <b>Fachbezogene Kompetenzen</b> Nach der erfolgreichen Teilnahme an diesem Modul sind die Studierenden in der Lage, die Grundlagen der notwendigen Methoden der Kosten- und Leistungsrechnung, welche nötig sind, um Kosteninformationen für eine effektive und effiziente Unternehmensführung zu erhalten, zu begreifen. <b>Methodische Kompetenzen</b> Die Studierenden können nach einer erfolgreichen Teilnahme an der Veranstaltung unterschiedliche Kostenrechnungsprobleme rechnerisch lösen. Sie sind durch die Erkenntnisse in den Übungen und Fallstudien in der Lage die drei Stufen der Vollkostenrechnung, die Erlös- und die Erfolgsrechnung zu verstehen und kompetent selbst anzuwenden. <b>Fachübergreifende Kompetenzen</b> Die Studierenden entwickeln durch die Veranstaltung ein kritisches Verständnis zu Kosteninformationen und sind in der Lage ihre erworbenen Kenntnisse auf andere betriebswirtschaftliche Problemstellungen zu übertragen. <b>Schlüsselkompetenzen</b> Die Studierenden sind nach dem Besuch der Veranstaltung in der Lage, die Kostenrechnung in der Praxis zu nutzen und sie auf theoretisch fundierter Basis zu hinterfragen.		
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 150 Std. 54 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes anhand bereitgestellter Unterlagen (Selbststudium) 42 Std. Vorlesung und Übung (Präsenzstudium) 33 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes durch Literatur (Selbststudium) 21 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes Übung/Fallstudien (Selbststudium)		
<b>Voraussetzungen:</b> Es sind keine Vorkenntnisse notwendig.		<b>ECTS/LP-Bedingungen:</b> schriftliche Prüfung
<b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Wintersemester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> 1.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 4	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	
<b>Modulteile</b>		
<b>Modulteil: Kostenrechnung (Vorlesung)</b>		
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung		
<b>Sprache:</b> Deutsch		
<b>SWS:</b> 2		
<b>Literatur:</b>		
Coenenberg, A. G., Fischer, T. M. & Günther, T. (2016). Kostenrechnung und Kostenanalyse, 9. Auflage. Stuttgart: Schäffer-Poeschel.		
Ewert, R. & Wagenhofer, A. (2014). Interne Unternehmensrechnung, 8. Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer.		
Schildbach, T. & Homburg, C. (2008). Kosten- und Leistungsrechnung, 10. Auflage. Stuttgart: Lucius & Lucius.		
Weber, J. & Weißenberger, B. (2021). Einführung in das Rechnungswesen, 10. Auflage. Stuttgart: Schäffer-Poeschel.		

**Modulteil: Kostenrechnung (Übung)**

**Lehrformen:** Übung

**Sprache:** Deutsch

**Angebotshäufigkeit:** jedes Semester

**SWS:** 2

**Zugeordnete Lehrveranstaltungen:**

**Kostenrechnung (Übung)** (Übung)

*\*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.\**

1. Einordnung in den Controlling-Kontext 2. Strukturierung von Kosten 3. Kostenartenrechnung 4. Kostenstellenrechnung 5. Kostenträgerrechnung 6. Erlösrechnung 7. Ergebnisrechnung An den Übungen sollte nur teilgenommen werden, wenn man die Vorlesung bereits besucht hat. Es erfolgt hier keine umfassende Einführung in die Thematik, sondern lediglich die Wiederholung des von den Studierenden bereits in der Vorlesung gelernten Stoffes.

**Prüfung**

**Kostenrechnung**

Klausur / Prüfungsdauer: 90 Minuten, benotet

**Prüfungshäufigkeit:**

jedes Semester

<b>Modul WIW-0014: Bilanzierung I</b> <i>Financial Accounting I</i>		5 ECTS/LP
Version 5.0.0 (seit WS18/19) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Wolfgang Schultze		
<p><b>Lernziele/Kompetenzen:</b> Nach der erfolgreichen Teilnahme an diesem Modul...</p> <p><b>Fachbezogene Kompetenzen</b> ...verstehen die Studierenden die Bestandteile und Ziele des betrieblichen Rechnungswesens. Sie sind in der Lage, den Aufbau und die Funktionsweise des betrieblichen Rechnungswesens sowie die grundlegenden Zusammenhänge der verschiedenen Teilbereiche im Rechnungswesen zu beschreiben. Die Studierenden werden in die Lage versetzt, die wichtigsten unternehmerischen Sachverhalte abbilden zu können sowie die notwendigen Techniken zur Vorbereitung und Erstellung des Jahresabschlusses anwenden zu können. Nach Besuch der Veranstaltung kennen sie die rechtlichen Grundlagen zur Buchführungspflicht sowie die grundlegenden Instrumente eines Jahresabschlusses. Die Studierenden verstehen, wie das System des betriebswirtschaftlichen Rechnungswesens die Geschäftsvorgänge eines Unternehmens abbildet und wie dementsprechend die aus dem betriebswirtschaftlichen Rechnungswesen abgeleiteten Geschäftszahlen Auskunft über die Performance eines Unternehmens geben.</p> <p><b>Methodische Kompetenzen</b> ...sind die Studierenden in der Lage, ein System zur Leistungsbeurteilung von Unternehmen anzuwenden, dessen Ergebnisse als Grundlage für die Unternehmenssteuerung dienen. Die Studierenden können das Prinzip der doppelten Buchführung umsetzen, Geschäftsvorfälle in Form von Buchungssätzen formulieren und auf entsprechende Konten verbuchen.</p> <p><b>Fachübergreifende Kompetenzen</b> ...können Studierende die erworbenen Kenntnisse sowohl in Veranstaltungen der Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät anwenden, die die Inhalte der Veranstaltung Bilanzierung I aufgreifen und erweitern, als auch im Rahmen von z.B. studienbegleitenden Praktika oder beruflichen Tätigkeiten im Kontext des Rechnungswesens.</p> <p><b>Schlüsselkompetenzen</b> ...können die Studierenden Fragestellungen systematisch analysieren. Dabei verstehen sie es Fragestellungen auf ihren Kern zu reduzieren und eigenständig Lösungsansätze zu entwickeln.</p>		
<p><b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 150 Std. 30 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes anhand bereitgestellter Unterlagen (Selbststudium) 38 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes durch Literatur (Selbststudium) 40 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes Übung/Fallstudien (Selbststudium) 42 Std. Vorlesung und Übung (Präsenzstudium)</p>		
<b>Voraussetzungen:</b> Es sind keine Vorkenntnisse notwendig.		<b>ECTS/LP-Bedingungen:</b> schriftliche Prüfung
<b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Wintersemester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> 1.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 4	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	
<b>Moduleile</b>		
<p><b>Moduleil: Bilanzierung I (Vorlesung)</b> <b>Lehrformen:</b> Vorlesung <b>Sprache:</b> Deutsch <b>SWS:</b> 2</p>		

**Literatur:**

Coenenberg/Haller/Mattner/Schultze (2021): Einführung in das Rechnungswesen: Grundlagen der Buchführung und Bilanzierung, 8. Aufl., Stuttgart 2021.

