

**Modulhandbuch**  
**für das**  
**Master-Programm Physik**  
**an der**  
**Universität Duisburg-Essen**

15. September 2014

<b>Einleitung/Studienplan</b> .....	<b>3</b>
<b>Kompetenzbereich      Erweiterte Grundlagen der Physik</b> .....	<b>7</b>
<i>Experimentalphysik</i> .....	<b>8</b>
<i>Praktikum für Fortgeschrittene</i> .....	<b>13</b>
<i>Theoretische Physik</i> .....	<b>16</b>
<i>Hauptseminar</i> .....	<b>19</b>
<b>Kompetenzbereich      Forschungsnahе Vertiefung</b> .....	<b>22</b>
<i>Vertiefung Experimentelle Physik</i> .....	<b>23</b>
<i>Vertiefung Theoretische Physik</i> .....	<b>55</b>
<b>Kompetenzbereich      Interdisziplinäres Umfeld</b> .....	<b>88</b>
<i>Thermoelektrik</i> .....	<b>89</b>
<i>Theoretische Chemie</i> .....	<b>92</b>
<i>Nanosysteme und Analytik</i> .....	<b>95</b>
<i>Elektronik 2</i> .....	<b>100</b>
<i>Bauelemente und ihre Aufbau-/Verbindungstechnik</i> .....	<b>105</b>
<i>VWL Mikroökonomik</i> .....	<b>110</b>
<i>VWL Makroökonomik</i> .....	<b>112</b>
<i>Industrieprojekt</i> .....	<b>114</b>
<b>Forschungsphase</b> .....	<b>117</b>
<i>Forschungsphase 1</i> .....	<b>118</b>
<i>Forschungsphase 2</i> .....	<b>120</b>
<i>Forschungsphase 3: Master-Arbeit</i> .....	<b>122</b>
<b>Legende</b> .....	<b>124</b>
<b>Studienplan: Module und Veranstaltungen</b> .....	<b>125</b>

## **Einleitung/Studienplan**

Das *Master-Programm Physik* (Master of Science in Physik (M.Sc.)) ist ein eigenständiger Teil des konsekutiven Physikstudiums (3 Jahre Bachelor-Programm und 2 Jahre Master-Programm) und führt zum *wissenschaftlichen Abschluss* des Physikstudiums. Im Unterschied zum Bachelor-Programm Physik ist das Master-Studium durch relativ große Freiheit in der *Wahl* forschungsorientierter Inhalte gekennzeichnet.

### **Studienziele:**

Aufbauend auf einem ersten Hochschulabschluss führt das Master-Studium zum Erwerb vertiefter analytisch-methodischer Kompetenzen. Zugleich werden die fachlichen Kompetenzen aus dem ersten Studium vertieft bzw. erweitert. Ein erfolgreich absolvierter Master-Studiengang bereitet auf den Einstieg ins Berufsleben oder eine weiterführende Promotion vor. Die Absolventinnen und Absolventen des Master-Programms Physik füllen mit den erworbenen Kenntnissen und Fähigkeiten das umfassende und wegen seiner fachlichen Breite sowie Flexibilität geschätzte Berufsbild des Physikers aus; sie sind prinzipiell zum Übergang in eine Promotionsphase befähigt. Im Einzelnen bedeutet das:

- Sie haben ihre mathematisch-naturwissenschaftlichen Kenntnisse vertieft, den Überblick über innerphysikalische Zusammenhänge sowie solche mit den Nachbardisziplinen erweitert und sich auf einem Teilgebiet der Physik so spezialisiert, dass sie Anschluss an die aktuelle, internationale Forschung finden können.
- Sie haben ihr Wissen beispielhaft auch an komplexen physikalischen Problemen und Aufgabenstellungen eingesetzt, um diese auf einer wissenschaftlichen Basis zu analysieren, zu formulieren und möglichst weitgehend zu lösen.
- Sie sind in der Lage, zur Lösung komplexer physikalischer Probleme Experimente zu planen, aufzubauen, durchzuführen und die Ergebnisse zu interpretieren (Schwerpunkt Experimentalphysik) oder durch Modellierung auf der Basis physikalischer Grundprinzipien und mathematische Analyse bzw. Simulation physikalische Phänomene zu erklären bzw. vorherzusagen (Schwerpunkt Theoretische Physik).
- Sie haben in ihrem Studium überfachliche Kompetenzen, z.B. in den Bereichen Kommunikation, Projektmanagement, Teamfähigkeit erworben. Diese Schlüsselqualifikationen („soft skills“) werden dabei weitgehend integriert in den Fachlehrveranstaltungen sowie vor allem in der Forschungsphase erworben.
- Sie haben in der einjährigen Forschungsphase die Fähigkeit erworben, sich in ein beliebiges physikalisches Spezialgebiet einzuarbeiten, die aktuelle internationale Fachliteratur hierzu zu recherchieren und zu verstehen, Experimente und theoretischen Methoden auf dem Gebiet zu konzipieren und durchzuführen bzw. anzuwenden, die Ergebnisse im Lichte der verschiedensten physikalischen Phänomene einzuordnen und Schlussfolgerungen für technische Entwicklungen und den Fortschritt der Wissenschaft daraus zu ziehen.
- Sie haben das notwendige Durchhaltevermögen erworben, um in Forschungs- und Entwicklungsprojekten mit Fehlschlägen, unerwarteten Schwierigkeiten und Verzögerungen umzugehen und ggf. mit modifizierter Strategie dennoch zum Ziel zu gelangen.
- Sie sind in der Lage, auch fernab des im Masterstudium vertieften Spezialgebietes beruflich tätig zu werden und dabei ihr physikalisches Grundwissen zusammen mit den erlernten wissenschaftlichen Methoden und Problemlösungsstrategien einzusetzen.
- Sie sind in der Lage, komplexe physikalische Sachverhalte und eigene Forschungsergebnisse im Kontext der aktuellen internationalen Forschung umfassend zu diskutieren und in schriftlicher (Master-Arbeit) und mündlicher Form (Vortrag mit freier Diskussion) darzustellen.

# Modulhandbuch MA Physik

- Sie sind sich ihrer Verantwortung gegenüber der Wissenschaft und möglicher Folgen ihrer Tätigkeit für Umwelt und Gesellschaft bewusst und handeln gemäß den Grundsätzen guter wissenschaftlicher Praxis (Deutsche Forschungsgemeinschaft 1998).
- Sie sind fähig, das im Studium erworbene Wissen ständig eigenverantwortlich zu ergänzen und haben die für einen Physiker typische Problemlösungskompetenz erworben.

## Studienplan:

Das Studium im ersten Studienjahr gliedert sich in drei *Kompetenzbereiche*, die modular aufgebaut sind. Während die Module und Lehrveranstaltungen im Kompetenzbereich *Erweiterte Grundlagen* der Physik dem Ausbau der Grundlagenkenntnisse in Physik aus dem Bachelor-Studium (und dem Ausgleich eventueller Defizite) dienen, werden in den Kompetenzbereichen *Forschungsnaher Vertiefung* und *Interdisziplinäres Umfeld* vertiefte Kenntnisse und Fertigkeiten auf physikalischen Spezialgebieten, sowie auf Gebieten aus dem außerphysikalischen Bereich erworben.

Den Aufbau des Studiums „auf einen Blick“ veranschaulicht der folgende *Studienplan*:

Semester	Erweiterte Grundlagen der Physik		Forschungsnaher Vertiefung		Interdisziplinäres Umfeld		Σ Cr
	Modul	Cr	Modul	Cr	Modul	Cr	
1	Theoretische Physik	12	Vertiefung Experimentelle Physik	je 6	Thermoelektrik Theoretische Chemie Nanosysteme und Analytik Elektronik 2	je 6	Cr <sub>1</sub> + Cr <sub>2</sub> + Cr <sub>3</sub> = 60
	Praktikum für Fortgeschrittene	9					
2	Experimentalphysik	12	Vertiefung Theoretische Physik	je 6	Bauelemente und ihre Aufbau-/ Verbindungstechnik  VWL Mikroökonomik VWL Makroökonomik Industrieprojekt	je 6	
	Hauptseminar	3					
	36						
3	Forschungsphase 1			15	Forschungsphase 2		
4	Forschungsphase 3: Masterarbeit					30	60

Zu beachten ist, dass jedem Kompetenzbereich im ersten Studienjahr eine Bandbreite von ECTS-Credits zugeordnet ist. Die Studierenden müssen in jedem Kompetenzbereich eine Mindestzahl von ECTS-Credits erwerben, die bis zu einer Obergrenze aufgestockt werden dürfen. Dabei entspricht ein ECTS-Credit (Cr) einem Arbeitsaufwand von 30 Zeitstunden. Im Master-Programm müssen - wie an allen deutschen Universitäten - insgesamt 120 ECTS-Credits erworben werden, dies entspricht einem Arbeitsaufwand von 3600 Stunden in

# Modulhandbuch MA Physik

4 Semestern oder 40 - 50 Stunden Studium pro Woche während der Vorlesungszeit, auf den sich der oder die Studierende einstellen muss.

Im Zusammenhang mit der *Forschungsnahen Vertiefung* in ein physikalisches Spezialgebiet kann auch eine *Projektarbeit* in einer Forschungsgruppe der Fakultät durchgeführt werden, im Zusammenhang mit dem *Interdisziplinären Umfeld* ein *Industrieprojekt*. Die Fakultät unterstützt die Studierenden bei der Suche nach entsprechenden Möglichkeiten. Speziell für das Industrieprojekt wird beim Mentoringbeauftragten eine Datenbank angelegt, in welcher die in der Fakultät bestehenden Industriekontakte gesammelt werden.

Die Studierenden sind gefordert, sich bereits in diesem ersten Jahr, gemäß ihrer Neigungen, Fähigkeiten und beruflichen Absichten, für ein Spezialgebiet zu entscheiden, das in der *Forschungsphase* im zweiten Studienjahr durch eigene wissenschaftliche Arbeit weiter vertieft wird.

Der Kompetenzbereich *Tutorium / Zusatzfächer* lässt Raum für die (freiwillige) Teilnahme an einem *Tutorium* bzw. die Wahl von *Zusatzfächern*, deren Prüfungsergebnisse zwar im Abschlusszeugnis aufgeführt werden können, deren Note aber in die Note der Master-Prüfung *nicht* eingeht. Das *Tutorium* wendet sich in erster Linie an Studierende, die nicht das Bachelor-Programm Physik an der Universität Duisburg-Essen besucht haben, und dient vor allem der Angleichung der Vorbildung.

Die *Forschungsphase* (1 bis 3 im zweiten Studienjahr) wird in einer Forschungsgruppe der Fakultät für Physik durchgeführt und von einer Hochschullehrerin, einem Hochschullehrer, einer Privatdozentin oder einem Privatdozenten individuell betreut. Im Rahmen der Möglichkeiten der Fakultät können die Studierenden ihre Betreuerin oder ihren Betreuer frei wählen. Im ersten Abschnitt der Forschungsphase (Modul *Forschungsphase 1*, Dauer: 3 Monate) arbeiten sich die Studierenden in eine Fragestellung der aktuellen physikalischen Forschung ein. In den nächsten drei Monaten erwerben sie die notwendigen Fertigkeiten zur Forschung an der Fragestellung (Modul *Forschungsphase 2*).

Aus dieser Beschäftigung mit der Fragestellung erwächst dann das Thema der *Master-Arbeit*, die in den nächsten 6 Monaten (Modul *Forschungsphase 3*) selbständig unter Anleitung der Betreuerin oder des Betreuers erstellt wird und die den Abschluss des Master-Studiums bildet.

Die vielen Wahlmöglichkeiten müssen gut überlegt werden. Deshalb sollten die Studierenden bereits *zu Beginn des Master-Studiums* ein *Beratungsgespräch* über die Fächerwahl und die Struktur der Forschungsphase führen. Weitere Beratungsgespräche während des Studiums werden dringend empfohlen. Sowohl die „hauptamtliche“ Studienberatung der Fakultät als auch alle Hochschullehrerinnen und Hochschullehrer stehen dafür zur Verfügung.

Dieses Modulhandbuch ist ebenfalls nach Kompetenzbereichen gegliedert. Jedem Kompetenzbereich sind bestimmte Module zugeordnet. Jedem Modul ist eine *Modulbeschreibung* beigelegt. In dieser Beschreibung findet man Angaben zu den Zielen des Moduls, zu Art und Umfang sowie zu den Inhalten der darin enthaltenen Lehrveranstaltungen, empfohlene Literatur und - nicht zuletzt - Angaben zu den Modalitäten der geforderten Prüfungen und Studienleistungen. In einigen Fällen enthält die Beschreibung der Prüfungsmodalitäten mehrere Alternativen zur Prüfungsform (z.B. schriftliche oder mündliche Prüfung), Prüfungsdauer oder zu den Kriterien zur Erfüllung einer Prüfungsvorleistung (z.B. erfolgreiche Teilnahme an den Übungen). In diesen Fällen werden die Prüfungsmodalitäten vom jeweiligen Dozenten zu Beginn der Veranstaltung (z.B. in der ersten Vorlesungsstunde) zusammen mit den jeweiligen Prüfungsterminen für alle Teilnehmer verbindlich festgelegt. Genauere Angaben zu den Inhalten der Module sind bei den Modulverantwortlichen oder dem Dozenten bzw. der Dozentin der aktuellen Lehrveranstaltung zu erfragen.

## Modulhandbuch MA Physik

Die Fakultät für Physik ist ständig bemüht, die *inhaltlichen* und die *organisatorischen* Aspekte des Studiums weiter zu verbessern und behält sich Änderungen vor. Es empfiehlt sich, jeweils nach der neuesten Version im Internetauftritt der Fakultät zu schauen.

# **Kompetenzbereich**

## **Erweiterte Grundlagen der Physik**

# Modulhandbuch MA Physik

Modulname	Modulcode
<b>Experimentalphysik</b>	PHYSIK-M1-EXP
Modulverantwortliche/	Fachbereich
Studiendekan der Fakultät für Physik	Physik

Zuordnung zum Studiengang	Modulniveau (Ba/Ma)
Physik	Ma

Vorgesehenes Studiensemester	Dauer des Moduls	Modultyp (P/WP/W)	Credits
1 oder 2	15 Wochen	P	12

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung	Empfohlene Voraussetzungen
Keine	

## Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Veranstaltungsname	Belegungstyp	SWS	Aufwand	Credits
I	Fortgeschrittene Festkörperphysik	P	3	90 h	3
II	Atom- und Molekülphysik	P	6	180	6
III	Repetitorium Experimentelle Physik	P	2 <sup>1</sup>	90	3
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>			9	270	12

Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden haben ihre mathematisch-naturwissenschaftlichen Kenntnisse vertieft und den Überblick über physikalische Zusammenhänge erweitert. Sie haben dabei ihr Wissen beispielhaft auch an komplexen physikalischen Aufgabenstellungen eingesetzt und können diese auf einer wissenschaftlichen Basis analysieren und möglichst weitgehend lösen
davon Schlüsselqualifikationen
Selbstlernstrategie bei der Prüfungsvorbereitung im Repetitorium

Prüfungsleistungen im Modul
Mündliche Modulprüfung (Dauer 30 - 60 Minuten) als Vernetzungsprüfung über die gesamte Experimentalphysik. Prüfungsnote ist die Modulnote
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote
Die Note geht mit dem Gewicht <b>12 Cr</b> in die Gesamtnote ein

<sup>1</sup> Die Teilnahme am angebotenen Tutorium ist freiwillig



Modulname		Modulcode	
Experimentalphysik		PHYSIK-M1-EXP	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
<b>Fortgeschrittene Festkörperphysik</b>		PHYSIK-M1-EXP-FKP	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozenten der Physik		Physik	P

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	SS	Deutsch / Englisch	V: 40, Üb: 20

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
3	45 h	45 h	90 h	3 Cr

Lehrform
Vorlesung (V: 2 SWS) und Übung (Üb: 1 SWS)
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden kennen die physikalischen Begriffe und die grundlegenden Konzepte zur Beschreibung kooperativer Phänomene wie z.B. Supraleitung und Magnetismus. Sie kennen und verstehen die wesentlichen Experimente und können deren Resultate korrekt analysieren, einordnen und beurteilen.
Inhalte
<p><b>Supraleitung</b>                  Typ I und Typ II Supraleiter, Londongleichungen (SL und Magnetfelder, Abschirmströme), BCS – Theorie, Josephson-Effekte, SQUID, Superfluidität</p> <p><b>Diamagnetismus und Paramagnetismus</b>                  Langevin-Gleichung, Quantentheorie des Dia- und Paramagnetismus, Kühlung durch adiabatische Entmagnetisierung, Paramagnetische Suszeptibilität der Leitungselektronen</p> <p><b>Kooperativer Magnetismus</b>                  Ferromagnetische Ordnung, Austauschwechselwirkung, Stonerkriterium, Magnonen, Magnetische Neutronenstreuung, Ferrimagnetische Ordnung, Antiferromagnetische Ordnung, Ferromagnetische Domänen, Ionen im Kristallfeld, Auslöschung des Bahndrehimpulses</p> <p><b>Dielektrische und ferroelektrische Festkörper</b>                  Makroskopisches und lokale elektrische Felder, Dielektrizitätskonstante und Polarisierbarkeit, strukturelle Phasenübergänge, ferroelektrische Kristalle</p> <p><b>Optische Eigenschaften von Festkörpern</b>                  Response-Verhalten, Suszeptibilitäten, komplexer Brechungsindex, Kramers-Kronig-Relation, Fresnel-Gleichungen, optische Reflexion und Absorption, Raman-Effekt</p> <p><b>Elementare Anregungen im Festkörper</b>                  Plasmonen, Polaritonen, Exzitonen, Energieverlustfunktion</p>

# Modulhandbuch MA Physik

<b>Prüfungsleistung</b>
Studienleistung: Aktive und erfolgreiche Teilnahme an Vorlesung und Übung als Prüfungsvorleistung für die Modulprüfung
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• R. Gross, A. Marx, Festkörperphysik</li><li>• N.W. Ashcroft, D.N. Mermin, Festkörperphysik</li><li>• Ch. Kittel: Einführung in die Festkörperphysik</li><li>• Buckel: Supraleitung</li><li>• Poole, Farach, Creswick: Superconductivity</li><li>• W. Nolting: Quantentheorie des Magnetismus</li><li>• Seeger: Semiconductor Physics</li></ul>
<b>Weitere Informationen zur Veranstaltung</b>
Kriterium für erfolgreiche Teilnahme wird vom Dozenten zu Beginn der Veranstaltung festgelegt.

# Modulhandbuch MA Physik

Modulname		Modulcode	
Experimentalphysik		PHYSIK-M1-EXP	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
<b>Atom- und Molekülphysik</b>		PHYSIK-M1-EXP	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozenten der Experimentalphysik		Physik	P

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	SS	Deutsch / Englisch	V: 40

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
6	60 h	120 h	180 h	6 Cr

Lehrform
Vorlesung (V: 4 SWS) und Übung (Üb: 2 SWS)
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden kennen die Konzepte und Methoden zur physikalischen Beschreibung von Atomen und Molekülen als Grundbausteine der Materie, verstehen die wesentlichen Experimente und können deren Resultate korrekt analysieren, einordnen und beurteilen.
Inhalte
Wasserstoffatom: Spin-Bahn Kopplung, relativistische Korrektur, Dirac-Gleichung, Lambshift; Mehrelektronenatome: Orts- und Spinwellenfunktion, Pauli-Spin-Matrizen, Drehimpulskopplung, Clebsch-Gordan-Koeffizienten, selbstkonsistente Näherungsverfahren (Hartree-Fock-Slater, CI), Atome in Feldern, elektronische Übergänge; Molekülphysik: LCAO-Verfahren, Molekülorbitale, Elektronenzustände, Rotation und Schwingung, quantenmechanische Korrekturen, elektronische Übergänge, optische Spektroskopie, IR- und Ramanübergänge, Ausblick auf die Physik mehratomiger Moleküle.
Prüfungsleistung
Studienleistung: Aktive und erfolgreiche Teilnahme an Vorlesung und Übung als Prüfungsvorleistung für die Modulprüfung
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>• T. Mayer-Kuckuck: Atomphysik</li> <li>• H. Haken, H.C. Wolf: Atom- und Quantenphysik</li> <li>• H. Haken, H.C. Wolf: Molekülphysik und Quantenchemie</li> <li>• A. Beider: Atome, Moleküle, Festkörper</li> <li>• W. Demtröder, Experimentalphysik 3: Atome, Moleküle und Festkörper</li> </ul>
Weitere Informationen zur Veranstaltung
Kriterium für erfolgreiche Teilnahme wird vom Dozenten zu Beginn der Lehrveranstaltung festgelegt

# Modulhandbuch MA Physik

Modulname		Modulcode	
Experimentalphysik		PHYSIK-M1-EXP	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
<b>Repetitorium Experimentelle Physik</b>		PHYSIK-M1-EXP-REP	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozenten der Physik		Physik	P

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1	WS	Deutsch	20

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30	60	90	3

Lehrform
Tutorium (T)
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden sind in der Lage, grundlegende Sachverhalte der experimentellen Physik zu rekapitulieren, themenübergreifende Zusammenhänge zu erkennen und sich gegebenenfalls in neue Themenfelder einzuarbeiten, um diese mit den Inhalten der fortgeschrittenen Atom-, Molekül und Festkörperphysik zu vernetzen.
Inhalte
Gesamte Experimentalphysik
Prüfungsleistung
keine
Literatur
Wird im Tutorium individuell bekannt gegeben
Weitere Informationen zur Veranstaltung
Das Repetitorium ist gedacht zur Vorbereitung auf die Modulprüfung im Selbststudium. Die Teilnahme am angebotenen Tutorium ist freiwillig.