**Modulteil: Bilanzierung I (Übung)**

**Lehrformen:** Übung

**Sprache:** Deutsch

**SWS:** 2

**Prüfung**

**Bilanzierung I**

Klausur / Prüfungsdauer: 90 Minuten, benotet

**Prüfungshäufigkeit:**

jedes Semester

<b>Modul WIW-0002: Bilanzierung II</b> <i>Financial Accounting II</i>		5 ECTS/LP
Version 4.3.0 (seit WS18/19) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Robert Ullmann		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> Nach Bestehen dieses Moduls kennen die Studierenden die Ziele und Funktionen des Jahresabschlusses. Sie können die dazu notwendigen Rechtsvorschriften des HGB (und EStG) benennen. Sie verstehen die Konzeption der Grundsätze ordnungsmäßiger Buchführung (GoB) und deren Einfluss auf die Bilanzierung. Sie können die einschlägigen Vorschriften hinsichtlich des Ansatzes, der Bewertung und des Ausweises anwenden. Die Studierenden sind damit in der Lage, mit Hilfe vorgegebener Sachverhalte eine Bilanz und Gewinn- und Verlustrechnung aufzustellen. Des Weiteren können sie Ansatz- und Bewertungsfragen in den Bereichen des Anlage- und Umlaufvermögens sowie des Eigen- und Fremdkapitals zutreffend beantworten. Sie kennen zudem die weiteren Bilanzpositionen ARAP/PRAP und latente Steuern. Daneben verstehen sie auch die Funktionen der Gewinn- und Verlustrechnung und der Kapitalflussrechnung und deren Zusammenhang mit der Bilanz.		
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 150 Std. 30 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes anhand bereitgestellter Unterlagen (Selbststudium) 40 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes Übung/Fallstudien (Selbststudium) 38 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes durch Literatur (Selbststudium) 42 Std. Vorlesung und Übung (Präsenzstudium)		
<b>Voraussetzungen:</b> Gutes Verständnis der Buchungssystematik aus der Veranstaltung Bilanzierung I.		<b>ECTS/LP-Bedingungen:</b> schriftliche Prüfung
<b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Sommersemester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> 2.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 4	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	

<b>Modulteile</b>
<b>Modulteil: Bilanzierung (Vorlesung)</b> <b>Lehrformen:</b> Vorlesung <b>Sprache:</b> Deutsch <b>SWS:</b> 2
<b>Literatur:</b> Wird in der Veranstaltung bekannt gegeben.
<b>Zugeordnete Lehrveranstaltungen:</b> <b>Bilanzierung II</b> (Vorlesung + Übung) <i>*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.*</i> • Überblick über die Grundlagen der Jahresabschlusserstellung • Grundsätze ordnungsgemäßer Buchführung • Bilanzierung von Anlage- und Umlaufvermögen • Bilanzierung von Eigen- und Fremdkapital • Rechnungsabgrenzungsposten • Gewinn- und Verlustrechnung • Bilanzkennzahlen • Überblick über die Grundlagen der Ertragsteuern (Gewerbe-, Körperschaft- und Einkommensteuer) und der Umsatzsteuer
<b>Modulteil: Bilanzierung II (Übung)</b> <b>Lehrformen:</b> Übung <b>Sprache:</b> Deutsch <b>SWS:</b> 2
<b>Zugeordnete Lehrveranstaltungen:</b>

**Bilanzierung II** (Vorlesung + Übung)

*\*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.\**

- Überblick über die Grundlagen der Jahresabschlusserstellung • Grundsätze ordnungsgemäßer Buchführung • Bilanzierung von Anlage- und Umlaufvermögen • Bilanzierung von Eigen- und Fremdkapital
- Rechnungsabgrenzungsposten • Gewinn- und Verlustrechnung • Bilanzkennzahlen • Überblick über die Grundlagen der Ertragsteuern (Gewerbe-, Körperschaft- und Einkommensteuer) und der Umsatzsteuer

**Prüfung**

**Bilanzierung II**

Klausur / Prüfungsdauer: 90 Minuten, benotet

**Prüfungshäufigkeit:**

jedes Semester

<b>Modul WIW-0003: Investition und Finanzierung</b> <i>Investment and Financing</i>		5 ECTS/LP
Version 3.1.0 (seit WS16/17) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Marco Wilkens		
<p><b>Lernziele/Kompetenzen:</b></p> <p><b>Fachbezogene Kompetenzen:</b></p> <p>Nach erfolgreicher Teilnahme an diesem Kurs kennen die Studierenden die zentralen dynamischen Verfahren der Investitionsrechnung und die zentralen Ansätze zur Bewertung von Entscheidungen unter Sicherheit und Unsicherheit. Dazu gehören Kenntnisse im Bereich der Wertpapieranalyse und Portfoliotheorie sowie die grundlegenden Modelle zur Bewertung von Forwards und Optionen. Die Studierenden entwickeln ein tiefgehendes Verständnis der Kapitalmärkte und der zugehörigen Theorie. Schließlich kennen die Studierenden die zentralen Instrumente und Ziele der Finanzplanung.</p> <p><b>Methodische Kompetenzen:</b></p> <p>Nach der erfolgreichen Teilnahme an diesem Kurs sind die Studierenden in der Lage, die grundsätzlichen Methoden und Instrumente, die in operativen Investitions- und Finanzierungsentscheidungen essenziell sind, anzuwenden und deren Ergebnisse zu interpretieren.</p> <p><b>Fachübergreifende Kompetenzen:</b></p> <p>Die Studierenden können die in diesem Modul erworbenen, insbesondere methodischen Kenntnisse sowie Kenntnisse zur Abwägung von Risiken und Erträgen auf weitere praktische Fragestellungen aus allen ökonomischen Forschungsfeldern anwenden.</p> <p><b>Schlüsselqualifikationen:</b></p> <p>Nach erfolgreicher Teilnahme an diesem Kurs sind die Studierenden in der Lage, in finanziellen Größen zu denken und diese zu analysieren und weiterzuentwickeln. Darüber hinaus verstehen die Studierenden den Zeitwert des Geldes und sind in der Lage, das Risiko eines Zahlungsstroms, das bei Investitions- und Finanzierungsentscheidungen berücksichtigt werden muss, zu messen und zu bewerten.</p>		
<p><b>Arbeitsaufwand:</b></p> <p>Gesamt: 150 Std.</p> <p>42 Std. Vorlesung und Übung (Präsenzstudium)</p> <p>20 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes Übung/Fallstudien (Selbststudium)</p> <p>50 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes durch Literatur (Selbststudium)</p> <p>38 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes anhand bereitgestellter Unterlagen (Selbststudium)</p>		
<b>Voraussetzungen:</b> keine		<b>ECTS/LP-Bedingungen:</b> schriftliche Prüfung
<b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Sommersemester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> 2.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 4	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	
<b>Modulteile</b>		
<b>Modulteil: Investition und Finanzierung (Vorlesung)</b>		
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung		
<b>Sprache:</b> Deutsch		
<b>SWS:</b> 2		
<b>Literatur:</b> Literaturhinweise werden in den Vorlesungsunterlagen gegeben und beziehen sich i.d.R. auf Berk/DeMarzo (2013): Corporate Finance.		

**Zugeordnete Lehrveranstaltungen:**

**Investition und Finanzierung (Bachelor)** (Vorlesung + Übung)

*\*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.\**

- Statische und dynamische Verfahren der Investitionsrechnung - Management von Zinsrisiken bei Investitionsentscheidungen - Grundlagen der Wertpapieranalyse und Portfoliotheorie - Asset Allocation und Portfolio Selection Theory - Wichtigste Finanzierungsformen der Unternehmenspraxis - Grundlagen der Optionspreistheorie

**Modulteil: Investition und Finanzierung (Übung)**

**Lehrformen:** Übung

**Sprache:** Deutsch

**SWS:** 2

**Zugeordnete Lehrveranstaltungen:**

**Investition und Finanzierung (Bachelor)** (Vorlesung + Übung)

*\*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.\**

- Statische und dynamische Verfahren der Investitionsrechnung - Management von Zinsrisiken bei Investitionsentscheidungen - Grundlagen der Wertpapieranalyse und Portfoliotheorie - Asset Allocation und Portfolio Selection Theory - Wichtigste Finanzierungsformen der Unternehmenspraxis - Grundlagen der Optionspreistheorie

**Prüfung**

**Investition und Finanzierung**

Klausur / Prüfungsdauer: 90 Minuten, benotet

**Prüfungshäufigkeit:**

jedes Semester

<b>Modul WIW-0004: Produktion und Logistik</b> <i>Production and Logistics</i>		5 ECTS/LP
Version 4.8.0 (seit WS16/17) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Axel Tuma		
<p><b>Lernziele/Kompetenzen:</b></p> <p><b>Fachbezogene Kompetenzen:</b></p> <p>Nach der erfolgreichen Teilnahme an diesem Modul besitzen die Studierenden grundlegende Kenntnisse über die Inhalte der Unternehmensfelder Produktion und Logistik. Sie erlangen ein grundlegendes Verständnis über die (produktions-)wirtschaftlichen Zusammenhänge verschiedener Planungsaufgaben in den Bereichen Produktion und Logistik. Anhand der Supply Chain Planning Matrix verstehen sie, welche Planungsaufgaben der strategischen Planung, der mittelfristigen Produktionsplanung und der kurzfristigen Planung zugeordnet werden, und wie die verschiedenen Planungsprobleme miteinander in Verdingung stehen. Über die traditionellen Inhalte hinaus bauen die Studierenden Kompetenzen auf, wie jeweils auch umweltschutzorientierte Aspekte und Elemente der Industrie 4.0 integriert werden können.</p> <p><b>Methodische Kompetenzen:</b></p> <p>Die Studierenden sind in der Lage, Planungsprobleme in der Produktion und Logistik zu erkennen und mit geeigneten Methoden zu lösen. Dabei stehen in der Veranstaltung vor allem Methoden im Vordergrund, welche der Prescriptive Analytics zugeordnet werden können: die Studierenden befassen sich mit der Identifikation von Entscheidungsproblemen, der Formulierung von Entscheidungsmodellen und der Auswahl der „besten“ bzw. „optimalen“ Alternative. Dabei kommen verschiedene Methoden des Operations Research und der Entscheidungstheorie zum Einsatz. Darüber hinaus erlernen die Studierenden die Grundlagen verschiedener Methoden, welche der Predictive Analytics zugeordnet werden können: die Studierenden werden in die Lage versetzt, anhand von Prognosemethoden, Approximationen und Simulationen Vorhersagen zu treffen, was auf Basis von Entscheidungen passieren wird.</p> <p><b>Fachübergreifende Kompetenzen:</b></p> <p>Die Studierenden werden in die Lage versetzt, Planungsprobleme strukturiert anzugehen. Diese Kompetenz benötigen sie in weiterführenden Veranstaltungen des Studiums, im zukünftigen Berufsleben, sowie in verschiedenen Situationen des Alltags.</p> <p><b>Schlüsselqualifikationen:</b></p> <p>In der Veranstaltung arbeiten die Studierenden mit einer großen Anzahl an verschiedenen Methoden. Die dadurch angeeignete hohe Methodenkompetenz befähigt die Studierenden, Handlungsprobleme verschiedener Art systematisch zu erfassen und modellgestützt zu analysieren. Damit erlangen sie die Kompetenz, informierte Handlungsentscheidungen selbständig zu treffen.</p>		
<p><b>Arbeitsaufwand:</b></p> <p>Gesamt: 150 Std.</p> <p>60 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes anhand bereitgestellter Unterlagen (Selbststudium)</p> <p>28 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes Übung/Fallstudien (Selbststudium)</p> <p>20 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes durch Literatur (Selbststudium)</p> <p>42 Std. Vorlesung und Übung (Präsenzstudium)</p>		
<p><b>Voraussetzungen:</b></p> <p>Es sind keine Vorkenntnisse notwendig. Die Module "WIW-0013: Einführung in die Wirtschaftswissenschaften" und "WIW-0015: Mathematik I" werden vorbereitend empfohlen.</p>		<p><b>ECTS/LP-Bedingungen:</b></p> <p>schriftliche Prüfung</p>
<p><b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Wintersemester</p>	<p><b>Empfohlenes Fachsemester:</b></p> <p>3.</p>	<p><b>Minimale Dauer des Moduls:</b></p> <p>1 Semester</p>
<p><b>SWS:</b></p> <p>4</p>	<p><b>Wiederholbarkeit:</b></p> <p>siehe PO des Studiengangs</p>	

<b>Moduleile</b>
<b>Moduleil: Produktion und Logistik (Vorlesung)</b> <b>Lehrformen:</b> Vorlesung <b>Sprache:</b> Deutsch <b>SWS:</b> 2
<b>Literatur:</b> Domschke, W., Scholl, A.: Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre, 4. Aufl., Springer Verlag, Berlin, 2008. Günther, H.-O., Tempelmeier, H.: Produktion und Logistik, 9. Aufl., Springer Verlag, Berlin, 2012. Günther, H.-O., Tempelmeier, H.: Supply Chain Analytics (zuvor ‚Produktion und Logistik‘), 13. Aufl., Books On Demand, 2020. Stadtler, H., Kilger, C., Meyr H. (Hrsg.): Supply Chain Management und Advanced Planning, 1. Aufl., Springer Verlag, Berlin, 2010. Thonemann, U.: Operations Management, 3. Aufl., Pearson Verlag, München, 2015.
<b>Moduleil: Produktion und Logistik (Übung)</b> <b>Lehrformen:</b> Übung <b>Sprache:</b> Deutsch <b>SWS:</b> 2
<b>Prüfung</b> <b>Produktion und Logistik</b> Klausur / Prüfungsdauer: 90 Minuten, benotet <b>Prüfungshäufigkeit:</b> jedes Semester