# Modulhandbuch MA Physik

<b>Modulname</b>	Modulcode
<b><i>Praktikum für Fortgeschrittene</i></b>	PHYSIK-MX-FP
Modulverantwortliche/r	Fachbereich
Studiendekan der Fakultät für Physik	Physik

Zuordnung zum Studiengang	Modulniveau (Ba/Ma)
Physik	Ma

Vorgesehenes Studiensemester	Dauer des Moduls	Modultyp (P/WP/W)	Credits
1 und 2	30 Wochen	P	≥ 9

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung	Empfohlene Voraussetzungen
Keine	

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Veranstaltungsname	Belegungstyp	SWS	Aufwand	Credits
I	Fortgeschrittenenpraktikum	P	8 <sup>2</sup>	≥ 180	≥ 6
II	Seminar zu Fortgeschrittenenpraktikum	P	2	90	3
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>			≥ 6	≥ 270	≥ 9

<b>Lernergebnisse / Kompetenzen</b>
Die Studierenden entwickeln in dieser Veranstaltung die Kompetenz, komplexe physikalische Experimente zu planen, aufzubauen, durchzuführen und die Ergebnisse wissenschaftlich zu interpretieren sowie einem physikalisch vorgebildeten Publikum zu präsentieren. Sie werden dabei in ausgewählten Spezialgebieten der Experimentalphysik an die in der aktuellen Forschung eingesetzten Messmethoden herangeführt und erwerben die Fähigkeit zur Anwendung erworbener physikalischer Kenntnisse zur Gewinnung, Auswertung und Interpretation von Messdaten.
<b>davon Schlüsselqualifikationen</b>
Selbstlernen, Zeitmanagement, Lernstrategien bei der Versuchsvorbereitung, Kommunikations- u. Vermittlungstechniken durch mündliche und schriftliche Darstellung der Experimente, Teamfähigkeit durch Arbeit in Kleingruppen (2 – 3 Pers.).

<b>Prüfungsleistungen im Modul</b>
Studienleistung: mindestens 6 Versuchstestate (unbenotet); 1 Vortrag im Seminar
<b>Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote</b>

<sup>2</sup> mindestens 6 Versuchstage á 8 h Präsenzzeit

# Modulhandbuch MA Physik

Modulname		Modulcode	
Praktikum für Fortgeschrittene		PHYSIK-MX-FP	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
<b>Fortgeschrittenenpraktikum</b>		PHYSIK-MX-FP-FP	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Lorke, Wiedwald		Physik	P

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 und 2	WS und SS	Deutsch	

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
≥ 4	≥ 80 h	≥ 100 h	≥ 180h	≥ 6

Lehrform
Praktikum
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden vertiefen ihre praktischen Fertigkeiten durch weitgehend selbstständiges Arbeiten an speziellen Versuchsaufbauten. Sie erwerben Erfahrung in der Anwendung moderner Messverfahren und bauen die im Bachelorstudium erworbene Fähigkeit zur Anwendung erworbener physikalischer Kenntnisse zur Gewinnung, Auswertung und Interpretation von Messdaten weiter aus.
Inhalte
Fortgeschrittene Versuche aus unterschiedlichen Gebieten der Experimentalphysik. Die genauen Versuchsthemen werden im Praktikumsbereich durch Aushang sowie im Internet bekannt gegeben..
Prüfungsleistung
Das (unbenotete) Testat für einen Versuch wird aufgrund folgender Studienleistungen erteilt: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Thematische Einarbeitung</li> <li>2. Mündliche Eingangsbefragung (Antestat)</li> <li>3. erfolgreiche Versuchsdurchführung</li> <li>4. Korrekte Darstellung des Versuchsthemas, der Durchführung und der Ergebnisse in Form eines schriftlichen, testierten Berichts.</li> </ol> Voraussetzung für die Durchführung des Versuchs ist der Nachweis ausreichender Vorbereitung im Antestat.
Literatur
Versuchsanleitungen, spezielle Buchartikel und Veröffentlichungen zu den jeweiligen Versuchen (werden in Form eines Semesterapparats zur Verfügung gestellt).
Weitere Informationen zur Veranstaltung
Im Master-Programm sind mindestens 6 Versuche durchzuführen, die nicht schon im Bachelor-Studium durchgeführt wurden (§12 Abs.1 PO). Jedem Versuch ist ein ECTS-Credit zugeordnet.

# Modulhandbuch MA Physik

Modulname		Modulcode	
Praktikum für Fortgeschrittene		PHYSIK-MX-FP	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
<b>Seminar zum Fortgeschrittenenpraktikum</b>		PHYSIK-MX-FP-S	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Lorke, Wiedwald		Physik	P

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 und 2	WS	Deutsch	

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	60 h	90 h	3 Cr

Lehrform
Se
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden haben Kommunikations- und Präsentationstechniken erlernt und sind fähig, Thema, Planung, Präparation, Durchführung und Ergebnisse eines komplexen physikalischen Experiments unter Einhaltung von Zeitvorgaben einem physikalisch vorgebildeten Publikum vorzustellen.
Inhalte
Versuche aus dem angebotenen Kanon des Fortgeschrittenenpraktikums.
Prüfungsleistung
Eigener Vortrag im Seminar
Literatur
Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulname	Modulcode
<b>Theoretische Physik</b>	PHYSIK-M1-THP
Modulverantwortliche/	Fachbereich
Studiendekan der Fakultät für Physik	Physik

Zuordnung zum Studiengang	Modulniveau (Ba/Ma)
Physik	Ma

Vorgesehenes Studiensemester	Dauer des Moduls	Modultyp (P/WP/W)	Credits
1 oder 2	15 Wochen	P	12

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung	Empfohlene Voraussetzungen
Keine	

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Veranstaltungsname	Belegungstyp	SWS	Aufwand	Credits
I	Höhere Quantenmechanik	P	6	270 h	9
II	Repetitorium Theoretische Physik	P	2 <sup>3</sup>	90	3
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>			8	360 h	12

Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden haben ihre mathematisch-naturwissenschaftlichen Kenntnisse vertieft und den Überblick über physikalische Zusammenhänge erweitert. Sie haben dabei ihr Wissen beispielhaft auch an komplexen physikalischen Aufgabenstellungen eingesetzt und können diese auf einer wissenschaftlichen Basis analysieren und möglichst weitgehend lösen.
davon Schlüsselqualifikationen
Selbstlernstrategie bei der Prüfungsvorbereitung im Repetitorium

Prüfungsleistungen im Modul
Mündliche Modulprüfung (Dauer: 30-60 Minuten) als Vernetzungsprüfung über die gesamte Theoretische Physik. Prüfungsnote ist die Modulnote
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote
Die Note geht mit dem Gewicht <b>12 Cr</b> in die Gesamtnote ein

<sup>3</sup> Die Teilnahme am angebotenen Tutorium ist freiwillig



# Modulhandbuch MA Physik

Modulname		Modulcode	
Theoretische Physik		PHYSIK-M1-THP	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
<b>Höhere Quantenmechanik</b>		PHYSIK-M1-THP-HQM	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozenten der Physik		Physik	P

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	WS	Deutsch	V:40, Üb:20

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
6	90 h	180 h	270 h	9 Cr

Lehrform
Vorlesung (V: 4 SWS) und Übung (Üb: 2 SWS)
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden kennen fortgeschrittene Themen der Quantentheorie, auch im Zusammenhang mit Elektrodynamik und spezieller Relativitätstheorie. Sie können Probleme wie die Wechselwirkung von Strahlung mit Materie, Mehrteilchensysteme oder Näherungsverfahren in den Kontext von aus in der Experimentalphysik kennengelernten Effekten stellen und sie dort anwenden.
Inhalte
Streutheorie, Lippmann-Schwinger-Gleichung, S-Matrix, Resonanzzustände. Adiabatische Entwicklung, geometrische Phasen. Dirac-Gleichung, Pauligleichung und Spin. Quantisierung des elektromagnetischen Feldes. Eichprinzip und minimale Ankopplung (Aharonov-Bohm-Effekt und Flussquantisierung). Vielteilchentheorie, zweite Quantisierung, Erzeuger und Vernichter. Hamilton-Prinzip für Felder (Noether-Theorem). Optional: Pfadintegrale
Prüfungsleistung
Studienleistung: Aktive und erfolgreiche Teilnahme an den Vorlesungen und Übungen als Prüfungsvorleistung für die Modulprüfung
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>R. H. Landau: Quantum Mechanics II</li> </ul>
Weitere Informationen zur Veranstaltung
Kriterium für erfolgreiche Teilnahme wird vom Dozenten zu Beginn der Lehrveranstaltung festgelegt.

# Modulhandbuch MA Physik

Modulname		Modulcode	
Theoretische Physik		PHYSIK-M1-THP	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
<b>Repetitorium Theoretische Physik</b>		PHYSIK-M1-THP-REP	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozenten der Physik		Physik	

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
2	WS	Deutsch	

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30	60	90	3 Cr

Lehrform
Tutorium (freiwillig)
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden sind in der Lage, grundlegende Sachverhalte der theoretischen Physik zu rekapitulieren, themenübergreifende Zusammenhänge zu erkennen und sich gegebenenfalls in neue Themenfelder einzuarbeiten, um diese mit den Inhalten der höheren Quantenmechanik zu vernetzen.
Inhalte
S. o.
Prüfungsleistung
keine
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>A Wachter, H Hoeber - Repetitorium Theoretische Physik, 1998 - Springer</li> </ul>
Weitere Informationen zur Veranstaltung
Das Repetitorium ist gedacht zur Vorbereitung auf die Modulprüfung im Selbststudium. Die Teilnahme am angebotenen Tutorium ist freiwillig.

# Modulhandbuch MA Physik

<b>Modulname</b>	Modulcode
<b>Hauptseminar</b>	PHYSIK-M1-HS
Modulverantwortliche/	Fachbereich
Studiendekan der Fakultät für Physik	Physik

Zuordnung zum Studiengang	Modulniveau (Ba/Ma)
Physik	Ma

Vorgesehenes Studiensemester	Dauer des Moduls	Modultyp (P/WP/W)	Credits
1 oder 2	15 Wochen	P	3

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung	Empfohlene Voraussetzungen
Keine	

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Veranstaltungsname	Belegungstyp	SWS	Aufwand	Credits
I	Wissenschaftliche Präsentation	P	2	90 h	3
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>			<b>2</b>	<b>9 h</b>	<b>3</b>

<b>Lernergebnisse / Kompetenzen</b>
Die Studierenden erwerben die Fähigkeit, sich in ein beliebiges physikalisches Spezialgebiet einzuarbeiten, die aktuelle internationale Fachliteratur hierzu zu recherchieren und zu verstehen. Sie sind in der Lage, komplexe physikalische Sachverhalte umfassend zu diskutieren und in mündlicher und schriftlicher Form darzustellen.
davon Schlüsselqualifikationen
Selbstlernen, Zeitmanagement, Präsentationstechniken

<b>Prüfungsleistungen im Modul</b>
Studienleistung (unbenotet): Ausarbeitung und Präsentation eines wissenschaftlichen Vortrags mit anschließender Diskussion
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote
Das Modul ist unbenotet

# Modulhandbuch MA Physik

Modulname		Modulcode	
Hauptseminar		PHYSIK-M1-HS	
<b>Veranstaltungsname</b>		Veranstaltungscode	
<b>Wissenschaftliche Präsentation</b>		PHYSIK-M	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozenten der Physik		Physik	P

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	WS oder SS	Deutsch	

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	60 h	90 h	3 Cr

Lehrform
Seminar
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden erwerben die Fähigkeit, sich in ein beliebiges physikalisches Spezialgebiet einzuarbeiten, die aktuelle internationale Fachliteratur hierzu zu recherchieren und zu verstehen. Sie sind in der Lage, komplexe physikalische Sachverhalte umfassend zu diskutieren und in mündlicher und schriftlicher Form darzustellen.
Inhalte
Die Teilnehmer halten einen Vortrag zu einem physikalischen Thema aus dem Bereich der theoretischen oder experimentellen Physik. Einzelthemen, Anforderungen und Umfang werden zu Beginn der Veranstaltung spezifiziert. Zu leisten sind die Erarbeitung der wesentlichen Aussagen unter Ausnutzung der Recherchemöglichkeiten in wissenschaftlichen Datenbanken, die Umsetzung der Ergebnisse in eine Präsentation, die Darstellung in Form eines wissenschaftlichen Vortrags mit anschließender Diskussion der Ergebnisse und der Präsentation.
Prüfungsleistung
Studienleistung (unbenotet): Ausarbeitung und Präsentation eines wissenschaftlichen Vortrages (ca. 45 Minuten Dauer) mit anschließender Diskussion. Vortrag und Diskussion zählen für den Erfolg zu gleichen Teilen
Literatur
Wird in der Veranstaltung bekannt gegeben.

### Weitere Informationen zur Veranstaltung

#### Anforderungen und Kriterien:

- Abschluss des Bachelorstudiums oder zumindest der Bachelor-Arbeit
- Teilnahme an den Probevorträgen ist für Seminarteilnehmer freiwillig
- Teilnahme an den Hauptvorträgen ist für alle Teilnehmer Pflicht.
- Vortragsdauer: ca. 45 Minuten mit anschließender Diskussion
- keine Vorführung von Videos länger als 60 s oder mit Ton
- Vortragsfolien müssen wissenschaftlichen Standard erfüllen (d.h. Referenzen angeben, Originalabbildungen, wenig Wikipedia)
- Vortragssprache: Deutsch oder Englisch

# Kompetenzbereich

## Forschungsnahe Vertiefung

Im Bereich *Forschungsnahe Vertiefung* können Module aus thematisch zusammenhängenden Lehrveranstaltungen der unten aufgeführten Moduleinheiten *Vertiefung Experimentelle Physik* und *Vertiefung Theoretische Physik* aus jeweils drei Lehrveranstaltungen im Gesamtvolumen von 6 Cr gebildet werden, welche noch nicht im Bachelorstudium belegt wurden. Dieselbe Lehrveranstaltung kann dabei nur in einem Modul enthalten sein. Die Strukturierung der aufgelisteten Lehrveranstaltungen in "Forschungsgebiete" leistet Hilfestellung bei der Kombination und ist als Empfehlung hinsichtlich der Auswahl der zu kombinierenden Lehrveranstaltungen zu verstehen. Es ist jedoch auch möglich, thematisch verwandte Lehrveranstaltungen aus unterschiedlichen Forschungsgebieten zu einem Vertiefungsmodul zu kombinieren. In Absprache mit dem Prüfungsausschuss können dabei auch Module aus sich thematisch ergänzenden Lehrveranstaltungen der experimentellen und theoretischen Physik gebildet werden..

Ein Vertiefungsmodul wird mit einer mündlichen Modulprüfung abgeschlossen. Es müssen mindestens zwei Vertiefungsmodule mit benoteten Modulprüfungen abgeschlossen werden, die beiden Modulnoten gehen jeweils mit dem Gewicht 6 Cr in die Gesamtnote ein (§ 15 Abs. 1 Buchstabe b PO). Darüber hinaus können weitere Credits durch Bildung weiterer Vertiefungsmodule erworben werden. Auch diese Module werden mit einer mündlichen Modulprüfung abgeschlossen, die entsprechende Note geht jedoch nicht in die Gesamtnote ein, wird aber im Zeugnis (§ 29 PO) aufgeführt und bei der Entscheidung über eine etwaige Auszeichnung (§ 27 Abs. 4 PO) berücksichtigt.

<b>Modulname</b>	Modulcode
<b>Vertiefung Experimentelle Physik</b>	PHYSIK-M1-VT
Modulverantwortliche/r	Fachbereich
Studiendekan der Fakultät für Physik	Physik

Zuordnung zum Studiengang	Modulniveau (Ba/Ma)
Physik	Ma

Vorgesehenes Studiensemester	Dauer des Moduls	Modultyp (P/WP/W)	Credits
1 und 2	Wochen	WP	6

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung	Empfohlene Voraussetzungen

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Veranstaltungsname	Belegungstyp	SWS	Aufwand	Credits
Mindestens zwei Lehrveranstaltungen und ein Projekt müssen gewählt werden. Nicht alle werden in jedem Studienjahr angeboten, siehe Vorlesungsverzeichnis und Aushänge.					
<b>Forschungsgebiet Oberflächenphysik</b>					
I	Grundlagen der Oberflächenphysik	WP	2	60 h	2
II	Experimentelle Methoden der Oberflächenphysik I: Struktur	WP	2	60 h	2
III	Experimentelle Methoden der Oberflächenphysik II: Elektronische Eigenschaften	WP	2	60 h	2
IV	Vakuumtechnik und Dünnschichttechnologie	WP	2	60 h	2
V	Aktuelle Probleme der Oberflächenphysik	WP	2	60 h	2
<b>Forschungsgebiet Magnetismus</b>					
VI	Grundlagen des Magnetismus	WP	2	60 h	2
VII	Magnetische Nanostrukturen	WP	2	60 h	2
VIII	Magnetooptik	WP	2	60 h	2
IX	Experimentelle Methoden der Nanostrukturphysik	WP	2	60 h	2
X	Experimentelle Grundlagen der Spinelektronik	WP	2	60 h	2
XI	Aktuelle Probleme des Magnetismus	WP	2	60 h	2
<b>Forschungsgebiet Halbleiterphysik / Angewandte Festkörperphysik</b>					
XII	Grundlagen der Halbleiterphysik	WP	2	60 h	2

## Modulhandbuch MA Physik

XII	Halbleiteroptik und -quantenstrukturen	WP	2	60 h	2
XIV	Moderne Halbleiterbauelemente	WP	2	60 h	2
XV	Experimentelle Methoden der Nanostrukturphysik	WP	2	60 h	2
XVI	Photonik	WP	2	60 h	2
XVII	Aktuelle Probleme der Halbleiterphysik / Angewandten FKP	WP	2	60 h	2
<b>Forschungsgebiet Astrophysik</b>					
XVIII	Grundlagen der Astrophysik	WP	2	60 h	2
XIX	Planetenentstehung	WP	2	60 h	2
XX	Aktuelle Probleme der Astrophysik	WP	2	60 h	2
<b>Forschungsgebiet Optik</b>					
XXI	Grundlagen der Optik	WP	2	60 h	2
XXII	Laserphysik	WP	2	60 h	2
XXII	Integrierte Optik, Faseroptik	WP	2	60 h	2
XXIV	Nichtlineare Optik	WP	2	60 h	2
XXV	Ultrakurzzeitphysik	WP	2	60 h	2
XXVI	Aktuelle Probleme der Optik	WP	2	60 h	2
Projektarbeit zu den vom Studierenden gewählten Veranstaltungen.					
XXVII	Projekt	P	2	60 h	2
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>			<b>6</b>	<b>180 h</b>	<b>6</b>

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden werden an den Forschungshorizont der Experimentellen Physik herangeführt. Sie können die Begriffe und einschlägigen Methoden korrekt anwenden und kennen die grundlegenden experimentellen Techniken

davon Schlüsselqualifikationen

.

### Prüfungsleistungen im Modul

Mündliche Prüfung (Dauer 45 Minuten) über zwei Lehrveranstaltungen aus dem angebotenen Wahlpflichtkanon und ein Projekt zu einer der beiden Lehrveranstaltungen im Gesamtumfang von 6 Cr

Prüfungsvorleistung: erfolgreiche Teilnahme am Projekt.

Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote

Die Note geht mit dem Gewicht von **6 Cr** in die Gesamtnote ein



# Modulhandbuch MA Physik

<b>Modulname</b>	<b>Modulcode</b>	
Vertiefung Experimentelle Physik	PHYSIK-M1-VT	
<b>Veranstaltungsname</b>	<b>Veranstaltungscode</b>	
<b>Grundlagen der Oberflächenphysik</b>	PHYSIK-M1-VT -GOFL	
<b>Lehrende/r</b>	<b>Lehreinheit</b>	<b>Belegungstyp (P/WP/W)</b>
Buck, Horn-von Hoegen, Mergel, Möller, Nienhaus, Schleberger, Schneider, Wende, Wucher	Physik	WP

<b>Vorgesehenes Studiensemester</b>	<b>Angebotshäufigkeit</b>	<b>Sprache</b>	<b>Gruppengröße</b>
1 oder 2	SS oder WS	Deutsch	15

<b>SWS</b>	<b>Präsenzstudium</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Aufwand</b>	<b>Credits</b>
2	30 h	30 h	60 h	2 Cr

<b>Lehrform</b>
Vorlesung
<b>Lernergebnisse / Kompetenzen</b>
Erwerb grundlegender Kenntnisse in der Oberflächenphysik.
<b>Inhalte</b>
Historische Einführung, atomare, elektronische und vibronische Struktur von Oberflächen, Mechanismen der Strukturbildung: Rekonstruktion und Relaxation, Herstellung reiner Oberflächen, Oberflächenzustände und elementare Anregungen, optische Eigenschaften, Phasenübergänge, Austrittsarbeit und Emissionsprozesse, Wechselwirkung mit Teilchen, chemische Reaktionen, Adsorption, Wachstum, Katalyse, Halbleiteroberflächen, Experimentelle Methoden.
<b>Prüfungsleistung</b>
mündliche Modulprüfung über zwei Lehrveranstaltungen und ein Projekt zu einer der beiden Lehrveranstaltungen
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desjonqueres, Spanjaard: Concepts in Surface Physics</li> <li>• Henzler, Göpel: Oberflächenphysik des Festkörpers</li> <li>• Lüth: Surfaces and Interfaces of Solids</li> <li>• Somorjai: Introduction to Surface Chemistry and Catalysis</li> <li>• Zangwill: Physics at Surfaces</li> </ul>
<b>Weitere Informationen zur Veranstaltung</b>

# Modulhandbuch MA Physik

<b>Modulname</b>		<b>Modulcode</b>	
Vertiefung Experimentelle Physik		PHYSIK-M1-VT	
<b>Veranstaltungsname</b>		<b>Veranstaltungscode</b>	
<b>Experimentelle Methoden der Oberflächenphysik I: Struktur</b>		PHYSIK-M1-VT -OFL1	
<b>Lehrende/r</b>		<b>Lehreinheit</b>	<b>Belegungstyp (P/WP/W)</b>
Buck, Horn-von Hoegen, Mergel, Möller, Nienhaus, Schleberger, Schneider, Wende, Wucher		Physik	WP

<b>Vorgesehenes Studiensemester</b>	<b>Angebotshäufigkeit</b>	<b>Sprache</b>	<b>Gruppengröße</b>
1 oder 2	SS oder WS	Deutsch	15

<b>SWS</b>	<b>Präsenzstudium</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Aufwand</b>	<b>Credits</b>
2	30 h	30 h	60 h	2 Cr