<b>Modul WIW-0005: Marketing</b> <i>Marketing</i>		5 ECTS/LP
Version 5.0.0 (seit SoSe23) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Michael Paul		
<p><b>Lernziele/Kompetenzen:</b> Nach der erfolgreichen Teilnahme an diesem Modul kennen und verstehen die Studierenden Grundkonzepte und Theorien des Marketings. Sie können diese Konzepte und Theorien auf betriebswirtschaftliche Problemstellungen anwenden und Probleme analysieren und bewerten. Nach erfolgreicher Teilnahme an diesem Modul sind die Studierenden in der Lage</p> <p><b>Fachbezogene Kompetenzen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• den Marketingbegriff zu verstehen</li> <li>• zentrale Theorien des Verhaltens von Konsumierenden und organisationalen Kaufenden zu verstehen</li> <li>• den vollständigen Prozess der Datengewinnung und -analyse sowie Gütekriterien der Marktforschung zu verstehen</li> <li>• zentrale Konzepte des strategischen Marketings zu verstehen</li> <li>• den Marketingmix zu verstehen</li> <li>• Besonderheiten des Marketings unter bestimmten institutionellen Rahmenbedingungen zu verstehen.</li> </ul> <p><b>Methodische Kompetenzen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die Konzepte und Theorien auf Problemstellungen anzuwenden</li> <li>• Marketingphänomene kritisch zu analysieren und zu bewerten.</li> </ul> <p><b>Fachübergreifende Methoden</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die Konzepte und Theorien auf praxisbezogene Problemstellungen außerhalb dieses Moduls anzuwenden</li> <li>• die Konzepte und Theorien auf forschungsbezogene Problemstellungen außerhalb dieses Moduls anzuwenden.</li> </ul> <p><b>Schlüsselkompetenzen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• engagiert und eigenverantwortlich in Lerngruppen oder selbstständig zu studieren</li> <li>• eigene Entscheidungen und ihre Konsequenzen kritisch zu hinterfragen.</li> </ul>		
<p><b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 150 Std. 50 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes anhand bereitgestellter Unterlagen (Selbststudium) 20 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes durch Literatur (Selbststudium) 59 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes Übung/Fallstudien (Selbststudium) 21 Std. Vorlesung (Präsenzstudium)</p>		
<b>Voraussetzungen:</b> Keine		<b>ECTS/LP-Bedingungen:</b> schriftliche Prüfung
<b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Sommersemester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> 2.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 2	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	
<b>Modulteile</b>		
<p><b>Modulteil: Marketing</b> <b>Lehrformen:</b> Vorlesung <b>Sprache:</b> Deutsch <b>SWS:</b> 2</p>		

**Literatur:**

Homburg, Christian (2020), Grundlagen des Marketingmanagements. Einführung in Strategie, Instrumente, Umsetzung und Unternehmensführung, 6., überarb. u. erw. Aufl., Springer Gabler: Wiesbaden.

**Zugeordnete Lehrveranstaltungen:**

**Marketing** (Vorlesung)

*\*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.\**

Nach der erfolgreichen Teilnahme an diesem Modul kennen und verstehen die Studierenden Grundkonzepte und Theorien des Marketings. Sie können diese Konzepte und Theorien auf betriebswirtschaftliche Problemstellungen anwenden und Probleme analysieren und bewerten.

**Prüfung**

**Marketing**

Klausur / Prüfungsdauer: 90 Minuten, benotet

**Prüfungshäufigkeit:**

jedes Semester

<b>Modul WIW-0006: Organisation und Personalwesen</b> <i>Organisation and Human Resource</i>		5 ECTS/LP
Version 4.4.0 (seit WS16/17) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Susanne Warning Prof. Dr. Erik E. Lehmann		
<p><b>Lernziele/Kompetenzen:</b> Nach erfolgreicher Teilnahme an diesem Modul sind die Studierenden in der Lage, grundlegende ökonomische Theorien aus dem Bereich Organisation und Personalwesen zu erkennen, nachzuvollziehen und anzuwenden.</p> <p><b>Fachbezogene Kompetenzen:</b> Die Studierenden lernen im Teilbereich Organisation die Grundlagen der ökonomischen Organisationstheorie kennen. Im Teilbereich Personalwesen verstehen die Studierenden die Handlungsfelder des Personalwesens und können diese strukturell ins Unternehmen einordnen.</p> <p><b>Methodische Kompetenzen:</b> Aufbauend auf den zentralen Konstrukten der Neuen Institutionenökonomie können die Studierenden den Aufbau von Organisationsstrukturen darstellen und diskutieren. Die Studierenden kennen personalwirtschaftliche Konzepte und können diese in Bezug auf Personal als Resource in Unternehmen anwenden.</p> <p><b>Fachübergreifende Kompetenzen:</b> Die Studierenden erlernen theoretische Grundlagen, die sie auf weiterführende Veranstaltungen der Wirtschaftswissenschaften vorbereiten und sind in der Lage, die ökonomischen Instrumente und Konzepte der Organisations- und Personalökonomik fachübergreifend zu bewerten.</p> <p><b>Schlüsselqualifikationen:</b> Die Studierenden sind in der Lage, ökonomische Theorien aus dem Organisation- und Personalwesen kritisch zu hinterfragen und fachgerecht anzuwenden.</p>		
<p><b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 150 Std. 49 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes anhand bereitgestellter Unterlagen (Selbststudium) 30 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes Übung/Fallstudien (Selbststudium) 50 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes durch Literatur (Selbststudium) 21 Std. Vorlesung (Präsenzstudium)</p>		
<b>Voraussetzungen:</b> keine		<b>ECTS/LP-Bedingungen:</b> schriftliche Prüfung
<b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Wintersemester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> 1.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 2	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	
<b>Modulteile</b>		
<p><b>Modulteil: Organisation und Personalwesen (Vorlesung)</b> <b>Lehrformen:</b> Vorlesung <b>Sprache:</b> Deutsch <b>SWS:</b> 2</p>		

**Literatur:**

Organisation:

Jost, P.-J.: Ökonomische Organisationstheorien. 1. Aufl. Wiesbaden: Gabler Verlag 2000.

Jost, P.-J.: Organisation und Koordination. 1. Aufl. Wiesbaden: Gabler Verlag 2000.

Picot, A.; Dietl, H.; Franck, E.: Organisation. 5. Aufl. Stuttgart: Schäffer-Poeschel Verlag 2008.

Personalwesen:

Schneider, Martin; Sadowski, Dieter; Frick, Bernd; Warning, Susanne (2020): Personalökonomie und Personalpolitik. Grundlagen einer evidenzbasierten Praxis. Stuttgart: Schäffer-Poeschel.

Literatur zu aktuellen Entwicklungen wird in der Vorlesung angegeben

**Prüfung**

**Organisation und Personalwesen**

Klausur / Prüfungsdauer: 90 Minuten, benotet

**Prüfungshäufigkeit:**

jedes Semester

<b>Modul WIW-0007: Wirtschaftsinformatik</b> <i>Management Information Systems</i>		5 ECTS/LP
Version 5.3.0 (seit WS16/17) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Daniel Veit		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> The module communicates the fundamentals of information systems. Upon the successful completion of this module, students can differentiate between types of information systems. They are aware of the tools or processes of IT project and business process management. Students have an understanding of the impacts of information systems on firms and society and are able to discuss their consequences for strategic decision making. They are also able to critically reflect on the associated challenges. As a result, students have the fundamental skills and abilities necessary to make informed strategic and operational IT management decisions and to understand their implications for a variety of stakeholders.		
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 150 Std. 48 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes Übung/Fallstudien (Selbststudium) 30 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes anhand bereitgestellter Unterlagen (Selbststudium) 30 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes durch Literatur (Selbststudium) 42 Std. Vorlesung und Übung (Präsenzstudium)		
<b>Voraussetzungen:</b> keine		<b>ECTS/LP-Bedingungen:</b> schriftliche Prüfung
<b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Wintersemester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> 3.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 4	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	
<b>Modulteile</b>		
<b>Modulteil: Management Information Systems (Wirtschaftsinformatik) (Vorlesung)</b> <b>Lehrformen:</b> Vorlesung <b>Sprache:</b> Englisch <b>SWS:</b> 2		
<b>Literatur:</b> Laudon, K. C., and Laudon, J. P. 2021. Management Information Systems: Managing the Digital Firm, 17th Edition. Piccoli, G., and Pigni, F. 2021. Information Systems for Managers (With Cases), 5th Edition, Prospect Press Inc. Further readings will be given in the lecturing materials.		
<b>Modulteil: Management Information Systems (Wirtschaftsinformatik) (Übung)</b> <b>Lehrformen:</b> Übung <b>Sprache:</b> Deutsch / Englisch <b>SWS:</b> 2		
<b>Prüfung</b> <b>Wirtschaftsinformatik</b> Klausur / Prüfungsdauer: 90 Minuten, benotet <b>Prüfungshäufigkeit:</b> jedes Semester		

<b>Modul WIW-0008: Mikroökonomik I</b> <i>Microeconomics I</i>		5 ECTS/LP
Version 2.2.0 (seit WS16/17) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Peter Michaelis		
<p><b>Lernziele/Kompetenzen:</b></p> <p><b>Fachbezogene Kompetenzen</b></p> <p>Nach der erfolgreichen Teilnahme an diesem Modul verstehen die Studierenden die grundlegenden Optimierungsprobleme, auf denen das Nachfrageverhalten von Haushalten und das Angebotsverhalten von Unternehmen basiert. Die Studierenden verstehen darüber hinaus die Lenkungsfunktion von Preissignalen und die Bedeutung von Opportunitätskosten. Ferner können sie identifizieren, welche Faktoren das Angebotsverhalten von Unternehmen und das Nachfrageverhalten von Haushalten in welcher Weise beeinflussen.</p> <p><b>Methodische Kompetenzen</b></p> <p>Die Studierenden sind befähigt, grundlegende mathematische Optimierungsprobleme unter Nebenbedingungen zu lösen. Dadurch werden sie in die Lage versetzt, Angebots- und Nachfragefunktionen in einer Ökonomie bei vollkommener Konkurrenz zu berechnen und auch grafisch darzustellen und zu analysieren.</p> <p><b>Fachübergreifende Kompetenzen</b></p> <p>Die Studierenden erwerben mikroökonomische Grundkenntnisse, die in vielen in weiterführenden Veranstaltungen der Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät zwingend vorausgesetzt werden. Sie sind darüber hinaus in der Lage, auch in Alltagssituationen auftretende ökonomische Entscheidungsprobleme zu verstehen und zu lösen.</p> <p><b>Schlüsselkompetenzen</b></p> <p>Die Studierenden sind in der Lage, grundlegende Fragestellungen aus dem Wirtschaftsleben auf die wesentlichen Zusammenhänge zu reduzieren und im Rahmen einer systematischen Analyse auf Basis einfacher theoretischer Modelle zu einer Lösung zu gelangen, die sie auch kompetent nach außen hin vertreten können.</p>		
<p><b>Arbeitsaufwand:</b></p> <p>Gesamt: 150 Std.</p> <p>42 Std. Vorlesung und Übung (Präsenzstudium)</p> <p>30 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes durch Literatur (Selbststudium)</p> <p>58 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes Übung/Fallstudien (Selbststudium)</p> <p>20 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes anhand bereitgestellter Unterlagen (Selbststudium)</p>		
<p><b>Voraussetzungen:</b></p> <p>Fähigkeit zu logischem Denken und gute Grundkenntnisse in Mathematik (Algebra, Differentialrechnung). Vorbereitung anhand der zur Verfügung gestellten Literatur.</p>		<p><b>ECTS/LP-Bedingungen:</b></p> <p>schriftliche Prüfung</p>
<p><b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Wintersemester</p>	<p><b>Empfohlenes Fachsemester:</b></p> <p>1.</p>	<p><b>Minimale Dauer des Moduls:</b></p> <p>1 Semester</p>
<p><b>SWS:</b></p> <p>4</p>	<p><b>Wiederholbarkeit:</b></p> <p>siehe PO des Studiengangs</p>	
<p><b>Modulteile</b></p> <p><b>Modulteil: Mikroökonomik I (Vorlesung)</b></p> <p><b>Lehrformen:</b> Vorlesung</p> <p><b>Sprache:</b> Deutsch</p> <p><b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Semester</p> <p><b>SWS:</b> 2</p>		
<p><b>Literatur:</b></p> <p>Varian, H. (2016): Grundzüge der Mikroökonomik, 9. Aufl., München: De Gruyter Oldenbourg.</p>		

**Modulteil: Mikroökonomik I (Übung)**

**Lehrformen:** Übung

**Sprache:** Deutsch

**SWS:** 2

**Zugeordnete Lehrveranstaltungen:**

**Mikroökonomik I (Übungen)** (Übung)

*\*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.\**

Theorie des Haushalts: • Budgetbeschränkung • Präferenzen und Nutzenfunktion • Nutzenmaximierung und individuelle Nachfrage • Einkommens- und Substitutionseffekt • Aggregierte Marktnachfrage • Das Arbeitsangebot des Haushalts  
Theorie der Unternehmung: • Technologie und Produktionsfunktion • Gewinnmaximierung • Kostenminimierung • Durchschnitts- und Grenzkosten • Individuelles Angebot und Marktangebot