<b>Lehrform</b>
Vorlesung
<b>Lernergebnisse / Kompetenzen</b>
Erwerb grundlegender Kenntnisse der Methoden zur Strukturaufklärung von Oberflächen.
<b>Inhalte</b>
Röntgenbeugung, Elektronenbeugung, Ionenstreuung, Rastersondenverfahren, optische Techniken, spezielle Verfahren.
<b>Prüfungsleistung</b>
Siehe Modulbeschreibung PHYSIK-M1-VT.
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desjonqueres, Spanjaard: Concepts in Surface Physics</li> <li>• Henzler, Göpel: Oberflächenphysik des Festkörpers</li> <li>• Lüth: Surfaces and Interfaces of Solids</li> <li>• Somorjai: Introduction to Surface Chemistry and Catalysis</li> <li>• Zangwill: Physics at Surfaces</li> </ul>
<b>Weitere Informationen zur Veranstaltung</b>

# Modulhandbuch MA Physik

<b>Modulname</b>	<b>Modulcode</b>	
Vertiefung Experimentelle Physik	PHYSIK-M1-VT	
<b>Veranstaltungsname</b>	<b>Veranstaltungscode</b>	
<b>Experimentelle Methoden der Oberflächenphysik II: Elektronische Eigenschaften</b>	PHYSIK-M1-VT-OFL2	
Lehrende/r	Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Buck, Horn-von Hoegen, Mergel, Möller, Nienhaus, Schleberger, Schneider, Wende, Wucher	Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	SS oder WS	Deutsch	15

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	30 h	60 h	2 Cr

<b>Lehrform</b>
Vorlesung
<b>Lernergebnisse / Kompetenzen</b>
Erwerb grundlegender Kenntnisse der Methoden zur Bestimmung der elektronischen Eigenschaften von Festkörperoberflächen
<b>Inhalte</b>
Elektronenzustände an Oberflächen, projizierte Bandstruktur, Raumladungsschichten an Oberflächen, Photoelektronenspektroskopie, Augerelektronenspektroskopie, Tunnelspektroskopie, optische Spektroskopietechniken, spezielle Techniken.
<b>Prüfungsleistung</b>
siehe Modulbeschreibung PHYSIK-M1-VT.
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desjonqueres, Spanjaard: Concepts in Surface Physics</li> <li>• Henzler, Göpel: Oberflächenphysik des Festkörpers</li> <li>• Lüth: Surfaces and Interfaces of Solids</li> <li>• Somorjai: Introduction to Surface Chemistry and Catalysis</li> <li>• Zangwill: Physics at Surfaces</li> </ul>
<b>Weitere Informationen zur Veranstaltung</b>

# Modulhandbuch MA Physik

<b>Modulname</b>	<b>Modulcode</b>	
Vertiefung Experimentelle Physik	PHYSIK-M1-VT	
<b>Veranstaltungsname</b>	<b>Veranstaltungscode</b>	
<b>Vakuumtechnik und Dünnschichttechnologie</b>	PHYSIK-M1-VT-VAK	
Lehrende/r	Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Buck, Horn-von Hoegen, Mergel, Möller, Nienhaus, Schleberger, Schneider, Wende, Wucher	Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	SS oder WS	Deutsch	15

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	30 h	60 h	2 Cr

<b>Lehrform</b>
Vorlesung
<b>Lernergebnisse / Kompetenzen</b>
Erwerb grundlegender Kenntnisse der Vakuumtechnik der Dünnschichttechnologie.
<b>Inhalte</b>
Grundlagen der kinetischen Gasttheorie; Bauteile und Werkstoffe der Vakuumtechnik; Abscheidung und Wachstum dünner Schichten (strukturell, chemisch, optisch); Anwendungen: Hartstoffschichten (insbes. Diamant); optische Schichten, magnetische und optische Datenspeicherung, Heterostrukturbauelemente
<b>Prüfungsleistung</b>
siehe Modulbeschreibung PHYSIK-M1-VT.
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• M. Wutz, H. Adam, W. Walcher: Theorie und Praxis der Vakuumtechnik</li> <li>• M. Ohring: The materials science for thin films</li> </ul>
<b>Weitere Informationen zur Veranstaltung</b>

# Modulhandbuch MA Physik

<b>Modulname</b>	<b>Modulcode</b>	
Vertiefung Experimentelle Physik	PHYSIK-M1-VT	
<b>Veranstaltungsname</b>	<b>Veranstaltungscode</b>	
<b>Aktuelle Probleme der Oberflächenphysik</b>	PHYSIK-M1-VT-AKTOFL	
Lehrende/r	Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Buck, Horn-von Hoegen, Mergel, Möller, Nienhaus, Schleberger, Schneider, Wende, Wucher	Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	SS oder WS	Deutsch	15

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	30 h	60 h	2 Cr

<b>Lehrform</b>
Vorlesung
<b>Lernergebnisse / Kompetenzen</b>
Heranführen der Studierenden an den aktuellen Forschungshorizont auf dem Gebiet der Oberflächenphysik.
<b>Inhalte</b>
Die Inhalte orientieren sich an aktuellen Problemen der Oberflächenphysik.
<b>Prüfungsleistung</b>
siehe Modulbeschreibung PHYSIK-M1-VT.
<b>Literatur</b>
Wird in der Veranstaltung bekannt gegeben.
<b>Weitere Informationen zur Veranstaltung</b>

# Modulhandbuch MA Physik

<b>Modulname</b>	<b>Modulcode</b>	
Vertiefung Experimentelle Physik	PHYSIK-M1-VT	
<b>Veranstaltungsname</b>	<b>Veranstaltungscode</b>	
<b>Grundlagen des Magnetismus</b>	PHYSIK-M1-VT-GMAG	
Lehrende/r	Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Farle, Mergel, Nienhaus, Schneider, Wende	Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	SS oder WS	Deutsch	15

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	30 h	60 h	2 Cr

Lehrform
Vorlesung
Lernergebnisse / Kompetenzen
Erwerb grundlegender Kenntnisse des Magnetismus.
Inhalte
Atomarer Magnetismus: Spin, magn. Moment, Diamagnetismus, Paramagnetismus, magnetische Ordnung im Festkörper, magnetische Anisotropie, magnetische Strukturen, Magnetodynamik, magnetische Anregungen, magnetische Kopplungsphänomene, Spinelektronik, Darstellung von Anwendungsbeispielen, Ausblick Nanomagnetismus: Nanopartikel, ultradünne Filme und magnetische Moleküle.
Prüfungsleistung
siehe Modulbeschreibung PHYSIK-M1-VT.
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ch. Kittel, Einführung in die Festkörperphysik (Oldenbourg Verlag München Wien)</li> <li>• H. C. Siegmann, J. Stöhr; Magnetism: From Fundamentals to Nanoscale Dynamics (Springer Verlag)</li> <li>• R. C. O'Handley, Modern Magnetic Materials: Principles and Applications (Wiley &amp; Sons)</li> <li>• W. Nolting, Quantentheorie des Magnetismus 1 und 2 (Teubner Studienbücher Physik)</li> <li>• H. Lueken, Magnetochemie (Teubner Studienbücher Physik)</li> <li>• B. Heinrich, J.A.C. Bland, Ultrathin Magnetic Structures I-IV (Springer Verlag)</li> <li>• H. Kronmüller und S. Parkin, Handbook of Magnetism and Advanced Magnetic Materials (Wiley &amp; Sons)</li> </ul>
Weitere Informationen zur Veranstaltung

# Modulhandbuch MA Physik

<b>Modulname</b>		<b>Modulcode</b>	
Vertiefung Experimentelle Physik		PHYSIK-M1-VT	
<b>Veranstaltungsname</b>		<b>Veranstaltungscode</b>	
<b>Magnetische Nanostrukturen</b>		PHYSIK-M1-VT-MAGN	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Farle, Lorke, Schneider, Wende		Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	SS oder WS	Deutsch	15

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	30 h	60 h	2 Cr

Lehrform
Vorlesung
Lernergebnisse / Kompetenzen
Erwerb grundlegender Kenntnisse auf dem Gebiet der magnetischen Nanostrukturen.
Inhalte
Übersicht der Herstellungsmethoden (Organometallische Synthese, Elektronenstrahl-lithographie, Gasphasen-Synthese, Molekularstrahlepitaxie, Laserablation); Eigenschaften niedrigdimensionaler Magnete (größenabhängige physikalische Eigenschaften, elektronische Struktur, Spinwellenspektrum, Magnetische Anisotropie und Magnetisierung); temperaturabhängige Phänomene (Superparamagnetismus, „Blocking“ Temperatur als dynamische Größe, magnetische Relaxation); kollektive Phänomene (magnetische dipolare Wechselwirkung, Austauschwechselwirkung in einer Matrix, Superferromagnetismus); Messmethoden (Röntgenzirkulardichroismus, Magnetkraftmikroskopie, Spinpolarisierte Rastertunnelmikroskopie, ortsaufgelöste magnetische Resonanz Spektroskopie); Anwendungen (magnetische Datenspeicher und Sensoren, biomedizinische Anwendungen in Diagnostik und Therapie).
Prüfungsleistung
siehe Modulbeschreibung PHYSIK-M1-VT.
Literatur

## Modulhandbuch MA Physik

- B. Heinrich, J. A. C Bland, Ultrathin Magnetic Structures IV (Applic. of Nanomagnetism), Springer 2005
- R. C. O'Handley, Modern Magnetic Materials, Principles and Applications, Wiley 2000
- W. Nolting, Quantentheorie des Magnetismus 1 und 2, Teubner 1986
- 36th Spring School 2005, Magnetism goes Nano, Schriften des Forschungszentrums Jülich, Band 26
- Klabunde, Kenneth J. [Hrsg.] , Nanoscale materials in chemistry Wiley, New York 2001

Weitere Literatur wird in der Vorlesung angegeben

Weitere Informationen zur Veranstaltung



<b>Modulname</b>		<b>Modulcode</b>	
Vertiefung Experimentelle Physik		PHYSIK-M1-VT	
<b>Veranstaltungsname</b>		<b>Veranstaltungscode</b>	
<b>Magnetooptik</b>		PHYSIK-M1-VT-MGOPT	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Schneider, Farle, Wende		Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	SS oder WS	Deutsch	15

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	30 h	60 h	2 Cr

<b>Lehrform</b>
Vorlesung
<b>Lernergebnisse / Kompetenzen</b>
Erwerb grundlegender Kenntnisse auf dem Gebiet der Magnetooptik.
<b>Inhalte</b>
Grundlagen der Wechselwirkung Photonen - Spinsysteme (elektronische Struktur, optische Übergänge, Spin-Bahn-Ww., Austausch-Ww.); Magnetooptische Effekte im sichtbaren Spektralbereich (Kerr u. Faraday-Effekt); Magnetooptische Effekte höherer Ordnung (Cotton-Mouton, Voigt, etc.); Erzeugung u. Eigenschaften von Synchrotronstrahlung; Magnetischer Röntgen-Zirkulardichroismus (XMCD), Magnetischer Röntgen-Lineardichroismus (XMLD), Resonante magnetische Streuung im weichen Röntgenbereich, Kernresonante magnetische Streuung, Abbildende magnetooptische Verfahren (Kerr Mikroskopie, Röntgenmikroskopie, Lensless imaging, etc.), Mikrowellenspektroskopie und -mikroskopie (Spinwellen Resonanz), Brillouinlichtstreuung
<b>Prüfungsleistung</b>
siehe Modulbeschreibung PHYSIK-M1-VT.
<b>Literatur</b>

## Modulhandbuch MA Physik

<ul style="list-style-type: none"> <li>• D. Attwood, Soft X-Rays and Extreme Ultraviolet Radiation: Principles and Applications (Cambridge University Press, Cambridge, 2007)</li> <li>• A. Hubert and R. Schäfer, Magnetic Domains (Springer-Verlag, Berlin, 1998)</li> <li>• J. Stöhr and H. C. Siegmann, Magnetism: From Fundamentals to Nanoscale Dynamics (Springer-Verlag, Berlin, 2006)</li> </ul>
Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulname		Modulcode	
Vertiefung Experimentelle Physik		PHYSIK-M1-VT	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
<b>Experimentelle Methoden der Nanostrukturphysik</b>		PHYSIK-M1-VT-EXPN	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Buck, Farle, Horn-von Hoegen, Mergel, Möller, Nienhaus, Lorke, Schneider, Schleberger, Wende, Wucher		Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	SS oder WS	Deutsch	15

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	30 h	60 h	2 Cr

Lehrform
Vorlesung

Lehrform
Vorlesung
Lernergebnisse / Kompetenzen
Erwerb grundlegender Kenntnisse der Nanostrukturphysik.
Inhalte

## Modulhandbuch MA Physik

Einführung in verschiedene Bereiche der Nanostrukturforschung und Nanotechnologie; physikalische Phänomene in Metallen, Halbleitern und Isolatoren, die auf reduzierte geometrische Abmessungen zurückzuführen sind; experimentelle Verfahren zur Herstellung (chemische Synthese, Elektronenstrahlolithographie, Gasphasen-Kondensation, Molekularstrahlepitaxie, Laserablation), Manipulation und Analyse von Materie auf der Nanometerskala (Groß- und Kleinwinkelröntgenbeugung, Raster-, konventionelle, analytische und hochauflösende Transmissionselektronenmikroskopie, spektroskopische Verfahren); Hervorhebung des interdisziplinären Charakters der Nanotechnologie anhand ihrer Bezüge zur Chemie, Biologie und Medizin sowie zu den Ingenieurwissenschaften; technische Anwendungsfelder.

### Prüfungsleistung

siehe Modulbeschreibung PHYSIK-M1-VT.

### Literatur

- Klabunde, Kenneth J. [Hrsg.] , Nanoscale materials in chemistry Wiley, New York 2001
- Wolf, E.L., Nanophysics and nanotechnology, Wiley-VCH, 2004
- Hannink, Richard H. J. [Hrsg.] Nanostructure control of materials, Cambridge Verlag 2006
- Sepeur, Stefan, Nanotechnologie : Grundlagen und Anwendungen, Vincentz Network Hannover 2008
- Hartmann, Uwe , Faszination Nanotechnologie Elsevier Spektrum Akad. Verl., München 2006
- Henzler, Göpel: „Oberflächenphysik des Festkörpers“, Teubner
- Nalwa: "Encyclopedia of nanoscience and nanotechnology"
- Reimer: "Raster- und Transmissionselektronenmikroskopie"

Weitere Literatur wird vom Dozenten bekannt gegeben

### Weitere Informationen zur Veranstaltung

<b>Modulname</b>		<b>Modulcode</b>	
Vertiefung Experimentelle Physik		PHYSIK-M1-VT	
<b>Veranstaltungsname</b>		<b>Veranstaltungscode</b>	
<b>Experimentelle Grundlagen der Spinelektronik</b>		PHYSIK-M1-VT-SPINEXP	
<b>Lehrende/r</b>		<b>Lehreinheit</b>	<b>Belegungstyp (P/WP/W)</b>
Farle, Lorke, Müller, Schneider, Wende		Physik	WP

<b>Vorgesehenes Studiensemester</b>	<b>Angebotshäufigkeit</b>	<b>Sprache</b>	<b>Gruppengröße</b>
1 oder 2	SS	Deutsch	15

<b>SWS</b>	<b>Präsenzstudium</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Aufwand</b>	<b>Credits</b>
2	30 h	30 h	60 h	2 Cr

<b>Lehrform</b>
Vorlesung
<b>Lernergebnisse / Kompetenzen</b>
Erwerb grundlegender Kenntnisse auf dem Gebiet der Spintronik.
<b>Inhalte</b>

# Modulhandbuch MA Physik

Übersicht über magneto-elektronischer Effekte, deren Ursachen und technischen Anwendungen. Magnetismus von Metallen, „Design“ magnetischer Domänen, Zusammenhang von Elektronentransport und Magnetismus in Metallen, metallischen Schichtsystemen und Metal-Isolator-Schichtsystemen, Konzeption von magnetoelektronischen Sensortypen wie Magnetic Random Access Memory (MRAM-) Elementen bis hin zu Ferromagnet/Halbleiter-Hybridstrukturen (Spin-Feldeffekt-Transistor); neuere Entwicklungen: strom-induzierte Ummagnetisierungsprozesse, Spin Transfer Phänomene wie „spin-pumping“, elektrische Manipulation von Spin-Strömen; Anwendungen der Magnetoelektronik: Drehwinkel- und Längenmess-Sensoren, Lese- und Schreibköpfe von Computerfestplatten, aktive magneto-elektronische Bauelemente, nichtflüchtige Datenspeicher (MRAM).
<b>Prüfungsleistung</b>
siehe Modulbeschreibung PHYSIK-M1-VT.
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• D.D. Awschalom, D. Loss, N. Samarth, „Semiconductor Spintronics and Quantum Computation“ und „Spin Electronics“, Kluwer Academic Publishers</li> <li>• Supriyo Bandyopadhyay, Marc Cahay, Introduction to Spintronics by CRC Press</li> </ul>
<b>Weitere Informationen zur Veranstaltung</b>

<b>Modulname</b>	<b>Modulcode</b>	
Vertiefung Experimentelle Physik	PHYSIK-M1-VT	
<b>Veranstaltungsname</b>	<b>Veranstaltungscode</b>	
<b>Aktuelle Probleme des Magnetismus</b>	PHYSIK-M1-VT-AKTMAG	
Lehrende/r	Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Farle, Schneider, Wende	Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	SS oder WS	Deutsch	15

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	30 h	60 h	2 Cr

<b>Lehrform</b>
Vorlesung
<b>Lernergebnisse / Kompetenzen</b>
Heranführen der Studierenden an den aktuellen Forschungshorizont auf dem Gebiet des Magnetismus.
<b>Inhalte</b>

## Modulhandbuch MA Physik

Die Inhalte orientieren sich an aktuellen Problemen aus dem Gebiet des Magnetismus.
<b>Prüfungsleistung</b>
siehe Modulbeschreibung PHYSIK-M1-VT.
<b>Literatur</b>
Wird in der Veranstaltung angegeben.
<b>Weitere Informationen zur Veranstaltung</b>

<b>Modulname</b>	<b>Modulcode</b>	
Vertiefung Experimentelle Physik	PHYSIK-M1-VT	
<b>Veranstaltungsname</b>	<b>Veranstaltungscode</b>	
<b>Grundlagen der Halbleiterphysik</b>	PHYSIK-M1-VT-GHL	
<b>Lehrende/r</b>	<b>Lehreinheit</b>	<b>Belegungstyp (P/WP/W)</b>
Horn-von Hoegen, Lorke, Mergel, Nienhaus	Physik	WP

<b>Vorgesehenes Studiensemester</b>	<b>Angebotshäufigkeit</b>	<b>Sprache</b>	<b>Gruppengröße</b>
1 oder 2	SS oder WS	Deutsch	15

<b>SWS</b>	<b>Präsenzstudium</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Aufwand</b>	<b>Credits</b>
2	30 h	30 h	60 h	2 Cr

<b>Lehrform</b>
Vorlesung
<b>Lernergebnisse / Kompetenzen</b>
Erwerb grundlegender Kenntnisse in der Halbleiterphysik.
<b>Inhalte</b>

## Modulhandbuch MA Physik

Historische Bedeutung und Entwicklung von Halbleitermaterialien; Technologie der Halbleitermaterialien; festkörperphysikalische Grundlagen, elementare und Verbindungs-Halbleiter; Dotierung und Ladungsträgerstatistik; Ladungstransport in Halbleitern; Hall-Effekt; Magnetotransport; Anwendungen: Dioden, Transistoren, MOSFET.
<b>Prüfungsleistung</b>
siehe Modulbeschreibung PHYSIK-M1-VT.
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• K. Seeger, Semiconductor Physics</li> <li>• M. Grundmann, Semiconductor Physics</li> <li>• P.Y. Yu, M. Cardona, Fundamentals of Semiconductors</li> <li>• O. Madelung, Grundlagen der Halbleiterphysik</li> </ul>
<b>Weitere Informationen zur Veranstaltung</b>

<b>Modulname</b>	<b>Modulcode</b>	
Vertiefung Experimentelle Physik	PHYSIK-M1-VT	
<b>Veranstaltungsname</b>	<b>Veranstaltungscode</b>	
<b>Halbleiteroptik und –quantenstrukturen</b>	PHYSIK-M1-VT-HLOPT	
Lehrende/r	Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Nienhaus, Lorke	Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	SS oder WS	Deutsch	15

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	30 h	60 h	2 Cr

<b>Lehrform</b>
Vorlesung
<b>Lernergebnisse / Kompetenzen</b>
Erwerb grundlegender Kenntnisse auf dem Gebiet der Halbleiteroptik und der Halbleiternanostrukturen.

## Modulhandbuch MA Physik

Inhalte
Wechselwirkung Licht-Materie, Absorption-Emission und deren technologische Anwendung (CCD, LED, Diodenlaser); niedrigdimensionale elektronische Systeme; maßgeschneiderte Potentiale und Quantenstrukturen, Ladungstransport durch Quantenstrukturen, Einfluss von elektrischen und magnetischen Feldern.
Prüfungsleistung
siehe Modulbeschreibung PHYSIK-M1-VT.
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>• S.M. Sze, Physics of Semiconductor Devices</li> <li>• J.H. Davies, The Physics of Low-Dimensional Semiconductors</li> </ul>
Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulname		Modulcode	
Vertiefung Experimentelle Physik		PHYSIK-M1-VT	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
<b>Moderne Halbleiterbauelemente</b>		PHYSIK-M1-VT-MHL	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Horn-von Hoegen, Nienhaus, Lorke		Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	SS oder WS	Deutsch	15

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	30 h	60 h	2 Cr

Lehrform
Vorlesung
Lernergebnisse / Kompetenzen
Erwerb grundlegender Kenntnisse über moderne Halbleiterbauelemente.



# Modulhandbuch MA Physik

Inhalte
<p>Grundlagen der Halbleiterphysik: Kristallstruktur, Bandstruktur, Ladungstransport, thermische und optische Eigenschaften, Nichtgleichgewichtseffekte. Methoden der Planartechnologie: Kristallzucht, Epitaxie, Oxidation, Lithographie, Dotierung, Kontaktierung, Gesamtprozess.</p> <p>Volumenbauelemente: p-n-Kontakte, Hochfrequenz- und optoelektronische Bauelemente, Bipolarer Transistor, JFET.</p> <p>Grenzflächenbauelemente: Schottky-Kontakt, MOS-Diode, MOSFET, CCD. Optische Bauelemente: LED, Halbleiterlaser, Detektoren</p>
Prüfungsleistung
siehe Modulbeschreibung PHYSIK-M1-VT.
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>• S. M. Sze, Semiconductor Devices - Physics and Technology, Wiley, New York, 1985</li> <li>• S. M. Sze: Physics of Semiconductor Devices, Wiley, New York, 1991</li> </ul>
Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulname		Modulcode	
Vertiefung Experimentelle Physik		PHYSIK-M1-VT	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
<b>Experimentelle Methoden der Nanostrukturphysik</b>		PHYSIK-M1-VT-EXPN	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Buck, Farle, Horn-von Hoegen, Mergel, Möller, Nienhaus, Lorke, Schneider, Schleberger, Wende, Wucher		Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	SS oder WS	Deutsch	15

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	30 h	60 h	2 Cr

Lehrform
Vorlesung

# Modulhandbuch MA Physik

Lernergebnisse / Kompetenzen
Erwerb grundlegender Kenntnisse der Nanostrukturphysik.
Inhalte
Einführung in verschiedene Bereiche der Nanostrukturforschung und Nanotechnologie; physikalische Phänomene in Metallen, Halbleitern und Isolatoren, die auf reduzierte geometrische Abmessungen zurückzuführen sind; experimentelle Verfahren zur Herstellung (chemische Synthese, Elektronenstrahlolithographie, Gasphasen-Kondensation, Molekularstrahlepitaxie, Laserablation), Manipulation und Analyse von Materie auf der Nanometerskala (Groß- und Kleinwinkelröntgenbeugung, Raster-, konventionelle, analytische und hochauflösende Transmissionselektronenmikroskopie, spektroskopische Verfahren); Hervorhebung des interdisziplinären Charakters der Nanotechnologie anhand ihrer Bezüge zur Chemie, Biologie und Medizin sowie zu den Ingenieurwissenschaften; technische Anwendungsfelder.
Prüfungsleistung
siehe Modulbeschreibung PHYSIK-M1-VT.
Literatur
<ul style="list-style-type: none"><li>• Klabunde, Kenneth J. [Hrsg.] , Nanoscale materials in chemistry Wiley, New York 2001</li><li>• Wolf, E.L., Nanophysics and nanotechnology, Wiley-VCH, 2004</li><li>• Hannink, Richard H. J. [Hrsg.] Nanostructure control of materials, Cambridge Verlag 2006</li><li>• Sepeur, Stefan, Nanotechnologie : Grundlagen und Anwendungen, Vincentz Network Hannover 2008</li><li>• Hartmann, Uwe , Faszination Nanotechnologie Elsevier Spektrum Akad. Verl., München 2006</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Henzler, Göpel: „Oberflächenphysik des Festkörpers“, Teubner</li><li>• Nalwa: "Encyclopedia of nanoscience and nanotechnology"</li><li>• Reimer: "Raster- und Transmissionselektronenmikroskopie"</li></ul> <p>Weitere Literatur wird vom Dozenten bekannt gegeben</p>
Weitere Informationen zur Veranstaltung

<b>Modulname</b>		<b>Modulcode</b>	
Vertiefung Experimentelle Physik		PHYSIK-M1-VT	
<b>Veranstaltungsname</b>		<b>Veranstaltungscode</b>	
<b>Photonik</b>		PHYSIK-M1-VT-PHOT	
<b>Lehrende/r</b>		<b>Lehreinheit</b>	<b>Belegungstyp (P/WP/W)</b>
Lorke, Marlow, Nienhaus		Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	SS oder WS	Deutsch	15

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	30 h	60 h	2 Cr

<b>Lehrform</b>
Vorlesung
<b>Lernergebnisse / Kompetenzen</b>

# Modulhandbuch MA Physik

Erwerb grundlegender Kenntnisse auf dem Gebiet der Photonik und optisch funktionaler Nanomaterialien.
<b>Inhalte</b>
Optische Grundlagen: Strahlen-, Wellen-, Fourier-, Matrix-, Polarisationsoptik Optische Eigenschaften von Festkörpern: Dielektrische Funktion, elementare Anregungen, Akusto- und Elektrooptik Photonische Kristalle: photonische Bandstrukturen, Materialklassifizierungen durch Symmetrien; Herstellung; Selbstassemblierung Halbleiterphotonenquellen und –detektoren Grundlagen der Plasmonik und Einführung in die Metamaterialien
<b>Prüfungsleistung</b>
Siehe Modulbeschreibung PHYSIK-M1-VT.
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• J.D. Joannopoulos et al.: Photonic Crystals. Molding the flow of light, (Princeton Univ. Press, 2008)</li> <li>• B.E.A. Saleh, M.C. Teich, Grundlagen der Photonik (Wiley-VCH, 2008)</li> <li>• L. Solymar, E. Shamonina, Waves in Metamaterials (Oxford, 2009)</li> <li>• B. Banerjee, An Introduction to Metamaterials and Waves in Composites (CRC Press, 2011)</li> </ul>
<b>Weitere Informationen zur Veranstaltung</b>

<b>Modulname</b>	<b>Modulcode</b>	
Vertiefung Experimentelle Physik	PHYSIK-M1-VT	
<b>Veranstaltungsname</b>	<b>Veranstaltungscode</b>	
<b>Aktuelle Probleme der Halbleiterphysik / Angewandten FKP</b>	PHYSIK-M1-VT-AKTFKP	
Lehrende/r	Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Lorke, Wende, Nienhaus, Horn-von Hoegen, Meyer-zu Heringdorf, Mergel, Schleberger, Schneider, Farle	Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	SS oder WS	Deutsch	15

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	30 h	60 h	2 Cr

<b>Lehrform</b>
Vorlesung

# Modulhandbuch MA Physik

Lernergebnisse / Kompetenzen
Heranführen der Studierenden an den aktuellen Forschungshorizont auf dem Gebiet der Halbleiterphysik und angewandten Festkörperphysik..
Inhalte
Die Inhalte orientieren sich an aktuellen Problemen aus dem Gebiet der Halbleiterphysik und angewandten Festkörperphysik.
Prüfungsleistung
Siehe Modulbeschreibung PHYSIK-M1-VT.
Literatur
Wird in der Vorlesung bekanntgegeben.
Weitere Informationen zur Veranstaltung

<b>Modulname</b>	<b>Modulcode</b>	
Vertiefung Experimentelle Physik	PHYSIK-M1-VT	
<b>Veranstaltungsname</b>	<b>Veranstaltungscode</b>	
<b>Grundlagen der Astrophysik</b>	PHYSIK-M1-VT-GASTR	
Lehrende/r	Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Wurm	Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	SS oder WS	Deutsch	15

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	30 h	60 h	2 Cr

Lehrform
Vorlesung
Lernergebnisse / Kompetenzen

# Modulhandbuch MA Physik

Erwerb grundlegender Kenntnisse der Astrophysik.
<b>Inhalte</b>
Beobachtungstechniken (Teleskope, Messgrößen (Astrometrie, elektromagnetische Strahlung)), Himmelsmechanik, Sternentstehung, Aufbau und Entwicklung (massearme, massereiche Sterne, Riesensterne, Schwarze Löcher, ...), Sonne, Hertzsprung-Russell Diagramm, Planetensysteme (Entstehung, Entwicklung, Besonderheiten, Sonnensystem, extrasolare Planeten, Raumsonden), interstellares Medium, Galaxien, Kosmologie, kosmische Strahlung.
<b>Prüfungsleistung</b>
Siehe Modulbeschreibung PHYSIK-M1-VT.
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>An Introduction to Modern Astrophysics, Carroll und Ostlie, Addison-Wesley, 2006</li> </ul>
<b>Weitere Informationen zur Veranstaltung</b>

<b>Modulname</b>	<b>Modulcode</b>	
Vertiefung Experimentelle Physik	PHYSIK-M1-VT	
<b>Veranstaltungsname</b>	<b>Veranstaltungscode</b>	
<b>Planetenentstehung</b>	PHYSIK-M1-VT-PLAN	
<b>Lehrende/r</b>	<b>Lehreinheit</b>	<b>Belegungstyp (P/WP/W)</b>
Wurm	Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	SS	Deutsch	15

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	30 h	60 h	2 Cr

<b>Lehrform</b>
Vorlesung
<b>Lernergebnisse / Kompetenzen</b>

## Modulhandbuch MA Physik

Erwerb grundlegender Kenntnisse der Mechanismen und Phasen der Stern- und Planetenentstehung.
Inhalte
Molekülwolken, Gravitationskollaps, Sternentstehung, Akkretionsscheiben, protoplanetare Scheiben, Planetesimalbildung, terrestrische Planeten, Gasriesen, Extrasolare Planeten, Sonnensystem.
Prüfungsleistung
Siehe Modulbeschreibung PHYSIK-M1-VT.
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Armitage, Planet Formation, Cambridge; Stahler, Palla, The Formation of Stars, Wiley-VCH</li> </ul>
Weitere Informationen zur Veranstaltung

<b>Modulname</b>	<b>Modulcode</b>	
Vertiefung Experimentelle Physik	PHYSIK-M1-VT	
<b>Veranstaltungsname</b>	<b>Veranstaltungscode</b>	
<b>Aktuelle Probleme der Astrophysik</b>	PHYSIK-M1-VT-AKTASTR	
Lehrende/r	Leheinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Kelling, Wurm	Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	SS oder WS	Deutsch	15

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	30 h	60 h	2 Cr

Lehrform
Seminar
Lernergebnisse / Kompetenzen

## Modulhandbuch MA Physik

Heranführen der Studierenden an den aktuellen Forschungshorizont der Astrophysik.
<b>Inhalte</b>
Aktuelle Probleme der Astrophysik werden anhand von neueren Veröffentlichungen in einschlägigen Fachzeitschriften diskutiert, wobei jeweils ein Schwerpunktsthema gewählt wird.
<b>Prüfungsleistung</b>
Siehe Modulbeschreibung PHYSIK-M1-VT.
<b>Literatur</b>
Fachartikel, die in der Veranstaltung bekannt gegeben werden
<b>Weitere Informationen zur Veranstaltung</b>

Modulname		Modulcode	
Vertiefung Experimentelle Physik		PHYSIK-M1-VT	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
<b>Grundlagen der Optik</b>		PHYSIK-M1-VT-GOPT	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Bovensiepen, Kleinfeld, Sokolowski-Tinten, Tarasevitch		Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	SS oder WS	Deutsch	15

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	30 h	60 h	2 Cr

<b>Lehrform</b>
Vorlesung
<b>Lernergebnisse / Kompetenzen</b>



# Modulhandbuch MA Physik

Erwerb grundlegender Kenntnisse in der Optik.
<b>Inhalte</b>
Historische Rolle und aktuelle Bedeutung der Optik in Wissenschaft und Technik, Reflexion und Brechung, Optische Eigenschaften der Materie, Geometrisch-optische Abbildung und Strahlenoptik, Mathematische Beschreibung von Wellen, Interferenz und Beugung, Fourier-Optik, Polarisation und Doppelbrechung, Ausblick auf moderne Gebiete der Optik: Opto-Elektronik, Photonik, Nano-Optik.
<b>Prüfungsleistung</b>
Siehe Modulbeschreibung PHYSIK-M1-VT.
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>E. Hecht, A. Zajac: Optik</li> <li>M. Born, E. Wolf: Principles of Optics</li> </ul>
<b>Weitere Informationen zur Veranstaltung</b>

<b>Modulname</b>	<b>Modulcode</b>	
Vertiefung Experimentelle Physik	PHYSIK-M1-VT	
<b>Veranstaltungsname</b>	<b>Veranstaltungscode</b>	
<b>Laserphysik</b>	PHYSIK-M1-VT-LASP	
<b>Lehrende/r</b>	<b>Lehreinheit</b>	<b>Belegungstyp (P/WP/W)</b>
Bovensiepen, Kleinfeld, Sokolowski-Tinten, Tarasevitch	Physik	WP

<b>Vorgesehenes Studiensemester</b>	<b>Angebotshäufigkeit</b>	<b>Sprache</b>	<b>Gruppengröße</b>
1 oder 2	SS oder WS	Deutsch	15

<b>SWS</b>	<b>Präsenzstudium</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Aufwand</b>	<b>Credits</b>
2	30 h	30 h	60 h	2 Cr

<b>Lehrform</b>
Vorlesung
<b>Lernergebnisse / Kompetenzen</b>

## Modulhandbuch MA Physik

Erwerb grundlegender Kenntnisse der Laserphysik. Kennenlernen verschiedener Lasertypen und deren Anwendungsfelder.
<b>Inhalte</b>
Grundzüge der Wechselwirkung von Licht mit Materie, Laser-Oszillator, Inversion/Pumpverfahren, Optische Resonatoren und Ausbreitung von Laserstrahlen, Überblick über wichtige Laser-Typen, Ausgewählte Laseranwendungen
<b>Prüfungsleistung</b>
Siehe Modulbeschreibung PHYSIK-M1-VT.
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• O. Svelto: Principles of Lasers</li> <li>• A. E. Siegmann: Lasers</li> <li>• K. Kneubühl und M. W. Sigrist: Laser</li> <li>• A. Yariv: Quantum Electronics (Kapitel 5 bis 13)</li> </ul>
<b>Weitere Informationen zur Veranstaltung</b>

<b>Modulname</b>	<b>Modulcode</b>	
Vertiefung Experimentelle Physik	PHYSIK-M1-VT	
<b>Veranstaltungsname</b>	<b>Veranstaltungscode</b>	
<b>Halbleiteroptik und –quantenstrukturen</b>	PHYSIK-M1-VT-HLOPT	
<b>Lehrende/r</b>	<b>Lehreinheit</b>	<b>Belegungstyp (P/WP/W)</b>
Nienhaus, Lorke	Physik	WP

<b>Vorgesehenes Studiensemester</b>	<b>Angebotshäufigkeit</b>	<b>Sprache</b>	<b>Gruppengröße</b>
1 oder 2	SS oder WS	Deutsch	15

<b>SWS</b>	<b>Präsenzstudium</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Aufwand</b>	<b>Credits</b>
2	30 h	30 h	60 h	2 Cr

<b>Lehrform</b>
Vorlesung
<b>Lernergebnisse / Kompetenzen</b>

## Modulhandbuch MA Physik

Erwerb grundlegender Kenntnisse auf dem Gebiet der Halbleiteroptik und der Halbleiternanostrukturen.
<b>Inhalte</b>
Wechselwirkung Licht-Materie, Absorption-Emission und deren technologische Anwendung (CCD, LED, Diodenlaser); niedrigdimensionale elektronische Systeme; maßgeschneiderte Potentiale und Quantenstrukturen, Ladungstransport durch Quantenstrukturen, Einfluss von elektrischen und magnetischen Feldern.
<b>Prüfungsleistung</b>
Siehe Modulbeschreibung PHYSIK-M1-VT.
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• S.M. Sze, Physics of Semiconductor Devices</li> <li>• J.H. Davies, The Physics of Low-Dimensional Semiconductors</li> </ul>
<b>Weitere Informationen zur Veranstaltung</b>

<b>Modulname</b>	<b>Modulcode</b>	
Vertiefung Experimentelle Physik	PHYSIK-M1-VT	
<b>Veranstaltungsname</b>	<b>Veranstaltungscode</b>	
<b>Nichtlineare Optik</b>	PHYSIK-M1-VT-NLOPT	
<b>Lehrende/r</b>	<b>Lehreinheit</b>	<b>Belegungstyp (P/WP/W)</b>
Franke, Kleinfeld, Sokolowski-Tinten, Tarasevitch, N.N.	Physik	WP

<b>Vorgesehenes Studiensemester</b>	<b>Angebotshäufigkeit</b>	<b>Sprache</b>	<b>Gruppengröße</b>
1 oder 2	SS oder WS	Deutsch	15

<b>SWS</b>	<b>Präsenzstudium</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Aufwand</b>	<b>Credits</b>
2	30 h	30 h	60 h	2 Cr

<b>Lehrform</b>
Vorlesung
<b>Lernergebnisse / Kompetenzen</b>

## Modulhandbuch MA Physik

Erwerb grundlegender Kenntnisse auf dem Gebiet der Nichtlinearen Optik.
<b>Inhalte</b>
Grundlagen der nichtlinearen Optik (NO): Maxwell-Gleichungen in der NO, nichtlineare optische Suszeptibilität; nichtlineare optische Materialien; Ausgewählte Effekte der nichtlinearen Optik: Frequenzverdoppelung, Summen- und Differenzfrequenzerzeugung, parametrische Lichtgeneration, induzierte Streuprozesse, der elektro-optische Effekt, Selbstphasenmodulation, Selbstfokussierung; NO an Oberflächen; Extrem-NO.
<b>Prüfungsleistung</b>
Siehe Modulbeschreibung PHYSIK-M1-VT.
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• N. Bloembergen, Nonlinear optics</li> <li>• Y-R. Shen, The principles of nonlinear optics</li> <li>• S.A. Achmanov, Problems of nonlinear optics</li> </ul>
<b>Weitere Informationen zur Veranstaltung</b>

Modulname		Modulcode	
Vertiefung Experimentelle Physik		PHYSIK-M1-VT	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
<b>Ultrakurzzeitphysik</b>		PHYSIK-M1-VT-UKZTP	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Franke, Kleinfeld, Sokolowski-Tinten, Tarasevitch, N.N.		Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	SS oder WS	Deutsch	15

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	30 h	60 h	2 Cr

<b>Lehrform</b>
Vorlesung
<b>Lernergebnisse / Kompetenzen</b>

# Modulhandbuch MA Physik

Verständnis der gängigen Methoden zur Erzeugung ultrakurzer Lichtimpulse. Einführung in die experimentellen Techniken im Ultrakurzzeitbereich
Inhalte
Eigenschaften und Propagation von Wellen & Wellenpaketen; dispersive Impulsformung ( <i>pulse shaping</i> ); Nichtlineare Optik ultrakurzer Lichtimpulse; Erzeugung ultrakurzer Laserimpulse (Modenkopplung); wichtige Lasertypen; Verstärkung ultrakurzer Lichtimpulse ( <i>chirped pulse amplification</i> ); experimentelle Charakterisierung ultrakurzer Lichtimpulse & Messverfahren im Ultrakurzzeitbereich ( <i>pump-probe</i> ); Beispiele aus der aktuellen Forschung.
Prüfungsleistung
Siehe Modulbeschreibung PHYSIK-M1-VT.
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>• C. Rulliere: Femtosecond Laser Pulses</li> <li>• R. Trebino: FROG - The Measurement of Ultrashort Laser Pulses</li> <li>• J.-C. Diels &amp; W. Rudolph: Ultrashort Laser Pulse Phenomena - Fundamentals, Techniques, and Applications on a Femtosecond Time Scale</li> </ul>
Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulname		Modulcode	
Vertiefung Experimentelle Physik		PHYSIK-M1-VT	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
<b>Aktuelle Probleme der Optik</b>		PHYSIK-M1-VT-AKTOP	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Bovensiepen, Kleinfeld, Sokolowski-Tinten, Tarasevitch		Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	SS oder WS	Deutsch	15

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	30 h	60 h	2 Cr

Lehrform
Vorlesung
Lernergebnisse / Kompetenzen

## Modulhandbuch MA Physik

Erwerb vertiefter Kenntnisse in einem aktuellen Gebiet der Optik.
<b>Inhalte</b>
Die Inhalte orientieren sich an aktuellen Problemen aus dem Gebiet der Optik.
<b>Prüfungsleistung</b>
Siehe Modulbeschreibung PHYSIK-M1-VT.
<b>Literatur</b>
Wird in der Veranstaltung bekannt gegeben.
<b>Weitere Informationen zur Veranstaltung</b>

<b>Modulname</b>	<b>Modulcode</b>	
Vertiefung Experimentelle Physik	PHYSIK-M1-VT	
<b>Veranstaltungsname</b>	<b>Veranstaltungscode</b>	
<b>Projekt</b>	PHYSIK-M1-VT	
<b>Lehrende/r</b>	<b>Lehreinheit</b>	<b>Belegungstyp (P/WP/W)</b>
Dozenten der Experimentalphysik	Physik	WP

<b>Vorgesehenes Studiensemester</b>	<b>Angebotshäufigkeit</b>	<b>Sprache</b>	<b>Gruppengröße</b>
1 oder 2	SS oder WS	Deutsch	15

<b>SWS</b>	<b>Präsenzstudium</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Aufwand</b>	<b>Credits</b>
2	30 h	30 h	60 h	2 Cr

<b>Lehrform</b>
Projekt
<b>Lernergebnisse / Kompetenzen</b>

## Modulhandbuch MA Physik

Vertiefung der in einer der Vorlesungen behandelten Lehrinhalte durch eigene Beschäftigung mit dem Stoff
<b>Inhalte</b>
Ein Projekt zu einer der Lehrveranstaltungen kann auf unterschiedliche Weise realisiert werden, z.B. als <ul style="list-style-type: none"> <li>• Übung zur Vorlesung</li> <li>• Seminar zur Vorlesung</li> <li>• Experimentelles Projekt im Labor</li> </ul>
<b>Prüfungsleistung</b>
Studienleistung (unbenotet): Aktive und erfolgreiche Teilnahme als Voraussetzung für die Modulprüfung (siehe Modulbeschreibung PHYSIK-M1-VT).
<b>Literatur</b>
Wird in der Veranstaltung bekannt gegeben
<b>Weitere Informationen zur Veranstaltung</b>
Kriterium für erfolgreiche Teilnahme wird vom Dozenten zu Beginn der Veranstaltung festgelegt.

<b>Modulname</b>	<b>Modulcode</b>
<b><i>Vertiefung Theoretische Physik</i></b>	PHYSIK-M1-VT
<b>Modulverantwortliche/r</b>	<b>Fachbereich</b>
Studiendekan der Fakultät für Physik	Physik

<b>Zuordnung zum Studiengang</b>	<b>Modulniveau (Ba/Ma)</b>
Physik	Ma

<b>Vorgesehenes Studiensemester</b>	<b>Dauer des Moduls</b>	<b>Modultyp (P/WP/W)</b>	<b>Credits</b>
1 und 2	Wochen	P	6

<b>Voraussetzungen laut Prüfungsordnung</b>	<b>Empfohlene Voraussetzungen</b>

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Veranstaltungsname	Belegungstyp	SWS	Aufwand	Credits
Mindestens zwei Lehrveranstaltungen und ein Projekt müssen gewählt werden. Nicht alle werden in jedem Studienjahr angeboten, siehe Vorlesungsverzeichnis und Aushänge.					