**Prüfung**

**Mikroökonomik I**

Klausur / Prüfungsdauer: 90 Minuten, benotet

**Prüfungshäufigkeit:**

jedes Semester

<b>Modul WIW-0009: Mikroökonomik II</b> <i>Microeconomics II</i>		5 ECTS/LP
Version 2.1.0 (seit WS16/17) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Robert Nuscheler		
<p><b>Lernziele/Kompetenzen:</b></p> <p><b>Fachbezogene Kompetenzen:</b></p> <p>Die Studierenden verstehen die Funktionsweise des allgemeinen Gleichgewichts mit zwei Märkten sowie die Bedeutung und Auswirkungen der Interaktion dieser Märkte. Die Studierenden sind in der Lage, den ersten Hauptsatz der Wohlfahrtsökonomik anzuwenden. Ferner können sie identifizieren, wann ein Marktversagen vorliegt und wann dieses eine effiziente Ressourcenallokation verhindert. Die Studierenden sind zudem in der Lage, unterschiedliche Formen von Marktmacht - sei es ein Monopol oder Oligopol - und deren Auswirkungen auf das Gleichgewicht eines Marktes zu analysieren und eine wohlfahrtsökonomische Bewertung vorzunehmen. Weiterhin sind die Studierenden mit den Grundlagen der Spieltheorie vertraut.</p> <p><b>Methodische Kompetenzen:</b></p> <p>Die Studierenden sind in der Lage, das allgemeine Gleichgewicht einer Ökonomie mit zwei Märkten zu berechnen. Dadurch werden sie in die Lage versetzt, mathematische Methoden für Optimierungsprobleme unter Nebenbedingungen kompetent anzuwenden. Weiterhin können die Studierenden die Probleme nicht nur rechnerisch lösen, sondern auch grafisch darstellen und analysieren.</p> <p><b>Fachübergreifende Kompetenzen:</b></p> <p>Die Studierenden können das Erlernte nicht nur in weiterführenden Veranstaltungen der Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät anwenden, sondern darüber hinaus - den Alltag der Studierenden eingeschlossen. So sind Studierende in der Lage, Entscheidungssituationen unter Anreizgesichtspunkten zu analysieren und Handlungsoptionen zu bewerten.</p> <p><b>Schlüsselqualifikationen:</b></p> <p>Die Studierenden sind in der Lage, Fragestellungen aus dem Wirtschaftsleben sowie Problemstellungen aus dem Alltag systematisch zu analysieren. Dabei verstehen sie es, die Fragestellungen auf ihren Kern zu reduzieren und zu einer modellgestützten Lösung zu gelangen, die sie vor Außenstehenden kompetent vertreten können.</p>		
<p><b>Arbeitsaufwand:</b></p> <p>Gesamt: 150 Std.</p> <p>40 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes anhand bereitgestellter Unterlagen (Selbststudium)</p> <p>38 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes durch Literatur (Selbststudium)</p> <p>30 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes Übung/Fallstudien (Selbststudium)</p> <p>42 Std. Vorlesung und Übung (Präsenzstudium)</p>		
<b>Voraussetzungen:</b> Mikroökonomik I		<b>ECTS/LP-Bedingungen:</b> schriftliche Prüfung
<b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Sommersemester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> 2.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 4	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	
<b>Modulteile</b>		
<p><b>Modulteil: Mikroökonomik II (Vorlesung)</b></p> <p><b>Lehrformen:</b> Vorlesung</p> <p><b>Sprache:</b> Deutsch</p> <p><b>SWS:</b> 2</p>		

**Literatur:**

Varian, Hal (2016): Grundzüge der Mikroökonomik, 9. Auflage, Oldenbourg Verlag.

**Zugeordnete Lehrveranstaltungen:****Mikroökonomik II** (Vorlesung + Übung)

*\*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.\**

Dies ist ein Kurs im ersten Studienabschnitt der Bachelor-Studiengänge der Fakultät und er richtet sich grundsätzlich an alle Studierenden der Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät. Die Veranstaltung baut auf der Mikroökonomik I auf und führt die einzelwirtschaftlichen Probleme des Konsumenten und der Firma zusammen. Dieses sogenannte allgemeine Gleichgewicht erlaubt die Modellierung von Interaktionen zwischen verschiedenen Märkten und gibt den Studierenden damit einen tieferen Einblick in die Funktionsweise einer Ökonomie als dies durch die Mikroökonomik I allein gewährleistet werden kann. Es wird dabei zwischen einer reinen Tauschwirtschaft und einer Wirtschaft mit Produktion unterschieden. In beiden Kontexten werden die Hauptsätze der Wohlfahrtsökonomie thematisiert, die zeigen, dass ein Wettbewerbsgleichgewicht einer Ökonomie unter bestimmten Voraussetzungen effizient ist. Unter Effizienzgesichtspunkten gibt es dann keinen Grund in das Marktgeschehen einzugreifen. Jedoch können Mä... (weiter siehe Digicampus)

**Modulteil: Mikroökonomik II (Übung)**

**Lehrformen:** Übung

**Sprache:** Deutsch

**Angebotshäufigkeit:** jedes Semester

**SWS:** 2

**Zugeordnete Lehrveranstaltungen:****Mikroökonomik II** (Vorlesung + Übung)

*\*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.\**

Dies ist ein Kurs im ersten Studienabschnitt der Bachelor-Studiengänge der Fakultät und er richtet sich grundsätzlich an alle Studierenden der Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät. Die Veranstaltung baut auf der Mikroökonomik I auf und führt die einzelwirtschaftlichen Probleme des Konsumenten und der Firma zusammen. Dieses sogenannte allgemeine Gleichgewicht erlaubt die Modellierung von Interaktionen zwischen verschiedenen Märkten und gibt den Studierenden damit einen tieferen Einblick in die Funktionsweise einer Ökonomie als dies durch die Mikroökonomik I allein gewährleistet werden kann. Es wird dabei zwischen einer reinen Tauschwirtschaft und einer Wirtschaft mit Produktion unterschieden. In beiden Kontexten werden die Hauptsätze der Wohlfahrtsökonomie thematisiert, die zeigen, dass ein Wettbewerbsgleichgewicht einer Ökonomie unter bestimmten Voraussetzungen effizient ist. Unter Effizienzgesichtspunkten gibt es dann keinen Grund in das Marktgeschehen einzugreifen. Jedoch können Mä... (weiter siehe Digicampus)

**Prüfung****Mikroökonomik II**

Klausur / Prüfungsdauer: 90 Minuten, benotet

**Prüfungshäufigkeit:**

jedes Semester

<b>Modul WIW-0010: Makroökonomik I</b> <i>Macroeconomics I</i>		5 ECTS/LP
Version 2.4.0 (seit WS16/17) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Christoph Görtz		
<p><b>Lernziele/Kompetenzen:</b></p> <p><b>Fachbezogene Kompetenz:</b></p> <p>Nach der erfolgreichen Teilnahme an diesem Modul kennen die Studierenden die wichtigsten Begriffe, Datenquellen und Größenordnungen aus dem Bereich der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung. Sie kennen Ursachen kumulativer Prozesse am Gütermarkt und wissen über welche Kanäle Güter- und Finanzmärkten miteinander verflochten sind.</p> <p><b>Methodische Kompetenz:</b></p> <p>Die Studierenden können statische lineare Multiplikatormodelle formulieren und lösen, beherrschen die Mechanik des IS-LM-Modells und können die Dynamik einfacher Modelle grafisch und algebraisch untersuchen.</p> <p><b>Fachübergreifende Kompetenz und Schlüsselqualifikation:</b></p> <p>Die Studierenden sind in der Lage wirtschaftspolitische Debatten zu verfolgen, entsprechende Stellungnahmen von Verbänden, Politikern und Forschungsinstituten zu hinterfragen und können sich so ein eigenes Urteil bilden, das sie auch gegenüber interessierten Laien vertreten können.</p>		
<p><b>Arbeitsaufwand:</b></p> <p>Gesamt: 150 Std.</p> <p>42 Std. Vorlesung und Übung (Präsenzstudium)</p> <p>24 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes durch Literatur (Selbststudium)</p> <p>44 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes Übung/Fallstudien (Selbststudium)</p> <p>40 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes anhand bereitgestellter Unterlagen (Selbststudium)</p>		
<p><b>Voraussetzungen:</b></p> <p>Mikroökonomik I : Sie sollten einzelwirtschaftliche Entscheidungsprobleme mit Hilfe von Optimierungsmodellen formulieren und lösen können.</p> <p>Mathematik I: Differentialrechnung.</p>		<p><b>ECTS/LP-Bedingungen:</b></p> <p>schriftliche Prüfung</p>
<p><b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Sommersemester</p>	<p><b>Empfohlenes Fachsemester:</b></p> <p>2.</p>	<p><b>Minimale Dauer des Moduls:</b></p> <p>1 Semester</p>
<p><b>SWS:</b></p> <p>4</p>	<p><b>Wiederholbarkeit:</b></p> <p>siehe PO des Studiengangs</p>	