<b>Forschungsgebiet Feldtheorien</b>					
I	Allgemeine Relativitätstheorie	WP	2	60 h	2
II	Hydrodynamik 1	WP	2	60 h	2
III	Hydrodynamik 2	WP	2	60 h	2
IV	Quantenfeldtheorie 1	WP	2	60 h	2
V	Quantenfeldtheorie 2	WP	2	60 h	2
<b>Forschungsgebiet Komplexe Systeme</b>					
VI	Biophysik	WP	2	60 h	2
VII	Nichtlineare Dynamik	WP	2	60 h	2
VIII	Skaleninvariante Phänomene	WP	2	60 h	2
IX	Quantenchaos	WP	2	60 h	2
<b>Forschungsgebiet Kondensierte Materie</b>					
X	Theoretische Oberflächenphysik: Elektronenstrukturtheorie	WP	2	60 h	2
XI	Theoretische Oberflächenphysik: Nichtgleichgewicht	WP	2	60 h	2
XII	Theorie der Phasenübergänge	WP	2	60 h	2
XIII	Spintronik	WP	2	60 h	2
XIV	Supraleitung und Magnetismus	WP	2	60 h	2
XV	Vielteilchenphysik 1	WP	2	60 h	2
XVI	Vielteilchenphysik 2	WP	2	60 h	2
<b>Forschungsgebiet Quantenphysik</b>					
XVII	Gruppentheorie	WP	2	60 h	2
XVIII	Grundfragen der Quantentheorie	WP	2	60 h	2
XIX	Offene Quantensysteme	WP	2	60 h	2
XX	Quanteninformationstheorie	WP	2	60 h	2
XXI	Quantenoptik	WP	2	60 h	2
XXII	Quantentheorie des Messprozesses	WP	2	60 h	2
<b>Forschungsgebiet Rechnergestützte Physik</b>					
XXIII	Granulare Materie	WP	2	60 h	2
XXIV	Verkehrsphysik	WP	2	60 h	2
XXV	Irreversible Prozesse 1	WP	2	60 h	2
XXVI	Irreversible Prozesse 2	WP	2	60 h	2
XXVII	Wirtschaftsphysik 1	WP	2	60 h	2
XXVIII	Wirtschaftsphysik 2	WP	2	60 h	2
Projektarbeit zu den vom Studierenden gewählten Veranstaltungen.					
XXIX	Projekt	P	2	60 h	2



# Modulhandbuch MA Physik

<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>	6	180h	6
----------------------------------------	---	------	---

Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden werden an den Forschungshorizont der Theoretischen Physik herangeführt. Sie können die Begriffe und einschlägigen Methoden korrekt anwenden und kennen die grundlegenden Techniken zur theoretischen Analyse, Modellierung und Simulation einschlägiger Prozesse.
davon Schlüsselqualifikationen
.

Prüfungsleistungen im Modul
Mündliche Prüfung (Dauer 45 Minuten) über zwei Lehrveranstaltungen aus dem angebotenen Wahlpflichtkanon und ein Projekt zu einer der beiden Lehrveranstaltungen im Gesamtumfang von 6 Cr
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote
Die Note geht mit dem Gewicht von <b>6 Cr</b> in die Gesamtnote ein

<b>Modulname</b>	<b>Modulcode</b>	
Vertiefung Theorie	PHYSIK-M1-VT	
<b>Veranstaltungsname</b>	<b>Veranstaltungscode</b>	
<b>Allgemeine Relativitätstheorie</b>	PHYSIK-M1-VT-ART	
Lehrende/r	Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Schützhold, Pelster	Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	SS oder WS	Deutsch	15

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	30 h	60 h	2 Cr

Lehrform
Vorlesung
Lernergebnisse / Kompetenzen

# Modulhandbuch MA Physik

Erwerb grundlegender Kenntnisse der Allgemeinen Relativitätstheorie
<b>Inhalte</b>
Wiederholung Spezielle Relativitätstheorie, Vierer-Vektoren/Tensoren, Krummlinige Koordinaten, Koordinaten-Transformationen, Metrik, Kovariante Ableitung, Christoffel-Symbole, Krümmung, Äquivalenz-Prinzip, Geodäten-Gleichung, Scheinkräfte, Einstein-Gleichungen, Newtonscher Limes, Gravitations-Wellen, Schwarzschild-Lösung (Perihel-Drehung, Lichtablenkung, Rotverschiebung), Friedmann-Gleichungen, Kosmologie, moderne Aspekte, Einstein-Hilbert-Wirkung, Ausblick Quantengravitation.
<b>Prüfungsleistung</b>
Siehe Modulbeschreibung PHYSIK-M1-VT.
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• L.D. Landau &amp; E.M. Lifschitz, Klassische Feldtheorie (Akademie-Verlag, Berlin)</li> <li>• C. Misner, K.S. Thorne, J. A. Wheeler, Gravitation (Freeman, San Francisco)</li> <li>• H. Stephanie, Allgemeine Relativitätstheorie (Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin)</li> <li>• R.M. Wald, General Relativity (Chicago UP, Chicago and London)</li> </ul>
<b>Weitere Informationen zur Veranstaltung</b>
Diese Lehrveranstaltung wird durch ein Projekt ergänzt, in dem die Anwendung der Inhalte geübt wird.

<b>Modulname</b>	<b>Modulcode</b>	
Vertiefung Theoretische Physik	PHYSIK-M1-VT	
<b>Veranstaltungsname</b>	<b>Veranstaltungscode</b>	
<b>Hydrodynamik 1</b>	PHYSIK-M1-VT-HYD1	
Lehrende/r	Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Thomae	Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	SS oder WS	Deutsch	15

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	30 h	60 h	2 Cr

<b>Lehrform</b>
Vorlesung
<b>Lernergebnisse / Kompetenzen</b>

## Modulhandbuch MA Physik

Erwerb grundlegender Kenntnisse in der Hydrodynamik
Inhalte
Bewegungsgleichungen (Euler-Bild und Lagrange-Bild, Strömende Flüssigkeit als dynamisches System, Erhaltungssätze); Exakte Lösungen der Navier-Stokes-Gleichung (Kinematischer Druck als Zwangskraft, Wirbelstärke, Helmholtzsche Zerlegung; lamellare, komplex-lamellare und Beltrami-Felder, Ähnlichkeitslösungen).
Prüfungsleistung
Siehe Modulbeschreibung PHYSIK-M1-VT.
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>• L. D. Landau, E.M. Lifschitz: Hydrodynamik (Lehrb. d. theor. Physik, Band VI), Akademie-Verlag</li> <li>• C. Truesdell: The kinematics of Vorticity (Indiana University Press)</li> </ul>
Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulname		Modulcode	
Vertiefung Theoretische Physik		PHYSIK-M1-VT	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
<b>Hydrodynamik 2</b>		PHYSIK-M1-VT-HYD2	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Thomae		Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	SS oder WS	Deutsch	15

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	30 h	60 h	2 Cr

Lehrform
Vorlesung
Lernergebnisse / Kompetenzen

## Modulhandbuch MA Physik

Erwerb fortgeschrittener Kenntnisse in der Hydrodynamik
Inhalte
Instabilität (Zentrifugale Instabilität, Instabilität paralleler Strömungen, Normalmoden-Analyse, Lorenz-Modell); Turbulenz (Charakteristisches Funktional turbulenter Felder, Hierarchie der Momentengleichungen, K41-Modell der lokal-isotropen Turbulenz).
Prüfungsleistung
Siehe Modulbeschreibung PHYSIK-M1-VT.
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>• L. D. Landau, E.M. Lifschitz: Hydrodynamik (Lehrb. d. theor. Physik, Band VI), Akademie-Verlag</li> <li>• P. G. Drazin, W.H. Reid: Hydrodynamic Stability (Cambridge University Press)</li> <li>• E. Hopf: Statistical Hydromechanics and Functional Calculus, J.Rat.Mech.Anal. 1, 87-123 (1952)</li> </ul>
Weitere Informationen zur Veranstaltung

<b>Modulname</b>	<b>Modulcode</b>	
Vertiefung Theoretische Physik	PHYSIK-M1-VT	
<b>Veranstaltungsname</b>	<b>Veranstaltungscode</b>	
<b>Quantenfeldtheorie 1</b>	PHYSIK-M1-VT-QF1	
Lehrende/r	Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Schützhold	Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	SS oder WS	Deutsch	15

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	30 h	60 h	2 Cr

Lehrform
Vorlesung

# Modulhandbuch MA Physik

Lernergebnisse / Kompetenzen
Erwerb vertiefter Kenntnisse in einem Spezialbereich der theoretischen Physik
Inhalte
Lagrange-Formalismus für Felder, Funktional-Ableitung Noether-Theorem für Felder, Poisson- und Dirac-Klammern Darstellungen der Lorentz-Gruppe und Spin, Eichinvarianz nicht-Abelsche Eichung: Yang-Mills-Felder, Ausblick: Standard-Modell
Prüfungsleistung
Die Form der Prüfungsleistung wird zu Beginn der Vorlesung vom Dozenten festgelegt.
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>• C. Itzykson &amp; J.-B. Zuber: Quantum Field Theory</li> <li>• A. Zee: Quantum Field Theory in a Nutshell</li> <li>• S. Weinberg, The Quantum Theory of Fields I+II+III (Cambridge)</li> <li>• T. Kugo, Eichtheorie (Springer)</li> </ul>
Weitere Informationen zur Veranstaltung
Diese Lehrveranstaltung wird durch ein Projekt ergänzt, in dem die Anwendung der Inhalte geübt wird.

<b>Modulname</b>	<b>Modulcode</b>	
Vertiefung Theoretische Physik	PHYSIK-M1-VT	
<b>Veranstaltungsname</b>	<b>Veranstaltungscode</b>	
<b>Quantenfeldtheorie 2</b>	PHYSIK-M1-VT-QF2	
Lehrende/r	Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Schützhold	Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	SS oder WS	Deutsch	15

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	30 h	60 h	2 Cr

Lehrform
Vorlesung

## Modulhandbuch MA Physik

Lernergebnisse / Kompetenzen
Erwerb vertiefter Kenntnisse in einem Spezialbereich der theoretischen Physik
Inhalte
Feldquantisierung, Spin-Statistik-Theorem, Greensche Funktionen, Wick-Theorem, Störungstheorie, Feynman-Diagramme, Renormierung
Prüfungsleistung
Die Form der Prüfungsleistung wird zu Beginn der Vorlesung vom Dozenten festgelegt.
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>• C. Itzykson &amp; J.-B. Zuber: Quantum Field Theory</li> <li>• A. Zee: Quantum Field Theory in a Nutshell</li> <li>• S. Weinberg, The Quantum Theory of Fields I+II+III (Cambridge)</li> <li>• T. Kugo, Eichtheorie (Springer)</li> </ul>
Weitere Informationen zur Veranstaltung
Diese Lehrveranstaltung wird durch ein Projekt ergänzt, in dem die Anwendung der Inhalte geübt wird.

<b>Modulname</b>	<b>Modulcode</b>	
Vertiefung Theoretische Physik	PHYSIK-M1-VT	
<b>Veranstaltungsname</b>	<b>Veranstaltungscode</b>	
<b>Biophysik</b>	PHYSIK-M1-VT-BIOP	
Lehrende/r	Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Baumgärtner, Hoffmann	Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
	SS oder WS	Deutsch	

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	30 h	60 h	2 Cr

Lehrform
Vorlesung

# Modulhandbuch MA Physik

Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden sollen Kenntnisse über die Phänomenologie der Bestandteile einer Zelle und deren Aufbau erwerben. Ausserdem sollen sie die physikalischen Grundlagen und theoretischen Konzepte kennenlernen, mit Hilfe derer man die Funktion von Proteinen und Zelle beschreiben und verstehen kann.
Inhalte
Phänomenologie der biologischen Zelle und der zellulären Proteine. Molekulare Biophysik : - Klassifizierung der zellulären Proteine in Transporter, Motorproteine, etc. Molekulardynamiksimulationen von Membranproteinen Theoretische Konzepte Zellbiophysik - Einführung : Typen von Zellen, Dynamik der Zelle - Zellbewegungen, Modelle, Simulationen
Prüfungsleistung
Siehe Modulbeschreibung PHYSIK-M1-VT.
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>B. Alberts et al., Molecular Biology of the Cell, 2002</li> </ul> Weitere Literatur wird vom Dozenten in der Vorlesung bekannt gegeben.
Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulname		Modulcode	
Vertiefung Theoretische Physik		PHYSIK-M1-VT	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
<b>Nichtlineare Dynamik</b>		PHYSIK-M1-VT-NLD	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Guhr, Thomae		Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	SS oder WS	Deutsch	15

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	30 h	60 h	2 Cr

Lehrform
Vorlesung

# Modulhandbuch MA Physik

Lernergebnisse / Kompetenzen
Erwerb grundlegender Kenntnisse in der Theorie dynamischer Systeme.
Inhalte
<p>Experimente und einfache Modelle (Reguläres und chaotisches Verhalten, metrische und topologische Beschreibung, spezielle und universelle Eigenschaften, stroboskopische Abbildung und Poincaré-Schnitt);</p> <p>Abbildungen des Intervalls als einfachste dynamische Systeme (Iteration von Abbildungen, Fixpunkte, Stabilität, Bifurkationen, Ljapunov-Exponent, Korrelationsfunktion und Spektrum, invariantes Maß, Ergodizität, topologische Invarianten, symbolische Dynamik);</p> <p>Renormierung (lokale und globale Bifurkationen, Renormierung der Rückkehrabbildung, Perioden-vervielfachung und Quasiperiodizität, 2-dimensionales Phasendiagramm, universelle Exponenten);</p> <p>Seltsame Attraktoren (Fraktale Mengen, Entropien, thermodynamischer Formalismus).</p>
Prüfungsleistung
Siehe Modulbeschreibung PHYSIK-M1-VT.
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>• H. G. Schuster: Deterministisches Chaos, eine Einführung (VCH Verlagsgesellschaft),</li> <li>• J. Feder: Fractals (Plenum Press),</li> <li>• B. B. Mandelbrot: The Fractal Geometry of Nature (Freeman &amp; Co.)</li> </ul>
Weitere Informationen zur Veranstaltung

<b>Modulname</b>	<b>Modulcode</b>	
Vertiefung Theoretische Physik	PHYSIK-M1-VT	
<b>Veranstaltungsname</b>	<b>Veranstaltungscode</b>	
<b>Skaleninvariante Phänomene</b>	PHYSIK-M1-VT-SKIP	
Lehrende/r	Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Diehl, Lustfeld, Schäfer	Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	SS oder WS	Deutsch	15

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	30 h	60 h	2 Cr

Lehrform
----------



# Modulhandbuch MA Physik

Vorlesung
Lernergebnisse / Kompetenzen
Erwerb grundlegender Kenntnisse über universelle, skalierungsinvariante Phänomene in der Natur und deren theoretische Beschreibung und Erklärung.
Inhalte
Es werden unterschiedliche universelle, skalierungsinvariante Phänomene bzw. Systeme wie etwa Perkolation, Polymere, fraktale Geometrien, fraktale Zeitreihen, 1/f-Rauschen, Laplacesche Fraktale, diffusionsbegrenzt Wachstum, kinetische Aufräumung, Turbulenz, selbstorganisierte Kritizität, allometrische Skalengesetze in der Biologie oder komplexe Netzwerke behandelt.
Prüfungsleistung
Siehe Modulbeschreibung PHYSIK-M1-VT.
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>• A.-L. Barabassi und H.E. Stanley: Fractal concepts in surface growth (Cambridge Univ.Press 1995)</li> <li>• D. Stauffer and A. Aharony: Perkolationstheorie: eine Einführung (VCH Weinheim 1995)</li> <li>• J. Feder: Fractals (Plenum Press New York 1988)</li> </ul>
Weitere Informationen zur Veranstaltung

<b>Modulname</b>	<b>Modulcode</b>	
Vertiefung Theoretische Physik	PHYSIK-M1-VT	
<b>Veranstaltungsname</b>	<b>Veranstaltungscode</b>	
<b>Quantenchaos</b>	PHYSIK-M1-VT-QCHS	
Lehrende/r	Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Guhr, Sommers	Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	SS oder WS	Deutsch	15

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	30 h	60 h	2 Cr

Lehrform
----------

# Modulhandbuch MA Physik

Vorlesung
Lernergebnisse / Kompetenzen
Bedeutung chaotischer Phänomene in Quantensystemen, Zusammenhang mit dem klassischen Chaos, universelle Beschreibung mit statistischen Modellen.
Inhalte
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Erinnerung an die Hamiltonsche Mechanik</li> <li>- Integrierbarkeit und Chaos in der klassischen Mechanik</li> <li>- Eigenwertstatistik als Signatur chaotischen Verhaltens in der Quantenmechanik</li> <li>- Beispiele wie Billards und Wasserstoffatom im starken Magnetfeld</li> <li>- Zufallsmatrixtheorie</li> <li>- Klassisches versus Quantenchaos: Vermutung von Bohigas, Giannoni und Schmit</li> <li>- Semiklassik und periodische Bahnen</li> <li>- Pfadintegrale sowie Gutzwiller- und Berry-Tabor-Spurformeln</li> </ul>
Prüfungsleistung
Siehe Modulbeschreibung PHYSIK-M1-VT.
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Haake: Quantum Signatures of Chaos</li> <li>• Stöckmann: Quantum Chaos</li> </ul>
Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulname	Modulcode	
Vertiefung Theoretische Physik	PHYSIK-M1-VT	
Veranstaltungsname	Veranstaltungscode	
<b>Theoretische Oberflächenphysik – Elektronenstrukturtheorie</b>	PHYSIK-M1-VT-TOFL1	
Lehrende/r	Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Kratzer	Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	SS oder WS	Deutsch	15

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	30 h	60 h	2 Cr

# Modulhandbuch MA Physik

Lehrform
Vorlesung
Lernergebnisse / Kompetenzen
<p>Die Studierenden sollen in der Lage sein, die Relevanz der Werkzeuge aus verschiedenen Gebieten der Theoretischen Physik (Quantentheorie, statistische Physik) für Fragestellungen der Oberflächenphysik zu erkennen.</p> <p>Sie sollen in der Lage sein, damit Fragen zur Energetik und Thermodynamik von freien und adsorbatbedeckten Oberflächen zu beantworten, die Dynamik und Kinetik von Adsorptions- und Desorptionsprozessen kennen, und Zusammenhänge zu technisch relevanten Phänomenen (Katalyse, chemical vapor deposition) herstellen können.</p>
Inhalte
<p>Einführung in die Kristallographie von Oberflächen</p> <p>Thermodynamik von reinen und adsorbatbedeckten Oberflächen: Oberflächenenergie und –spannung, Wulff-Konstruktion</p> <p>Physikalische Interpretation der Oberflächenenergie anhand von Näherungen (z.B. effective-medium-Theorie)</p> <p>elektronische Oberflächenzustände</p> <p>Rekonstruktion von Halbleiter-Oberflächen und ihre elektronische Struktur</p> <p>Theorie der Adsorption und der Reaktivität von Oberflächen</p> <p>Kinetische und dynamische Beschreibung von chemischen Reaktionen an Oberflächen</p> <p>Kinetik am Beispiel der Desorption und Diffusion auf Oberflächen</p> <p>Anwendungen auf Katalyse und CVD-Abscheidung</p>
Prüfungsleistung
Siehe Modulbeschreibung PHYSIK-M1-VT.

Literatur
<ul style="list-style-type: none"><li>• A. Gross, Theoretical Surface Science: a microscopic perspective, Springer, 2003.</li><li>• F. Bechstedt, Principles of Surface Physics, Springer, 2003.</li><li>• A. Zangwill, Physics at surfaces, Cambridge University Press, Cambridge, 1988.</li></ul>
Weitere Informationen zur Veranstaltung

<b>Modulname</b>		<b>Modulcode</b>	
Vertiefung Theoretische Physik		PHYSIK-M1-VT	
<b>Veranstaltungsname</b>		<b>Veranstaltungscode</b>	
<b>Theoretische Oberflächenphysik – Nichtgleichgewicht</b>		PHYSIK-M1-VT-TOFL2	
<b>Lehrende/r</b>		<b>Lehreinheit</b>	<b>Belegungstyp (P/WP/W)</b>
Kratzer, Wolf		Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	SS oder WS	Deutsch	15

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	30 h	60 h	2 Cr

# Modulhandbuch MA Physik

Lehrform
Vorlesung
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden kennen die physikalischen Grundlagen amorpher und kristalliner Wachstums, sowie der Herstellung von Heteroschichtsystemen und des Sinterns von Pulvern. Sie können mikroskopische Modelle zu dieser Thematik aufstellen und simulieren.
Inhalte
Wachstumsform (Frank-Theorem), Dendritisches Wachstum, Fraktale, atomare Diffusion und Wechselwirkungen an Oberflächen, Molekularstrahlepitaxie, Spannungseffekte bei Heteroepitaxie, Wachstumsinstabilitäten, Kinetische Aufrauung, Sintern, Simulationsmethoden (Kinetische Monte Carlo-Simulation).
Prüfungsleistung
Siehe Modulbeschreibung PHYSIK-M1-VT.
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pimpinelli, Villain: Physics of Crystal Growth</li> <li>• Michely, Krug: Islands, Mounds and Atoms</li> <li>• Barabasi, Stanley: Fractal Concepts in Surface Growth</li> </ul>
Weitere Informationen zur Veranstaltung

<b>Modulname</b>	<b>Modulcode</b>	
Vertiefung Theoretische Physik	PHYSIK-M1-VT	
<b>Veranstaltungsname</b>	<b>Veranstaltungscode</b>	
<b>Theorie der Phasenübergänge</b>	PHYSIK-M1-VT-TPHS	
Lehrende/r	Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Diehl, Schäfer	Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	SS oder WS	Deutsch	15

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	30 h	60 h	2 Cr

## Modulhandbuch MA Physik

Lehrform
Vorlesung
Lernergebnisse / Kompetenzen
Erwerb grundlegender Kenntnisse zur Beschreibung von Phasenübergängen und kritischen Phänomenen.
Inhalte
Phasendiagramme, stetige und unstetige Phasenübergänge, kritische und multikritische Punkte, Landau-Theorie, phänomenologische Skalentheorie, Einführung in die Renormierungsgruppe
Prüfungsleistung
Siehe Modulbeschreibung PHYSIK-M1-VT.
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Binney et al.: The Theory of Critical Phenomena,</li> <li>• Stanley: Introduction to Phase Transitions and Critical Phenomena,</li> <li>• Fischer: Scaling, Universality and Renormalization Group Theory, in: Critical Phenomena Vol.186 (Springer 1983)</li> </ul>
Weitere Informationen zur Veranstaltung

<b>Modulname</b>	<b>Modulcode</b>	
Vertiefung Theoretische Physik	PHYSIK-M1-VT	
<b>Veranstaltungsname</b>	<b>Veranstaltungscode</b>	
<b>Spintronik</b>	PHYSIK-M1-VT-SPINTH	
Lehrende/r	Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Entel	Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	SS oder WS	Deutsch	15

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	30 h	60 h	2 Cr

# Modulhandbuch MA Physik

Lehrform
Vorlesung
Lernergebnisse / Kompetenzen
Kenntnisse über spinabhängigen Transport durch nanostrukturierte Bauelemente
Inhalte
Grundlagen des spinabhängigen Transports Magnetowiderstandseffekte Spinventile Quantenpunkte Spin-Bahn-Wechselwirkungseffekte Ballistischer und diffusiver Transport Spintransport Exkurs über numerische Methoden
Prüfungsleistung
Siehe Modulbeschreibung PHYSIK-M1-VT.
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>R. Waser (ed.): Nanoelectronics and Information Technology</li> </ul>
Weitere Informationen zur Veranstaltung

<b>Modulname</b>	<b>Modulcode</b>	
Vertiefung Theoretische Physik	PHYSIK-M1-VT	
<b>Veranstaltungsname</b>	<b>Veranstaltungscode</b>	
<b>Supraleitung und Magnetismus</b>	PHYSIK-M1-VT-SUPM	
Lehrende/r	Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
König	Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	WS oder SS	Deutsch	15

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	30 h	60 h	2 Cr

# Modulhandbuch MA Physik

Lehrform
Vorlesung
Lernergebnisse / Kompetenzen
Erwerb grundlegender Kenntnisse über Supraleitung und kollektiven Magnetismus und deren theoretische Beschreibung und Erklärung.
Inhalte
Supraleitung: experimentelle Befunde, Cooper-Paare, BCS-Theorie, Ginzburg-Landau-Theorie, Tunneleffekte mit Supraleitern, Josephson-Effekte Magnetismus: Austauschwechselwirkung, Spin-Gitter-Modelle, Molekularfeld-Näherung, Magnonen, Band-Ferromagnetismus
Prüfungsleistung
Siehe Modulbeschreibung PHYSIK-M1-VT.
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>• G. Czycoll: Theoretische Festkörperphysik</li> <li>• N.W. Ashcroft, N.D. Mermin: Solid State Physics</li> <li>• L.D. Landau, E.M. Lifschitz: Lehrbuch der Theoretischen Physik, Band 9</li> </ul>
Weitere Informationen zur Veranstaltung

<b>Modulname</b>	<b>Modulcode</b>	
Vertiefung Theoretische Physik	PHYSIK-M1-VT	
<b>Veranstaltungsname</b>	<b>Veranstaltungscode</b>	
<b>Vielteilchentheorie 1</b>	PHYSIK-M1-VT-VIELT1	
Lehrende/r	Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
König	Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	WS oder SS	Deutsch	15

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	30 h	60 h	2 Cr



## Modulhandbuch MA Physik

Lehrform
Vorlesung
Lernergebnisse / Kompetenzen
Erwerb vertiefter Kenntnisse in einem Spezialbereich der theoretischen Physik
Inhalte
Wiederholung zweite Quantisierung und Quantenstatistik Vielteilchen-Modellsysteme; Molekularfeldtheorie Theorie der linearen Antwort
Prüfungsleistung
Siehe Modulbeschreibung PHYSIK-M1-VT.
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>• A.L. Fetter, J.D. Walecka, Quantum Field Theory of Many Particle Systems</li> <li>• W. Nolting Grundkurs Theoretische Physik 7: Vielteilchen-Theorie</li> <li>• J.W. Negele, H. Orland Quantum Many-Particle Systems</li> <li>• G.D. Mahan, Many-particle physics</li> <li>• H. Bruus, K. Flensberg: Many-Body Quantum Theory in Condensed Matter Physics</li> </ul>
Weitere Informationen zur Veranstaltung
Diese Lehrveranstaltung wird durch ein Projekt ergänzt, in dem die Anwendung der Inhalte geübt wird.

<b>Modulname</b>	<b>Modulcode</b>	
Vertiefung Theoretische Physik	PHYSIK-M1-VT	
<b>Veranstaltungsname</b>	<b>Veranstaltungscode</b>	
<b>Vielteilchentheorie 2</b>	PHYSIK-M1-VT-VIELT2	
Lehrende/r	Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
König	Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	WS oder SS	Deutsch	15

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	30 h	60 h	2 Cr

# Modulhandbuch MA Physik

Lehrform
Vorlesung
Lernergebnisse / Kompetenzen
Erwerb vertiefter Kenntnisse in einem Spezialbereich der theoretischen Physik
Inhalte
Greensche Funktionen diagrammatische Störungstheorie für $T=0$ ; diagrammatische Störungstheorie für $T>0$ Keldysh-Technik für Nichtgleichgewicht
Prüfungsleistung
Siehe Modulbeschreibung PHYSIK-M1-VT.
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>• A.L. Fetter, J.D. Walecka, Quantum Field Theory of Many Particle Systems</li> <li>• W. Nolting Grundkurs Theoretische Physik 7: Vielteilchen-Theorie</li> <li>• J.W. Negele, H. Orland Quantum Many-Particle Systems</li> <li>• G.D. Mahan, Many-particle physics</li> <li>• H. Bruus, K. Flensberg: Many-Body Quantum Theory in Condensed Matter Physics</li> </ul>
Weitere Informationen zur Veranstaltung
Diese Lehrveranstaltung wird durch ein Projekt ergänzt, in dem die Anwendung der Inhalte geübt wird.

<b>Modulname</b>	<b>Modulcode</b>	
Vertiefung Theoretische Physik	PHYSIK-M1-VT	
<b>Veranstaltungsname</b>	<b>Veranstaltungscode</b>	
<b>Gruppentheorie</b>	PHYSIK-M1-VT-GRT	
Lehrende/r	Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Guhr, Gutkin	Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	WS oder SS	Deutsch	15

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	30 h	60 h	2 Cr

# Modulhandbuch MA Physik

Lehrform
Vorlesung
Lernergebnisse / Kompetenzen
Erwerb vertiefter Kenntnisse in einem Spezialbereich der theoretischen Physik
Inhalte
Allgemeines zu Gruppen, endliche Gruppen, Lie-Gruppen und Lie-Algebren, Dreh- und Matrixgruppen, Darstellungen von Gruppen, Gruppentheorie und Quantenmechanik, Gruppentheorie in der Elementarteilchenphysik, Cartan-Klassifizierung halbeinfacher Lie-Gruppen, Dynkin-Diagramme Anwendungen in Molekül- und Festkörperphysik
Prüfungsleistung
Siehe Modulbeschreibung PHYSIK-M1-VTlegt.
Literatur
Wird in der Vorlesung angegeben
Weitere Informationen zur Veranstaltung
Diese Lehrveranstaltung wird durch ein Projekt ergänzt, in dem die Anwendung der Inhalte geübt wird.

<b>Modulname</b>	<b>Modulcode</b>	
Vertiefung Theoretische Physik	PHYSIK-M1-VT	
<b>Veranstaltungsname</b>	<b>Veranstaltungscode</b>	
<b>Grundfragen der Quantenmechanik</b>	PHYSIK-M1-VT-GRFQM	
Lehrende/r	Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Hornberger	Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	WS oder SS	Deutsch	15

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	30 h	60 h	2 Cr

# Modulhandbuch MA Physik

Lehrform
Vorlesung
Lernergebnisse / Kompetenzen
Erwerb vertiefter Kenntnisse in einem Spezialbereich der theoretischen Physik
Inhalte
Objektivierungsproblem, Paradoxien der Quantenmechanik (EPR, Hardy, etc.), krypto-deterministische Theorien; Bell-Theorem und Tests der Nichtlokalität Verschränkung und Verschränkungsmaße, GHZ-Zustände; Kochen-Specker-Theorem und Kontextualität; Leggett-Garg- und Cabello-Ungleichung Dekohärenztheorie und quanten-klassischer Übergang, Zeigerzustände Objektive Modifikationen der Quantenmechanik, Lokalisierungsmodelle; Experimentelle Tests des Superpositionsprinzips und der Nichtlokalität auf großen Skalen Vergleich verschiedener Interpretationen der Quantenmechanik: Pragmatismus, Operationalismus, Everett, Bohm-de Broglie, Consistent Histories, etc.
Prüfungsleistung
Siehe Modulbeschreibung PHYSIK-M1-VT.
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>Frank Laolè: Do We Really Understand Quantum Mechanics? (Cambridge UP)</li> </ul>
Weitere Informationen zur Veranstaltung
Diese Lehrveranstaltung wird durch ein Projekt ergänzt, in dem die Anwendung der Inhalte geübt wird.

<b>Modulname</b>		<b>Modulcode</b>	
Vertiefung Theoretische Physik		PHYSIK-M1-VT	
<b>Veranstaltungsname</b>		Veranstaltungscode	
<b>Offene Quantensysteme</b>		PHYSIK-M1-VT-OQS	
Lehrende/r	Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)	
Hornberger	Physik	WP	

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	WS oder SS	Deutsch	15

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	30 h	60 h	2 Cr

# Modulhandbuch MA Physik

Lehrform
Vorlesung
Lernergebnisse / Kompetenzen
Erwerb vertiefter Kenntnisse in einem Spezialbereich der theoretischen Physik
Inhalte
Dichtematrix-Formalismus; Axiomatische Beschreibung offener Quantendynamik Quanten-Mastergleichungen: Quanten-Markov-Prozess, dynamische Halbgruppen, Lindblad-Gleichung Mikroskopische und phänomenologische Herleitungen: Born-Markov-Näherung, Caldeira-Leggett-Model, Einfluss-Funktional Brownsche Bewegung, Quanten-Boltzmann-Gleichung, Dekohärenztheorie Stochastische Prozesse im Hilbertraum; Stochastische Schrödingergleichungen, Quantentrajektorien, Quanten-Monte-Carlo-Methoden Projektions-Techniken (Nakajima-Zwanzig-Gleichung) und nicht-Markovsche Prozesse
Prüfungsleistung
Siehe Modulbeschreibung PHYSIK-M1-VT.
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>H.-P. Breuer &amp; F. Petruccione: The Theory of Open Quantum Systems</li> </ul>
Weitere Informationen zur Veranstaltung
Diese Lehrveranstaltung wird durch ein Projekt ergänzt, in dem die Anwendung der Inhalte geübt wird.

Modulname		Modulcode	
Vertiefung Theoretische Physik		PHYSIK-M1-VT	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
<b>Quanteninformationstheorie</b>		PHYSIK-M1-VT-QIT	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Hornberger, Schützhold		Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	WS oder SS	Deutsch	15

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	30 h	60 h	2 Cr

# Modulhandbuch MA Physik

Lehrform
Vorlesung
Lernergebnisse / Kompetenzen
Erwerb vertiefter Kenntnisse in einem Spezialbereich der theoretischen Physik
Inhalte
<p>Klassische Bits, Shannon-Entropie, Landauer-Prinzip, reversible Computer</p> <p>Quanten-Bits, Bloch-Kugel, von-Neumann-Entropie, Quantenoperationen</p> <p>No-cloning- und Ununterscheidbarkeits-Theorem, Quanten-Kryptographie</p> <p>Teleportation, Quantenkommunikation, Verschränkung, Quantenkanäle, Quanten-Fehler-Korrektur, superdichte Kodierung</p> <p>Quanten-Computer: Universelle Quantengatter (Hadamard, Quanten-XOR etc.), Algorithmen (Simon, Grover, Shor etc), messbasierte Quantenrechner, adiabatische Quantenalgorithmen, Quanten-Simulatoren.</p> <p>Physikalische Implementierung: DiVincenzo-Kriterien, Ionenfallen, Nanoelektronik, etc.</p>
Prüfungsleistung
Siehe Modulbeschreibung PHYSIK-M1-VT.
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>M.A. Nielsen &amp; I.L. Chuang, Quantum Computation and Quantum Information</li> </ul>
Weitere Informationen zur Veranstaltung
Diese Lehrveranstaltung wird durch ein Projekt ergänzt, in dem die Anwendung der Inhalte geübt wird.

Modulname		Modulcode	
Vertiefung Theoretische Physik		PHYSIK-M1-VT	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
<b>Quantenoptik</b>		PHYSIK-M1-VT-QOPT	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Hornberger, Schützhold		Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	WS oder SS	Deutsch	15

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	30 h	60 h	2 Cr

# Modulhandbuch MA Physik

Lehrform
Vorlesung
Lernergebnisse / Kompetenzen
Erwerb vertiefter Kenntnisse in einem Spezialbereich der theoretischen Physik
Inhalte
<p>Quantisierung des elektromagnetischen Feldes          Kohärente und gequetschte Zustände; nichtklassische Strahlungsfelder; Darstellung von Feldzuständen; Lasertheorie; Kohärenz von Quantenfeldern, Photodetektion          Interferometrie mit Einzelphotonen und nichtklassischem Licht          Wechselwirkung mit Atomen; Absorption, Emission und Streuung von Licht          Atome und Strahlungsfelder in Kavitäten, Offene Dynamik von Zwei-Niveau-Systemen          Nichtlineare Optik, Dispersionsmanagement, Solitonen; Optomechanik</p>
Prüfungsleistung
Siehe Modulbeschreibung PHYSIK-M1-VT.
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>• G. S. Agarwal, Quantum Optics</li> <li>• M.O. Scully &amp; M.S. Zubairy, Quantum Optics</li> </ul>
Weitere Informationen zur Veranstaltung
Diese Lehrveranstaltung wird durch ein Projekt ergänzt, in dem die Anwendung der Inhalte geübt wird.

<b>Modulname</b>	<b>Modulcode</b>	
Vertiefung Theoretische Physik	PHYSIK-M1-VT	
<b>Veranstaltungsname</b>	<b>Veranstaltungscode</b>	
<b>Quantentheorie des Messprozesses</b>	PHYSIK-M1-VT-QTM	
Lehrende/r	Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Hornberger	Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	WS oder SS	Deutsch	15

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	30 h	60 h	2 Cr

# Modulhandbuch MA Physik

Lehrform
Vorlesung
Lernergebnisse / Kompetenzen
Erwerb vertiefter Kenntnisse in einem Spezialbereich der theoretischen Physik
Inhalte
<p>Wiederholung der Postulate der Quantenmechanik, Verhalten des statistischen Operators bei projektiven Messungen und Messungen an Teilsystemen</p> <p>Postulate der Quantentheorie in operationeller Formulierung: Zustände, Quantenoperationen, verallgemeinerte Messungen, positiv-operatorwertige Maße</p> <p>Kraus-Darstellung vollständig positiver Abbildungen, Theoreme von Neumark und Stinespring, allgemeinste Messrückwirkung, effiziente Messungen</p> <p>Messung von Phase und Zeit, Photonendetektion, Zustandstomographie</p> <p>Indirekte Messungen, Störungs-Fehler-Relationen, schwache und kontinuierliche Messungen, Standard-Quantenlimit, Quanten-Zeno-Effekt; Gravitationswellendetektion</p>
Prüfungsleistung
Siehe Modulbeschreibung PHYSIK-M1-VT.
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>H. M. Wiseman &amp; G. J. Milburn: Quantum Measurement and Control</li> </ul>
Weitere Informationen zur Veranstaltung
Diese Lehrveranstaltung wird durch ein Projekt ergänzt, in dem die Anwendung der Inhalte geübt wird.

Modulname		Modulcode	
Vertiefung Theoretische Physik		PHYSIK-M1-VT	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
<b>Granulare Materie</b>		PHYSIK-M1-VT-GRAN	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Wolf		Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
	WS oder SS	Deutsch	15

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	30 h	60 h	2 Cr



# Modulhandbuch MA Physik

Lehrform
Vorlesung
Lernergebnisse / Kompetenzen
Kenntnis der Phänomenologie, Theorie, Modellierung und Simulation granularer Materie. Beherrschung einschlägiger Simulationsmethoden (Molekulardynamik, Kontaktdynamik).
Inhalte
Abgrenzung granularer Materie gegenüber Flüssigkeiten und Festkörpern; Kontaktgesetze (Hertzscher Kontakt, Restitutionskoeffizient, Reibung); Statik und Fluktuationen (Hagen-Janssen-Effekt, Fabric-Tensor, Druckfluktuationen, Porosität); Rheologie (Reynoldsche Dilatanz, Mohr-Coulomb-Theorie, Scherbänder, Prinzip minimaler Dissipation, Lawinen, Stratifikation, Entmischung); Granulare Gase (Kollisionskühlung, Clusterinstabilität, Aufladungserscheinungen); Suspensionen (Viskosität, Bagnold-Gesetz, Colloide, Aggregation); Simulationsmethoden.
Prüfungsleistung
Siehe Modulbeschreibung PHYSIK-M1-VT.
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hinrichsen, Wolf: The Physics of Granular Media</li> <li>• Herrmann, Hovi, Luding: Physics of Dry Granular Media</li> </ul>
Weitere Informationen zur Veranstaltung

<b>Modulname</b>	<b>Modulcode</b>	
Vertiefung Theoretische Physik	PHYSIK-M1-VT	
<b>Veranstaltungsname</b>	<b>Veranstaltungscode</b>	
<b>Verkehrsphysik</b>	PHYSIK-M1-VT-VKP	
Lehrende/r	Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Schreckenberg	Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	WS oder SS	Deutsch	15

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	30 h	60 h	2 Cr

# Modulhandbuch MA Physik

Lehrform
Vorlesung
Lernergebnisse / Kompetenzen
Grundlagen der Aufnahme und Analyse von Verkehrsdaten, Phänomenologie der Verkehrszustände, Modellbildung von Verkehrsdynamik
Inhalte
Klassifikation von Verkehrssystemen Datenerhebung und Haltung Daten-Analyse und Identifikation von Phasen Modellbildung makro-, meso- und mikroskopisch Zellularautomaten-Modelle Simulationstechniken Analytische Ergebnisse und Näherungsmethoden Multi-Agenten-Modelle Beziehung zu verwandten Systemen Generierung von Information
Prüfungsleistung
Siehe Modulbeschreibung PHYSIK-M1-VT.
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>• B. S. Kerner: The Physics of Traffic</li> <li>• D. Helbing: Verkehrsdynamik</li> <li>• D. Chowdury, L. Santen, A. Schadschneider: Statistical Physics of Vehicular Traffic and some related Systems</li> </ul>
Weitere Informationen zur Veranstaltung

<b>Modulname</b>		<b>Modulcode</b>	
Vertiefung Theoretische Physik		PHYSIK-M1-VT	
<b>Veranstaltungsname</b>		<b>Veranstaltungscode</b>	
<b>Irreversible Prozesse 1</b>		PHYSIK-M1-VT-IRP1	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Wolf		Physik	WP
Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	WS	Deutsch	15
SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand Credits

# Modulhandbuch MA Physik

2	30 h	30 h	60 h	2 Cr
---	------	------	------	------

<b>Lehrform</b>
Vorlesung
<b>Lernergebnisse / Kompetenzen</b>
Die Studierenden haben eine Vorstellung vom Ursprung der Irreversibilität der Naturprozesse. Sie können Basiskonzepte der statistischen Physik des Nichtgleichgewichts und der Transporttheorie anwenden.
<b>Inhalte</b>
Poincaré-Zyklus, Onsager-Theorie, Lineare Response-Theorie, Brown'sche Bewegung, Einstein-Beziehung, Langevin- und Fokker-Planck-Gleichung.
<b>Prüfungsleistung</b>
Siehe Modulbeschreibung PHYSIK-M1-VT.
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schwabl: Statistische Mechanik</li> <li>• Brenig: Statistische Theorie der Wärme</li> <li>• Reif: Thermal and Statistical Physics.</li> <li>• Becker: Theorie der Wärme, Kap. VI, VII</li> <li>• Reif: Thermal and Statistical Physics</li> <li>• Reichl: A Modern Course in Statistical Physics</li> <li>• Gardiner: Handbook of Stochastic Methods</li> </ul>
<b>Weitere Informationen zur Veranstaltung</b>
Irreversible Prozesse 1 & 2 sind polyvalent mit der Vorlesung Statistische Physik II (Irreversible Prozesse) im Modul Theorie V des B.Sc. Energy Science

<b>Modulname</b>	<b>Modulcode</b>	
Vertiefung Theoretische Physik	PHYSIK-M1-VT	
<b>Veranstaltungsname</b>	<b>Veranstaltungscode</b>	
<b>Irreversible Prozesse 2</b>	PHYSIK-M1-VT-IRP2	
<b>Lehrende/r</b>	<b>Lehreinheit</b>	<b>Belegungstyp (P/WP/W)</b>
Wolf	Physik	WP

<b>Vorgesehenes Studiensemester</b>	<b>Angebotshäufigkeit</b>	<b>Sprache</b>	<b>Gruppengröße</b>
1 oder 2	WS oder SS	Deutsch	15

## Modulhandbuch MA Physik

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	30 h	60 h	2 Cr

Lehrform
Vorlesung
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden kennen Nichtgleichgewichtsprozesse der Festkörperphysik und können sie quantenmechanisch analysieren.
Inhalte
Boltzmann-Gleichung, Thermoelektrische Koeffizienten, ballistischer und diffusiver Transport.
Prüfungsleistung
Siehe Modulbeschreibung PHYSIK-M1-VT.
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>Datta: Electronic Transport in Mesoscopic Systems.</li> </ul> Weitere aktuelle Literatur wird in der Vorlesung bekannt gegeben.
Weitere Informationen zur Veranstaltung
Irreversible Prozesse 1 & 2 sind polyvalent mit der Vorlesung Statistische Physik II (Irreversible Prozesse) im Modul Theorie V des B.Sc. Energy Science

<b>Modulname</b>	<b>Modulcode</b>	
Vertiefung Theoretische Physik	PHYSIK-M1-VT	
<b>Veranstaltungsname</b>	<b>Veranstaltungscode</b>	
<b>Wirtschaftsphysik 1</b>	PHYSIK-M1-VT-WIP1	
Lehrende/r	Leheinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Guhr	Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	WS oder SS	Deutsch	15

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
-----	----------------	---------------	---------	---------

# Modulhandbuch MA Physik

2	30 h	30 h	60 h	2 Cr
---	------	------	------	------

<b>Lehrform</b>
Vorlesung
<b>Lernergebnisse / Kompetenzen</b>
Anwendung physikalisch-quantitativer Methoden auf Wirtschafts- und Finanzwissenschaft, Grundkonzepte des Risikomanagements
<b>Inhalte</b>
Einige Grundbegriffe der Wirtschafts- und Finanzwissenschaft Statistische Modellierung, stochastische Prozesse und Aktienpreisverteilungen Finanzderivate, Optionspreisbewertung, Black-Scholes-Theorie
<b>Prüfungsleistung</b>
Siehe Modulbeschreibung PHYSIK-M1-VT.
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Guhr, Schäfer: Econophysics</li> <li>• Mantegna, Stanley: Introduction to Econophysics</li> <li>• Bouchaud, Potters: Theory of Financial Risk</li> </ul>
<b>Weitere Informationen zur Veranstaltung</b>

<b>Modulname</b>	<b>Modulcode</b>	
Vertiefung Theoretische Physik	PHYSIK-M1-VT	
<b>Veranstaltungsname</b>	<b>Veranstaltungscode</b>	
<b>Wirtschaftsphysik 2</b>	PHYSIK-M1-VT-WIP2	
<b>Lehrende/r</b>	<b>Lehreinheit</b>	<b>Belegungstyp (P/WP/W)</b>
Guhr, Schäfer	Physik	WP

<b>Vorgesehenes Studiensemester</b>	<b>Angebotshäufigkeit</b>	<b>Sprache</b>	<b>Gruppengröße</b>
1 oder 2	WS oder SS	Deutsch	15

<b>SWS</b>	<b>Präsenzstudium</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Aufwand</b>	<b>Credits</b>
------------	-----------------------	----------------------	----------------	----------------

# Modulhandbuch MA Physik

2	30 h	30 h	60 h	2 Cr
---	------	------	------	------

<b>Lehrform</b>
Vorlesung
<b>Lernergebnisse / Kompetenzen</b>
Anwendung physikalisch-quantitativer Methoden auf Wirtschafts- und Finanzwissenschaft, fortgeschrittene Konzepte der Modellbildung
<b>Inhalte</b>
Korrelationen zwischen Aktienkursen Portfoliooptimierung und Risikomanagement Spekulative Theorien
<b>Prüfungsleistung</b>
Siehe Modulbeschreibung PHYSIK-M1-VT.
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Guhr, Schäfer: Econophysics</li> <li>• Mantegna, Stanley: Introduction to Econophysics</li> <li>• Bouchaud, Potters: Theory of Financial Risk</li> </ul>
<b>Weitere Informationen zur Veranstaltung</b>
Vorlesung baut auf Wirtschaftsphysik 1 auf.