<p><b>Modulteile</b></p> <p><b>Modulteil: Makroökonomik I (Vorlesung)</b></p> <p><b>Lehrformen:</b> Vorlesung</p> <p><b>Sprache:</b> Deutsch</p> <p><b>SWS:</b> 2</p>
<p><b>Literatur:</b></p> <p>Mankiw, N. Gregory, Makroökonomik, 7. Auflage.</p>
<p><b>Zugeordnete Lehrveranstaltungen:</b></p> <p><b>Makroökonomik I (Vorlesung)</b> (Vorlesung)</p> <p><i>*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.*</i></p> <p>1) Grundlagen: - Themen der Makroökonomik - Indikatoren der makroökonomischen Aktivität 2) Zusammensetzung des BIP und der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung - Grundlegende Begriffe und Definitionen - Grundsätze der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung 3) Makroökonomie auf lange Sicht - Einkommen und Beschäftigung - Geld und Inflation - Große und kleine offene Volkswirtschaften -</p>

Wachstumstheorie I - Wachstumstheorie II - Arbeitslosigkeit 4) Makroökonomie in der kurzen Frist - Einführung in aggregierte Fluktuationen - Makroökonomische Nachfrage: Einführung in das IS-LM-Modell - Makroökonomische Nachfrage: Politikanalyse mit dem IS-LM-Modell - Makroökonomische Nachfrage in einer offenen Volkswirtschaft

**Modulteil: Makroökonomik I (Übung)**

**Lehrformen:** Übung

**Sprache:** Deutsch

**SWS:** 2

**Zugeordnete Lehrveranstaltungen:**

**Makroökonomik I (Übung) (Übung)**

*\*Veranstaltung wird in Präsenz abgehalten.\**

1) Grundlagen: - Themen der Makroökonomik - Indikatoren der makroökonomischen Aktivität 2) Zusammensetzung des BIP und der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung - Grundlegende Begriffe und Definitionen - Grundsätze der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung 3) Makroökonomie auf lange Sicht - Einkommen und Beschäftigung - Geld und Inflation - Große und kleine offene Volkswirtschaften - Wachstumstheorie I - Wachstumstheorie II - Arbeitslosigkeit 4) Makroökonomie in der kurzen Frist - Einführung in aggregierte Fluktuationen - Makroökonomische Nachfrage: Einführung in das IS-LM-Modell - Makroökonomische Nachfrage: Politikanalyse mit dem IS-LM-Modell - Makroökonomische Nachfrage in einer offenen Volkswirtschaft

**Prüfung**

**Makroökonomik I**

Klausur / Prüfungsdauer: 90 Minuten, benotet

**Prüfungshäufigkeit:**

jedes Semester

<b>Modul WIW-0011: Makroökonomik II</b> <i>Macroeconomics II</i>		5 ECTS/LP
Version 2.4.0 (seit WS16/17) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Christoph Görtz		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> <b>Fachbezogene Kompetenzen:</b> <p>Nach der erfolgreichen Teilnahme an diesem Modul kennen die Studierenden die vielfältigen Wechselwirkungen zwischen Faktor-, Güter- und Finanzmärkten. Sie sind in der Lage, wirtschaftliche Schocks zu identifizieren und deren Folgen für Einkommen, Produktion und Inflation abzuschätzen und können mit Hilfe des AS-AD-Modells einer kleinen offenen Volkswirtschaft aktuelle wirtschaftspolitische Debatten nachvollziehen und kritisch beurteilen.</p> <b>Methodische Kompetenzen:</b> <p>Die Studierenden beherrschen das AS-AD-Modell einer kleinen offenen Volkswirtschaft und können mit dessen Hilfe eigenständig die Folgen wirtschaftspolitischer Maßnahmen abschätzen.          Fachübergreifende Kompetenz und Schlüsselqualifikation:          Die Studierenden sind in der Lage wirtschaftspolitische Debatten zu verfolgen, entsprechende Stellungnahmen von Verbänden, Politikern und Forschungsinstituten zu hinterfragen und können sich so ein eigenes Urteil bilden, das sie auch gegenüber interessierten Laien vertreten können.</p>		
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 150 Std. 46 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes anhand bereitgestellter Unterlagen (Selbststudium) 40 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes Übung/Fallstudien (Selbststudium) 22 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes durch Literatur (Selbststudium) 42 Std. Vorlesung und Übung (Präsenzstudium)		
<b>Voraussetzungen:</b> Besuch der Veranstaltung Makroökonomik I		<b>ECTS/LP-Bedingungen:</b> schriftliche Prüfung
<b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Wintersemester	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> 3.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
<b>SWS:</b> 4	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	
<b>Modulteile</b>		
<b>Modulteil: Makroökonomik II (Vorlesung)</b> <b>Lehrformen:</b> Vorlesung <b>Sprache:</b> Deutsch <b>SWS:</b> 2		
<b>Literatur:</b> Blanchard, Olivier, Macroeconomics, 7th ed., Pearson, 2017. Blanchard, Olivier und Gerhard Illing, Makroökonomie, 7. aktualis. u. erw. Aufl., Pearson Studium, München 2017. Burda, Michael und Charles Wyplosz, Macroeconomics: A European Text, 7th ed., Oxford University Press, 2017. Dornbusch, Rüdiger, Stanley Fischer und Richard Startz, Macroeconomics, 13th ed., McGraw-Hill Education, 2017. Mankiw, N. Gregory, Macroeconomics, 10th ed., Worth Publishers, 2018. Maußner, Alfred und Joachim Klaus, Grundzüge der mikro- und makroökonomischen Theorie, 2. Aufl., Franz Vahlen, München 1997.		