<b>Modulname</b>	<b>Modulcode</b>	
Vertiefung Theoretische Physik	PHYSIK-M1-VT	
<b>Veranstaltungsname</b>	<b>Veranstaltungscode</b>	
<b>Projekt</b>	PHYSIK-M1-VT-P	
<b>Lehrende/r</b>	<b>Lehreinheit</b>	<b>Belegungstyp (P/WP/W)</b>
	Physik	WP

<b>Vorgesehenes Studiensemester</b>	<b>Angebotshäufigkeit</b>	<b>Sprache</b>	<b>Gruppengröße</b>
1 oder 2	WS oder SS	Deutsch	15

<b>SWS</b>	<b>Präsenzstudium</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Aufwand</b>	<b>Credits</b>
------------	-----------------------	----------------------	----------------	----------------

## Modulhandbuch MA Physik

2	30 h	30 h	60 h	2 Cr
<b>Lehrform</b>				
Vorlesung				
<b>Lernergebnisse / Kompetenzen</b>				
Vertiefung der in einer der Vorlesungen behandelten Lehrinhalte durch eigene Beschäftigung mit dem Stoff				
<b>Inhalte</b>				
Ein Projekt zu einer der Lehrveranstaltungen kann auf unterschiedliche Weise realisiert werden, z.B. als <ul style="list-style-type: none"> <li>• Übung zur Vorlesung</li> <li>• Seminar zur Vorlesung</li> <li>• Theoretisches Projekt in der Arbeitsgruppe</li> </ul>				
<b>Prüfungsleistung</b>				
Studienleistung (unbenotet): Aktive und erfolgreiche Teilnahme als Voraussetzung für die Modulprüfung (siehe Modulbeschreibung PHYSIK-M1-VT).				
<b>Literatur</b>				
Wird in der Veranstaltung bekannt gegeben				
<b>Weitere Informationen zur Veranstaltung</b>				
Kriterium für erfolgreiche Teilnahme wird vom Dozenten zu Beginn der Veranstaltung festgelegt.				

# Kompetenzbereich Interdisziplinäres Umfeld

Die im folgenden aufgeführten Module sind nur Beispiele. In Absprache mit dem Prüfungsausschuss können weitere Module im Umfang von jeweils 6 Cr aus thematisch zusammenhängenden Lehrveranstaltungen eines Faches aus dem interdisziplinären Umfeld der Physik zusammengestellt werden, welche nicht bereits Gegenstand des Physikstudiums sind. Ein Modul aus dem interdisziplinären Umfeld wird mit (benoteten oder unbenoteten) Studien- oder Prüfungsleistungen nach Maßgabe der lehrenden Fakultät abgeschlossen. Gemäß § 15 Abs. 1 Buchstabe c PO sind neben den Pflichtmodulen insgesamt 24 Credits in den Bereichen *Hauptseminar*, *Praktikum für Fortgeschrittene*, *Physikalische Vertiefung* und *Interdisziplinäres Umfeld* zu erwerben. Hiervon entfallen 3 Cr auf das Hauptseminar, im Fortgeschrittenenpraktikum müssen mindestens 9 Cr erworben werden. Die restlichen 12 Cr können wahlweise durch weitere Vertiefungsmodule oder durch Module aus dem Interdisziplinären Umfeld erworben werden.

Bitte beachten Sie bei der Planung Ihres Studiums, dass die Bildung von Modulen, welche nicht in der folgenden Auflistung enthalten sind, in jedem Fall mit dem Prüfungsausschuss abgesprochen werden muss. Ebenfalls muss sichergestellt werden, dass die gewählten Lehrveranstaltungen in den entsprechenden Fakultäten für Studierende des Masterstudiengangs Physik zugänglich sind. Bitte wenden Sie sich hierzu direkt an die Lehrenden der jeweiligen Veranstaltung. Sofern keine besondere Absprache hinsichtlich der Prüfungsmodalitäten für Physikstudierende getroffen wird, gelten die Prüfungsmodalitäten der jeweiligen Fächer auch für Studierende des Masterstudiengangs Physik. Sofern die einzelnen Veranstaltungen eines Moduls mit einer benoteten Studien- oder Prüfungsleistung abgeschlossen werden, wird die Modulnote als gewichtetes Mittel entsprechend § 28 PO gebildet. Die Modulnoten aus dem Kompetenzbereich *Interdisziplinäres Umfeld* gehen nicht in die Gesamtnote ein und werden bei der Entscheidung über eine Auszeichnung (§ 27 Abs. 4 PO) ebenfalls nicht berücksichtigt, werden aber im Zeugnis (§ 29 PO) aufgeführt.



# Modulhandbuch MA Physik

<b>Modulname</b>	Modulcode
<b>Thermoelektrik</b>	PHYSIK-M1-TE
Modulverantwortliche/r	Fachbereich
Schierning, Wolf	Ing. Wiss., Physik

Zuordnung zum Studiengang	Modulniveau (Ba/Ma)
Physik	Ma

Vorgesehenes Studiensemester	Dauer des Moduls	Modultyp (P/WP/W)	Credits
1 oder 2	15 Wochen	WP	6

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung	Empfohlene Voraussetzungen
Keine	

## Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Veranstaltungsname	Belegungstyp	SWS	Aufwand	Credits
I	Thermoelektrik	WP	2	90 h	3
II	Praktikum zur Thermoelektrik	WP	2	90	3
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>			<b>4</b>	<b>180 h</b>	<b>6</b>

Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden erwerben ein vertieftes Verständnis der Funktionsweise thermoelektrischer Materialien, können Konzepte und Methoden auf diesem Gebiet einordnen und die für die Thermoelektrik relevante Messtechnik anwenden.
davon Schlüsselqualifikationen

Prüfungsleistungen im Modul
Mündliche Prüfung
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote
Die Modulnote geht nicht in die Gesamtnote ein

# Modulhandbuch MA Physik

Modulname		Modulcode	
Thermoelektrik		PHYSIK-M1-TE	
<b>Veranstaltungsname</b>		Veranstaltungscode	
<b>Thermoelektrik</b>		PHYSIK-M1-TE-V	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Horn-von Hoegen, Kratzer, Schierning, Schmechel, Wiggers, Wolf		Ing. Wiss., Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	WS	Deutsch / Englisch	

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	60 h	90 h	3 Cr

Lehrform
Praktikum
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden beherrschen die grundlegenden Konzepte zur Thermoelektrik und kennen die Funktionsweise thermoelektrischer Materialien.
Inhalte
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Allgemeine Einführung in thermoelektrische und thermomagnetische Phänomene</li> <li>- elektrische und Wärmeleitfähigkeit, Seebeck- und Peltier-Koeffizient</li> <li>- Gütefaktor ZT</li> <li>- Onsagersche Transporttheorie, Kelvin-Beziehung, Boltzmann-Gleichung</li> <li>- elektrischer und Gitterbeitrag zur Wärmeleitfähigkeit</li> <li>- messtechnische Konzepte</li> <li>- materialwissenschaftliche Optimierungsgesichtspunkte</li> <li>- Nanopartikel für thermoelektrische Anwendungen</li> <li>- Effizienzsteigerung durch Reduzierung der Dimensionalität</li> <li>- Energiefilterung, Spin-Transport</li> <li>- Transport in Nanopartikeln</li> <li>- Grenzflächenwiderstände</li> </ul>
Prüfungsleistung
Mündliche Prüfung im Anschluss an Vorlesung und Praktikum
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>• wird in der Lehrveranstaltung bekannt gegeben</li> </ul>
Weitere Informationen zur Veranstaltung
Prüfungsvorleistung: erfolgreiche Teilnahme am Praktikum

# Modulhandbuch MA Physik

Modulname		Modulcode	
Thermoelektrik		PHYSIK-M1-TE	
<b>Veranstaltungsname</b>		Veranstaltungscode	
<b>Praktikum zur Thermoelektrik</b>		PHYSIK-M1-TE-P	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Horn-von Hoegen, Kratzer, Schierning, Schmechel, Wiggers, Wolf		Ing. Wiss., Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	WS	Deutsch / Englisch	

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	60 h	90 h	3 Cr

Lehrform
Vorlesung (2 SWS)
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden können die für die Thermoelektrik relevante Messtechnik anwenden
Inhalte
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Synthese</li> <li>- Probenvorbereitung</li> <li>- Transport-Koeffizienten</li> <li>- Seebeck-Koeffizient</li> <li>- Simulation</li> </ul>
Prüfungsleistung
An- und Abtestate sowie 5 testierte Versuchsprotokolle als unbenotete Studienleistung
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>• wird in der Lehrveranstaltung bekannt gegeben</li> </ul>
Weitere Informationen zur Veranstaltung
Die Veranstaltung findet als Blockpraktikum im Anschluss an die Vorlesung "Thermoelektrik" statt. Die o.a. Studienleistung bildet eine Prüfungsvorleistung für die mündliche Modulprüfung

# Modulhandbuch MA Physik

<b>Modulname</b>	Modulcode
<b><i>Theoretische Chemie</i></b>	PHYSIK-M1-TC
Modulverantwortliche/r	Fachbereich
Studiendekan der Fakultät für Chemie	Chemie

Zuordnung zum Studiengang	Modulniveau (Ba/Ma)
Physik	Ma

Vorgesehenes Studiensemester	Dauer des Moduls	Modultyp (P/WP/W)	Credits
1 oder 2	15 Wochen	WP	6

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung	Empfohlene Voraussetzungen
Keine	

## Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Veranstaltungsname	Belegungstyp	SWS	Aufwand	Credits
I	Theoretische Chemie	WP	3	180 h	6
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>			<b>3</b>	<b>180 h</b>	<b>6</b>

<b>Lernergebnisse / Kompetenzen</b>
Die Studenten sollen ein vertieftes Verständnis moderner Methoden zur Berechnung der Elektronenstruktur entwickeln und in die Simulation molekularer Ensembles eingeführt werden, um einerseits ihre Anwendung auf realistische chemische Fragestellungen beurteilen zu können und sie andererseits auf eigenständige Anwendungen vorzubereiten. Die wichtigsten theoretischen Aspekte werden in Übungen vertieft.
davon Schlüsselqualifikationen

<b>Prüfungsleistungen im Modul</b>
Klausur am Ende der Vorlesung
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote
Die Modulnote geht nicht in die Gesamtnote ein

# Modulhandbuch MA Physik

Modulname		Modulcode	
Theoretische Chemie		PHYSIK-M1-TC	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
<b>Theoretische Chemie</b>		PHYSIK-M1-TC-TC	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Spohr		Chemie	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1 oder 2	SS	Deutsch	

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
3	90 h	90 h	180 h	6 Cr

Lehrform
Vorlesung (2 SWS) und Übung (1SWS)
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studenten sollen ein vertieftes Verständnis moderner Methoden zur Berechnung der Elektronenstruktur entwickeln und in die Simulation molekularer Ensembles eingeführt werden, um einerseits ihre Anwendung auf realistische chemische Fragestellungen beurteilen zu können und sie andererseits auf eigenständige Anwendungen vorzubereiten. Die wichtigsten theoretischen Aspekte werden in Übungen vertieft.
Inhalte
Vertiefung Korrelationsproblem: Fermi- und Coulomb-Loch, dynamische und statische Korrelation, Korrelationscusp, Konvergenz CI-Entwicklung, R12-Idee. Vertiefung Møller-Plesset Störungstheorie. Rayleigh-Schrödinger-Störungstheorie höherer Ordnung, MP3, MP4, Diagramme, Linked-Cluster-Theorem, Größenkonsistenz. Coupled-Cluster-Theorie. Zweite Quantisierung, CCD, CCSD, CCSD(T). Linear-Response-Theorie. Zeitabhängige Störungstheorie, dynamische Polarisierbarkeiten und ihre Pole, zeitabhängige Hartree-Fock- und Dichtefunktionaltheorie. Krauffelder. Aufbau und Parametrisierung eines Krauffeldes. Theoretische und praktische Grundlagen der Simulation molekularer Ensembles. Ergodenhypothese, Partitionsfunktion, radiale Verteilungsfunktion, periodische Randbedingungen, minimum image convention, Ewald- und Zellmultizellmethode. Monte-Carlo-Simulation. Markov-Kette, Metropolis-Algorithmus. Molekulardynamik-Simulation. Integration der Bewegungsgleichungen, constraint dynamics, Korrelationsfunktionen, ab initio MD, Carr-Parrinello.
Prüfungsleistung
Klausur oder Kolloquium

Literatur
Lehrbücher Quanten- und Computational Chemistry, z.B.: <ul style="list-style-type: none"><li>• Modern Quantum Chemistry von Szabo und Ostlund</li><li>• Computational Chemistry von Jensen</li><li>• Computational Chemistry von Cramer</li></ul>
Weitere Informationen zur Veranstaltung

## Modulhandbuch MA Physik

<b>Modulname</b>	Modulcode
<b><i>Nanosysteme und Analytik</i></b>	PHYSIK-M1-NA
Modulverantwortliche/r	Fachbereich
Studiendekan der Fakultät für Ingenieurwissenschaften	Ingenieurwissenschaften

Zuordnung zum Studiengang	Modulniveau (Ba/Ma)
Physik	Ma

Vorgesehenes Studiensemester	Dauer des Moduls	Modultyp (P/WP/W)	Credits
1 und 2	15 Wochen	WP	6

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung	Empfohlene Voraussetzungen
Keine	

### Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Veranstaltungsname	Belegungstyp	SWS	Aufwand	Credits
I	Mikro- und Nanosystemtechnik	WP	3	70 h	2
II	Moderne Methoden der Bauelement- und Schaltungsanalytik	WP	3	120 h	4
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>			<b>6</b>	<b>190 h</b>	<b>6</b>

Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden haben grundlegende fächerübergreifende Kenntnisse über die Wirkprinzipien der Mikro- und Nanosystemtechnik verstanden. Sie verstehen ihre Einsatzmöglichkeiten und besitzen ein grundlegendes System Know-how. Darüber hinaus sind den Studierenden die Problematiken der Messung kleinster Signalpegel vertraut. Sie oder er kennt die gängigen und modernen Methoden der Signalrekonstruktion. All dies ist unabdingbar für die Entwicklung, Herstellung und Qualitätssicherung in der Mikro- und Nanosystemtechnik sowie in der modernen Halbleiterindustrie.
davon Schlüsselqualifikationen

Prüfungsleistungen im Modul
Mündliche Prüfung in II
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote
Die Modulnote geht nicht in die Gesamtnote ein

# Modulhandbuch MA Physik

Modulname		Modulcode	
Nanosysteme und Analytik		PHYSIK-M1-NA	
<b>Veranstaltungsname</b>		Veranstaltungscod	
<b>Mikro- und Nanosystemtechnik</b>		PHYSIK-M1-NA-MN	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Vogt		Elektrotechnik und Informationstechnik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1	WS	Deutsch	

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
3	45 h	25 h	70 h	2 Cr

Lehrform
Vorlesung + Übung
Lernergebnisse / Kompetenzen
<p>Die Studierenden beherrschen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- die Grundkenntnisse über Prinzipien und Techniken der Mikro- und Nanosystemtechnik und ihrer Einsatzmöglichkeiten/Beschränkungen</li> <li>- die Grundkenntnisse über einzelne Mikrokomponenten und ihre Wirkprinzipien</li> <li>- die Grundkenntnisse über Systemtechniken und die komplexe wechselseitige Beeinflussung der Komponenten</li> <li>- das System-Know-how, das Wissens um die Integration der Einzelteile im Design und Herstellung.</li> </ul>
Inhalte
<p>Die Mikrosystemtechnik ist eine der Schlüsseltechnologien des 21. Jahrhunderts. Produkte mit mikrosystemtechnischen Komponenten erobern immer mehr Anwendungsbereiche im täglichen Leben und sind in ihren Potentialen hinsichtlich Funktionalität und Wirtschaftlichkeit aus unserem Alltag nicht mehr wegzudenken. Neue Anwendungsfelder werden erschlossen durch Skalierung der Strukturen in den Nanometer-Bereich. Die Vorlesung Mikro- und Nanosystemtechnik erlaubt einen Einblick in dieses spannende interdisziplinäre Gebiet mit seiner Vielfältigkeit und vermittelt dem angehenden Ingenieur das Grundwissen für einen späteren Einstieg in dieses Berufsumfeld.</p> <p>Folgende Themenbereiche werden von der Vorlesung behandelt:</p> <p>I. Mikrotechniken:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bulkmechanik (isotropes und anisotropes naßchemisches Ätzen, Plasma-Tiefenätzen)</li> <li>- Oberflächenmechanik und andere Mikrotechniken (Opferätztechnik, Epi-Polysilizium, SOI, Sticking-Problematik, Vergleich unterschiedlicher Mikro- und Nanostrukturtechniken)</li> </ul>



## II. Mikrosensoren:

- Thermische Sensoren (Thermistoren, PT-Sensor, integrierte Temperatursensoren, Anemometrie, Luftmassensensor)
- Mechanische Sensoren (piezoresistive und kapazitive Drucksensoren, Beschleunigungssensoren, Drehratensensoren)
- Sensoren für Strahlung (CMOS-Bildsensor, CCD, IR-Sensor, Teilchendetektoren)
- Magnetfeldsensoren (Spinning-current Hallplate, Magnetoresistivität, Fluxgate-Sensor)
- Chemische und Biosensoren (Chemisch sensitive FETs, SAW-Sensoren, DNA-Chip)
- Skalierung von Sensorstrukturen in den Nanometerbereich

## III. Mikroaktoren:

- Mikroaktoren (Wirkprinzipien, Mikrospiegel, Mikrostimulatoren)
- Mikrofluidik (Mikroventile, Mikropumpen, implantierbares Medikamentendepot, Lab-on-a-Chip)

## IV. Systemtechniken:

- Entwurf, Simulation und Test (Entwurfsmethodik, Simulation, Test- und Prüfverfahren)
- Integrationstechniken (monolithische und hybride Integration, Aufbau- und Verbindungstechnik und Gehäusetechnik für Mikro- und Nanosysteme)

Inhalt der Übungen: Vertiefende praktische Aufgaben und Beispiele zum Stoff der Vorlesung

## Prüfungsleistung

Keine Klausur für Master Physik

## Literatur

- M. J. Madou: Fundamentals of Microfabrication, CRC Press, ISBN: 0-8493-0826-7
- M. Gad-el-Hak: The MEMS Handbook, CRC Press, ISBN: 0-8493-0077-0
- W. Menz, J. Mohr: Mikrosystemtechnik für Ingenieure, VCH, ISBN: 3-527-29405-8
- U. Mescheder: Mikrosystemtechnik, B.G. Teuner, ISBN: 3-519-06256-9
- G. Gerlach, W. Dötzel: Grundlagen der Mikrosystemtechnik, Hanser, ISBN: 3-446-18395-7

## Weitere Informationen zur Veranstaltung

<http://www.uni-duisburg-essen.de/ebs/>

# Modulhandbuch MA Physik

Modulname		Modulcode	
Nanosysteme und Analytik		PHYSIK-M1-NA	
<b>Veranstaltungsname</b>		Veranstaltungscode	
<b>Moderne Methoden der Bauelement- und Schaltungsanalytik</b>		PHYSIK-M1-NA-MM	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Bacher, Mertins		Elektrotechnik und Informationstechnik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
2	SS	Deutsch	

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
3	45 h	75 h	120 h	4 Cr

<b>Lehrform</b>
Vorlesung + Übung
<b>Lernergebnisse / Kompetenzen</b>
Die oder der Studierende ist nach aktivem Besuch der Veranstaltung sensibilisiert für die in der Nanotechnik üblichen Signale. Sie oder er ist in der Lage, den für seine Problemstellung geeigneten Darstellungsbereich zu wählen. Sie oder er kennt die Problematik verrauschter Signale, die Rauschursachen und geeignete Möglichkeiten, optimale Messbedingungen und Messumgebungen auszuwählen. Sie oder er kennt die grundsätzlichen Arbeitsweisen der in der Bauelement- und Schaltungsanalytik gebräuchlichsten Messsysteme und Messverfahren und sie oder er ist in der Lage, das für ihre oder seine Problemstellung am besten geeignete Messsystem auszuwählen und anzuwenden.
<b>Inhalte</b>
In dieser Veranstaltung werden moderne Methoden der Bauelement- und Schaltungsanalytik eingeführt und speziell anhand von Nanostrukturen bzw. nanostrukturierten Bauelementen erklärt. Neben den einzelnen Messsystemgruppen werden auch die peripheren Messsysteme und ihre zugrunde liegenden Arbeitsweisen eingehend erklärt. Nach den theoretischen Grundlagen der Darstellungsbereiche Zeit- und Frequenzbereich und ihres theoretischen Zusammenhangs werden Rauscharten erläutert und mathematisch beschrieben. Anschließend erfolgt eine eingehende Diskussion der verschiedenen Möglichkeiten der Signaldetektion aus verrauschten Signalen (z. B. Mittelwertbildung, Lock-in Verstärkung). Auf dieser Grundlage werden dann verschiedene, in der Bauelement- und Schaltungsanalytik häufig eingesetzte, Messsysteme beschrieben. Hierzu zählen der Spektrumanalysator, der Netzwerkanalysator, die Kelvin-Force-Mikroskopie und die Rastersonden-Strom und Spannungsmesstechnik aber auch optische Verfahren wie Photoemissionsmikroskopie, PICA und OBIRCH.
<b>Prüfungsleistung</b>
Mündliche Prüfung von 30 Minuten Dauer.