**Modulteil: Makroökonomik II (Übung)**

**Lehrformen:** Übung

**Sprache:** Deutsch

**SWS:** 2

**Prüfung**

**Makroökonomik II**

Klausur / Prüfungsdauer: 90 Minuten, benotet

**Prüfungshäufigkeit:**

jedes Semester

<b>Modul WIW-0012: Wirtschaftspolitik</b> <i>Economic Policy</i>		5 ECTS/LP
Version 3.1.0 (seit WS16/17) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Peter Welzel		
<p><b>Lernziele/Kompetenzen:</b></p> <p><b>Fachbezogene Kompetenzen:</b></p> <p>Nach erfolgreicher Teilnahme an diesem Modul sind die Studierenden in der Lage, die theoretischen Grundlagen sowie die institutionellen Rahmenbedingungen der Wirtschaftspolitik zu verstehen. Sie kennen Ziele, Mittel und Träger der Wirtschaftspolitik. Ferner sind sie in der Lage, Marktversagen zu erkennen und wirtschaftspolitische Maßnahmen anhand der vorgestellten Begründungen für wirtschaftspolitisches Handeln zu analysieren.</p> <p><b>Methodische Kompetenzen:</b></p> <p>Die Studierenden sind in der Lage, mikro- und makroökonomische Modellierungen anzuwenden und dadurch die Zusammenhänge von gesellschaftlichen Zielen und Einzelinteressen zu erkennen und zu verstehen. Zudem können sie wirtschaftspolitische Maßnahmen vor einem theoretischen Hintergrund erklären und bewerten.</p> <p><b>Fachübergreifende Kompetenzen:</b></p> <p>Mithilfe der erlernten fachlichen und methodischen Kompetenzen sind die Studierenden in der Lage, sich kritisch und theoretisch fundiert mit aktuellen Problemen der praktischen Wirtschaftspolitik auseinanderzusetzen und diese zu bewerten.</p> <p><b>Schlüsselqualifikationen:</b></p> <p>Die Studierenden sind in der Lage, Fragestellungen aus dem Bereich Wirtschaftspolitik sowie von wirtschaftspolitischen Trägern ergriffene Handlungen systematisch und kritisch zu analysieren und zu bewerten.</p>		
<p><b>Arbeitsaufwand:</b></p> <p>Gesamt: 150 Std.</p> <p>60 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes anhand bereitgestellter Unterlagen (Selbststudium)</p> <p>21 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes durch Literatur (Selbststudium)</p> <p>48 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes Übung/Fallstudien (Selbststudium)</p> <p>21 Std. Vorlesung (Präsenzstudium)</p>		
<p><b>Voraussetzungen:</b></p> <p>Mikroökonomische Grundlagen (Marktmacht im Monopol/Oligopol, Nachfragefunktion, Gewinnmaximierung, Wohlfahrt), makroökonomische Grundlagen (AS-AD Kurven, IS-LM Kurven, Grundlagen zu Güter-, Arbeits- und Finanzmärkten).</p>		<p><b>ECTS/LP-Bedingungen:</b></p> <p>schriftliche Prüfung</p>
<p><b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Wintersemester</p>	<p><b>Empfohlenes Fachsemester:</b></p> <p>3.</p>	<p><b>Minimale Dauer des Moduls:</b></p> <p>1 Semester</p>
<p><b>SWS:</b></p> <p>2</p>	<p><b>Wiederholbarkeit:</b></p> <p>siehe PO des Studiengangs</p>	
<p><b>Modulteile</b></p>		
<p><b>Modulteil: Wirtschaftspolitik (Vorlesung)</b></p> <p><b>Lehrformen:</b> Vorlesung</p> <p><b>Sprache:</b> Deutsch</p> <p><b>SWS:</b> 2</p>		
<p><b>Literatur:</b></p> <p>Welzel, P., Wirtschaftspolitik. Eine theorieorientierte Einführung (Skript zur Vorlesung).</p>		

**Prüfung**

**Wirtschaftspolitik**

Klausur / Prüfungsdauer: 90 Minuten, benotet

**Prüfungshäufigkeit:**

jedes Semester

<b>Modul PHM-0205: Masterarbeit</b> <i>Master Thesis</i>		30 ECTS/LP
Version 1.0.0 (seit WS16/17) Modulverantwortliche/r: Prof. Dr. Arno Kampf bzw. Vorsitzender des Prüfungsausschusses		
<b>Inhalte:</b> entsprechend dem gewählten Thema		
<b>Lernziele/Kompetenzen:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden kennen den aktuellen Stand der Forschung in einem Spezialgebiet sowie die entsprechende Literatur,</li> <li>• sind in der Lage, moderne experimentelle oder theoretische Methoden zur vertieften Bearbeitung einer Fragestellung der aktuellen Forschung einzusetzen und die Ergebnisse zu interpretieren,</li> <li>• besitzen die Kompetenz, ein physikalisches Problem innerhalb einer vorgegebenen Frist selbständig mit wissenschaftlichen Methoden umfassend zu bearbeiten und die wissenschaftlichen Grundlagen des Problems sowie ihre Ergebnisse schriftlich darzustellen;</li> <li>• außerdem sind sie in der Lage, ein aktuelles Forschungsthema, nämlich das Thema ihrer Masterarbeit, in sich geschlossen und überzeugend mündlich mit angemessener Medienunterstützung darzustellen sowie ihre Ergebnisse gegenüber den beiden Prüfern zu verteidigen.</li> <li>• Integrierter Erwerb von Schlüsselqualifikationen: Teamfähigkeit, Durchhaltevermögen, Fähigkeit zur schriftlichen Dokumentation eigener wissenschaftlicher Ergebnisse, kritische Reflexion eigener Ergebnisse im internationalen wissenschaftlichen Kontext, Grundsätze gute wissenschaftlicher Praxis. Die Studierenden besitzen Fach- und Methodenkompetenz sowie Kompetenz in Schlüsselqualifikationen entsprechend den allgemeinen Lernzielen des Studiengangs.</li> </ul>		
<b>Bemerkung:</b> Die Masterarbeit wird im SoSe 2020 angeboten, sobald es die aktuelle Situation erlaubt.  Die Masterarbeit ist innerhalb von sechs Monaten nach Ausgabe des Themas abzugeben. Auf Antrag des Kandidaten/der Kandidatin kann der Prüfungsausschuss die Bearbeitungszeit in begründeten Fällen verlängern.  Die Durchführung der Masterarbeit an einer Einrichtung außerhalb der Universität Augsburg ist mit Zustimmung des Prüfungsausschusses möglich.  Die Masterarbeit geht mit 26/30 und das Kolloquium mit 4/30 in die Modulgesamtnote ein.		
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 900 Std. 120 Std. Vorbereitung von Präsentationen (Selbststudium) 260 Std. Anfertigen von schriftlichen Arbeiten (Selbststudium) 260 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes anhand bereitgestellter Unterlagen (Selbststudium) 260 Std. Vor- und Nachbereitung des Stoffes durch Literatur (Selbststudium)		
<b>Voraussetzungen:</b> Voraussetzungen laut Prüfungsordnung: Beginn der Masterarbeit frühestens nach dem Erwerb der erforderlichen Leistungspunkte der Modulgruppe 1 "Festkörperphysik" sowie des Moduls Fachpraktikum.  Sonstige Voraussetzungen werden vom jeweiligen Betreuer/von der jeweiligen Betreuerin bekannt gegeben.		<b>ECTS/LP-Bedingungen:</b> mindestens mit "ausreichend" bewertete schriftliche Abschlussarbeit und mindestens mit "ausreichend" bewertetes Kolloquium
<b>Angebotshäufigkeit:</b> jedes Semester Siehe Bemerkungen	<b>Empfohlenes Fachsemester:</b> 4.	<b>Minimale Dauer des Moduls:</b> 1 Semester
	<b>Wiederholbarkeit:</b> siehe PO des Studiengangs	

<b>Modulteile</b>
<b>Modulteil: Masterarbeit</b> <b>Sprache:</b> Deutsch / Englisch
<b>Lernziele:</b> siehe Modulbeschreibung
<b>Literatur:</b> wird vom jeweiligen Betreuer/von der jeweiligen Betreuerin bekannt gegeben
<b>Modulteil: Kolloquium</b> <b>Sprache:</b> Deutsch / Englisch
<b>Lernziele:</b> siehe Modulbeschreibung
<b>Literatur:</b> wird vom jeweiligen Betreuer/von der jeweiligen Betreuerin bekannt gegeben