## Literatur

- K. Bergmann: Elektrische Messtechnik, Vieweg Verlag 1997
- Clyde F. Coombs, Jr.: Electronic Instrument Handbook, McGraw-Hill Book Company 2000
- B. E. Jones: Messgeräte, Messverfahren, Messsysteme, Teil 1 und 2, Oldenburg - Verlag 1980
- M. Thumm, W. Wiesbeck, S. Kern: Hochfrequenzmesstechnik: Verfahren und Messsysteme, Teubner - Verlag 1997
- L. Reimer: Rasterelektronenmikroskopie, Springer - Verlag 1977
- M. L. Meade: Lock-in amplifiers: Principles and applications, Peter Peregrinus Ltd. 1989
- J. T. L. Thong (ed.): Electron Beam Testing Technology, Plenum Press 1993
- D. Wolf (ed.): Noise in Physical Systems, Springer Verlag 1978
- W. Gruhle: Elektronisches Messen, Springer Verlag 1987
- D. Sarid, Scanning Force Microscopy, Oxford University Press, 1993
- E. Meyer, H. J. Hug, R. Bennewitz, Scanning Probe Microscopy, Springer-Verlag, 2003

## Weitere Informationen zur Veranstaltung

<http://www.uni-due.de/wet/>

<b>Modulname</b>	Modulcode
<b>Elektronik 2</b>	PHYSIK-M1-IU3
Modulverantwortliche/r	Fachbereich
Studiendekan der Fakultät für Ingenieurwissenschaften	Ingenieurwissenschaften

Zuordnung zum Studiengang	Modulniveau (Ba/Ma)
Physik	Ma

Vorgesehenes Studiensemester	Dauer des Moduls	Modultyp (P/WP/W)	Credits
1 und 2	30 Wochen	WP	6

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung	Empfohlene Voraussetzungen
Keine	

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Veranstaltungsname	Belegungstyp	SWS	Aufwand	Credits
I	Optoelektronik	WP	3	90 h	3
II	Optoelektronik Praktikum	WP	3	80 h	3
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>			<b>6</b>	<b>170 h</b>	<b>6</b>

<b>Lernergebnisse / Kompetenzen</b>
Die Studierenden haben breite Kenntnisse über die Bedeutung der Optoelektronik und Photonik in der Technik und sind in der Lage, auf der Basis grundlegender Wechselwirkungsmechanismen die Kenngrößen optoelektronischer Komponenten in Systemanwendungen zu beschreiben. Das Praktikum befähigt die Studierenden, die Funktionsweise optoelektronischer Bauelemente wie Leucht- und Laserdioden, Photodioden und Solarzellen zu verstehen und diese messtechnisch zu charakterisieren. Sie sind außerdem in der Lage, einfache optoelektronische Signalübertragungs- und Verarbeitungs-Systeme aufzubauen, das Zusammenspiel der Einzelkomponenten zu beschreiben und Vorhersagen hinsichtlich der Systemantwort bei Änderung einzelner Parameter zu treffen. Die Studierenden sind weiterhin in der Lage, Bauelemente und einfache Schaltungen der Elektronik und Hochfrequenztechnik messtechnisch zu erfassen und theoretisches Wissen über Grundlagen und Verfahren der Elektronik und Hochfrequenztechnik auf praktische Funktionen anzuwenden.
davon Schlüsselqualifikationen

<b>Prüfungsleistungen im Modul</b>
Klausur in I, Studienleistung (Testate) in II.
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote
Die Modulnote geht nicht in die Gesamtnote ein

Modulname		Modulcode	
Elektronik 2		PHYSIK-M1-ET	
<b>Veranstaltungsname</b>		Veranstaltungscode	
<b>Optoelektronik</b>		PHYSIK-M1-IU3-OE	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Jäger		Elektrotechnik und Informationstechnik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1	WS	Deutsch	

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
3	45 h	45 h	90 h	3 Cr

<b>Lehrform</b>
Vorlesung + Übung
<b>Lernergebnisse / Kompetenzen</b>
Die Studierenden haben breite Kenntnisse über die Bedeutung der Optoelektronik und Photonik in der Technik und sind in der Lage, auf der Basis grundlegender Wechselwirkungsmechanismen die Kenngrößen optoelektronischer Komponenten in Systemanwendungen zu beschreiben.
<b>Inhalte</b>
Die Veranstaltung umfasst neben den theoretischen Grundlagen und Technologien der modernen Optoelektronik auch deren Anwendungsgebiete in photonischen integrierten Schaltungen. Die Vorlesung beginnt mit dem fundamentalen physikalischen Phänomen der Interaktion zwischen Licht und Materie im Halbleiter: Absorption, spontane und stimulierte Emission sowie Modulation. Weitere Teilbereiche umfassen die Lichtausbreitung in planaren sowie faseroptischen Wellenleitern und die integrierte optik. Besondere Aufmerksamkeit wird den Anwendungen gewidmet, beispielhaft dargestellt anhand optischer Nachrichtenübertragungssysteme, der Medizintechnik und der Materialverarbeitung.
<b>Prüfungsleistung</b>
Klausurarbeit mit einer Dauer zwischen 60 und 120 Minuten. Sprache: Deutsch
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Graham-Smith, Francis: Optics and Photonics, Wiley, Chichester 2000</li> <li>Harth, Wolfgang: Sende- und Empfangsdioden für die optische Nachrichtentechnik, Teuber, Stuttgart 1998</li> </ul>

## Modulhandbuch MA Physik

- Bludau, Wolfgang: Halbleiter-Optoelektronik, Hanser, München 1995
- Dörnen, Achim: Halbleiter für die Optoelektronik und Photonik, Hänsel-Hohenhausen, 1994
- Billings, Alan: Optics, optoelectronics and photonics, Prentice Hall, New York 1993
- Ebeling, Karl Joachim: Integrierte Optoelektronik, Springer-Verlag, Berlin 1992
- Paul, Reinhold: Optoelektronische Halbleiterbauelemente, Teuber, Stuttgart 1992

Weitere Informationen zur Veranstaltung

<http://www.oe.uni-duisburg-essen.de>

# Modulhandbuch MA Physik

Modulname		Modulcode	
Elektronik 2		PHYSIK-M1-IU3	
<b>Veranstaltungsname</b>		Veranstaltungscod	
<b>Optoelektronik Praktikum</b>		PHYSIK-M1-IU3-OEP	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Jäger		Elektrotechnik und Informationstechnik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1	WS	Deutsch	

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	50 h	80 h	3 Cr

Lehrform
Praktikum
Lernergebnisse / Kompetenzen
Das Praktikum befähigt die Studierenden, die Funktionsweise optoelektronischer Bauelemente wie Leucht- und Laserdioden, Photodioden und Solarzellen zu verstehen und diese messtechnisch zu charakterisieren. Sie sind außerdem in der Lage, einfache optoelektronische Signalübertragungs- und Verarbeitungs-Systeme aufzubauen, das Zusammenspiel der Einzelkomponenten zu beschreiben und Vorhersagen hinsichtlich der Systemantwort bei Änderung einzelner Parameter zu treffen.
Inhalte
Das Praktikum setzt sich aus verschiedenen Bereichen der Optoelektronik zusammen. Für die einzelnen Versuche stehen ausführlichen Beschreibung zur Verfügung, innerhalb derer die notwendigen Grundlagen wiederholt werden. Verständnisfragen und Aufgaben werden gestellt, die als Vorbereitung zuhause gelöst werden müssen. Zur Durchführung der Laborversuche gehören ein Kolloquium mit An-Testat, die eigentliche Versuchsdurchführung sowie eine abschließende Besprechung.
Versuche OE/Jäger:
1) Optoelektronische Bauelemente
2) Optoelektronische Energiewandlung
3) Optische Übertragungstechnik
4) Optische Signalverarbeitung
Versuche WET/Bacher:
5) Strukturelle Charakterisierung optoelektronischer Bauelemente
6) Elektrische Charakterisierung optoelektronischer Bauelemente
7) Optische Charakterisierung optoelektronischer Bauelemente
8) Nanostrukturierte Bauelemente
Prüfungsleistung
Antestate und aktive Teilnahme an allen Versuchen.

## Modulhandbuch MA Physik

Literatur
<ul style="list-style-type: none"><li>• Ebeling, Karl Joachim: Integrierte Optoelektronik, Springer-Verlag, Berlin 1992</li><li>• Paul, Reinhold: Optoelektronische Halbleiterbauelemente, Teuber, Stuttgart 1992</li><li>• Optische Kommunikationstechnik, Handbuch für Wissenschaft und Industrie, E. Voges, K. Petermann (Hrsg.), Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, ISBN 3-540-67213-3</li></ul>
Weitere Informationen zur Veranstaltung
<p><a href="http://www.oe.uni-duisburg.de">http://www.oe.uni-duisburg.de</a> Kriterium für aktive Teilnahme wird vom Dozenten zu Beginn der Veranstaltung festgelegt</p>



<b>Modulname</b>	Modulcode
<b><i>Bauelemente und ihre Aufbau- /Verbindungstechnik</i></b>	PHYSIK-M2-IU4
Modulverantwortliche/r	Fachbereich
Studiendekan der Fakultät für Ingenieurwissenschaften	Ingenieurwissenschaften

Zuordnung zum Studiengang	Modulniveau (Ba/Ma)
Physik	Ma

Vorgesehenes Studiensemester	Dauer des Moduls	Modultyp (P/WP/W)	Credits
1 und 2	15 Wochen	WP	6

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung	Empfohlene Voraussetzungen
Keine	Allgemeine Grundlagen der Halbleiterphysik, Kenntnisse im Bereich der Herstellungsprozesse von Halbleiterbauelementen (basierend auf Silizium- und III/V-Halbleitern).

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Veranstaltungsname	Belegungstyp	SWS	Aufwand	Credits
I	Aufbau- und Verbindungstechnik	WP	3	120 h	4
II	Optoelektronische Bauelemente	WP	3	70 h	2
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>			<b>6</b>	<b>190 h</b>	<b>6</b>

Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studenten sind befähigt, elektrische, thermische und mechanische Grundlagenkenntnisse anzuwenden auf die Verpackung integrierter Schaltungen in Gehäuse. Sie können die wichtigsten Verfahren und Typen der Chipverpackung beschreiben. Sind in der Lage, die Chips auf Substrate zu integrieren, die Signalverläufe zu beschreiben und Methoden des Trimmens einzusetzen auf die Zusammenfügung von Halbleiterbauelementen zu elektronischen Systemen. Die Studierenden sind in der Lage, die Funktionsweise, den Aufbau und die charakteristischen technischen Daten zentraler und moderner optoelektronischer Bauelemente zu beschreiben.
davon Schlüsselqualifikationen

Prüfungsleistungen im Modul
Mündliche Prüfung in I.
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote
Die Modulnote geht nicht in die Gesamtnote ein

# Modulhandbuch MA Physik

Modulname		Modulcode	
Bauelemente und ihre Aufbau-/ Verbindungstechnik		PHYSIK-M2-IU4	
<b>Veranstaltungsname</b>		Veranstaltungscod	
<b>Aufbau- und Verbindungstechnik</b>		PHYSIK-M2-IU4-AVT	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Vogt, Willms		Elektrotechnik und Informationstechnik	

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
2	SS	Deutsch	

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
3	45 h	75 h	120 h	4 Cr

Lehrform
Vorlesung + Übung
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden sind fähig, die Grundlagen der AVT zu erklären und die zugehörigen Konzepte zu hinterfragen. Zu den Grundlagen der AVT gehören: elektrische Einflüsse, Wärmeabfuhr Verfahren der Montage integrierter Schaltungen in Gehäuse Elektrische Signale in der Inter-Chip-Verbindung Verfahren des Aufbaus und der Verdrahtung von ICs auf Leiterplatten und Hybride
Inhalte
Die Halbleiterfertigung liefert Siliziumscheiben, auf den eine Vielzahl von Chips angeordnet ist. Die Aufgabe ist es nun, die Chips zu vereinzeln und so weiterzuverarbeiten, dass sie in ein elektronisches System eingebettet werden können. Diese Techniken, die Weiterverarbeitung der Chips, deren Gehäuse, ihre Montage auf gedruckten Schaltungen und Hybridsubstraten, die Eigenschaften dieser Substrate sind Thema der Vorlesung. Als Grundlagen werden die elektrischen und die thermischen Eigenschaften von elektronischen Systemen und IC-Gehäusen, sowie die elektrischen Eigenschaften moderner Substrate vorgestellt. Die verschiedenen IC-Gehäuse, die Chipmontage auch ohne Gehäuse, sind Themen aus der Praxis, ebenso moderne Aufbau- und Montagetechniken, Dünnschicht- und Dickschicht-Substrate. Mit dieser Vorlesung, die zusammen von den Fachgebieten EBS und NTS gehalten wird, wird mit der Aufbautechnik, den Gehäusen und Substraten die Brücke geschlagen zwischen der Halbleiterfertigung und Geräten und Baugruppen der Mikroelektronik.
Prüfungsleistung
Mündliche Prüfung mit einer Dauer von 30 Minuten.

## Modulhandbuch MA Physik

### Literatur

- Roa Tummala, ed.: Microelectronics Packaging Handbook, Kluwer Academic Publishers, 1997
- U. Hilleringmann: Silizium-Halbleitertechnologie, 4. Auflage, Teubner Studienbücher, 2004, Kapitel 13
- W. Jillek, G. Keller: Handbuch der Leiterplattentechnik, Leuze Verlag, 2003

### Weitere Informationen zur Veranstaltung

<http://www.uni-duisburg-essen.de/ebs/> und <http://www.uni-duisburg-essen.de/nts/>

# Modulhandbuch MA Physik

Modulname		Modulcode	
Bauelemente und ihre Aufbau-/ Verbindungstechnik		PHYSIK-M2-IU4	
<b>Veranstaltungsname</b>		Veranstaltungscode	
<b>Optoelektronische Bauelemente</b>		PHYSIK-M2-IU4-OEB	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Jäger		Elektrotechnik und Informationstechnik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
2	SS	Deutsch	

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
3	45 h	25 h	70 h	2 Cr

Lehrform
Vorlesung + Übung
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden sind in der Lage, die Funktionsweise, den Aufbau und die charakteristischen technischen Daten zentraler und moderner optoelektronischer Bauelemente zu beschreiben. Sie verfügen über ein breites Wissen industrieller Anwendungen.
Inhalte
<p>Einleitend werden die physikalischen Grundlagen der Halbleiter, der Elektronik sowie der Optik zusammengefasst. Dazu zählen ferner die Grundlagen der Licht-Materie-Wechselwirkung und eine Diskussion der radiometrischen und photometrischen Einheiten.</p> <p>Im folgenden wird die Familie der Photodetektoren vorgestellt. Diese umfasst die Photoleiter, (Lawinen-) Photodioden und -transistoren sowie Detektoren für spezielle Anwendungen wie beispielsweise in der Bildaufnahme. Bei den Leuchtdioden stehen insbesondere die HB-LEDs, die blauen und UV-LEDs sowie weiße LEDs im Vordergrund, ergänzt um neue Entwicklungen im Bereich der OLEDs.</p> <p>Ein weiteres zentrales Kapitel stellen die Laserdioden dar. Im Mittelpunkt stehen hier: Fabry-Perot-Laser und VCSEL sowie spezielle Lasertypen wie DFB-, QC- und MQW-Laser.</p> <p>Als weitere optoelektronische Bauelemente werden behandelt: Modulatoren, photovoltaische und Solarzellen. Bei allen Komponenten werden die theoretischen Grundlagen behandelt, sowie die Materialauswahl, die Technologien, die Bauformen und die Kenndaten diskutiert und die Einsatzgebiete und Märkte vorgestellt.</p> <p>Die Vorlesung schließt mit einer kurzen Übersicht über einfache optoelektronische Schaltungen und deren Bedeutung in der optoelektronischen Signalverarbeitung und -erzeugung.</p>
Prüfungsleistung
Keine Klausur für Master Physik

### Literatur

- Graham-Smith, Francis: Optics and Photonics, Wiley, Chichester 2000
- Harth, Wolfgang: Sende- und Empfangsdioden für die optische Nachrichtentechnik, Teuber, Stuttgart 1998
- Bludau, Wolfgang: Halbleiter-Optoelektronik, Hanser, München 1995
- Dörnen, Achim: Halbleiter für die Optoelektronik und Phototnik, Hänsel-Hohenhausen, 1994
- Billings, Alan: Optics, optoelectronics and photonics, Prentice Hall, New York 1993
- Ebeling, Karl Joachim: Integrierte Optoelektronik, Springer-Verlag, Berlin 1992
- Paul, Reinhold: Optoelektronische Halbleiterbauelemente, Teuber, Stuttgart 1992

### Weitere Informationen zur Veranstaltung

<http://www.oe.uni-duisburg-essen.de>

# Modulhandbuch MA Physik

<b>Modulname</b>	Modulcode
<b>VWL Mikroökonomik</b>	PHYSIK-M2-IU5
Modulverantwortliche/r	Fachbereich
Studiendekan der Fakultät für Wirtschaftswissenschaften	Wirtschaftswissenschaften

Zuordnung zum Studiengang	Modulniveau (Ba/Ma)
Physik	Ma

Vorgesehenes Studiensemester	Dauer des Moduls	Modultyp (P/WP/W)	Credits
1 und 2	15 Wochen	WP	6

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung	Empfohlene Voraussetzungen
Keine	WIWI, Einführung in die Wirtschaftswissenschaften II und III

## Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Veranstaltungsname	Belegungstyp	SWS	Aufwand	Credits
I	Mikroökonomik III	WP	4	180 h	6
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>			<b>4</b>	<b>180 h</b>	<b>6</b>

Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden einen Einblick in Volks- und Betriebswirtschaftliche Zusammenhänge und werden damit in ihrer Fähigkeit unterstützt, in ihrer beruflichen Arbeit verantwortlich zu handeln.
davon Schlüsselqualifikationen

Prüfungsleistungen im Modul
Klausur in I
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote
Die Modulnote geht nicht in die Gesamtnote ein

## Modulhandbuch MA Physik

Modulname	Modulcode	
VWL Makroökonomik	PHYSIK-M2-IU5	
<b>Veranstaltungsname</b>	Veranstaltungscode	
<b>Mikroökonomik III</b>	PHYSIK-M2-IU5-MICRO	
Lehrende/r	Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozenten des FB Wirtschaftswissenschaften	Wirtschaftswissenschaften	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
2	SS	Deutsch	

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
4	60 h	120 h	180 h	6 Cr

Lehrform
Vorlesung und Übung oder Seminar
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden werden mit fortgeschrittenen Analysemethoden und mit aktuellen Forschungsfragen vertraut gemacht und erlangen dadurch die Fähigkeit einer fundierten theoretischen Analyse ökonomischer Fragestellungen als Voraussetzung für eine Beschäftigungsperspektive z.B. in unternehmerischen Forschungsabteilungen.
Inhalte
Preistheorie: Die Veranstaltung vertieft die Analyse der individuellen Entscheidungen und der Funktionsweise von Märkten als Allokationsinstrument. Ausgehend von der Analyse und normativen Bewertung eines vollkommen über Märkte dezentralisierten Wettbewerbssystems im Rahmen eines Allgemeinen Gleichgewichtsmodells werden diesen Situationen gegenübergestellt, in denen Märkte hinsichtlich des Erreichens einer effizienten Allokation versagen. Es wird diskutiert, wie sich Preise auch auf unvollkommenen Märkten bilden und welche Informationen aus den Gleichgewichtspreisen gezogen werden können.
Prüfungsleistung
Klausur, Hausarbeit und/oder Präsentation.
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mas-Collel, Whinston und Green: Microeconomic Theory</li> <li>• Wolfstetter: Topics in Microeconomics</li> <li>• Tirole: The Theory of Industrial Organization</li> </ul>
Weitere Informationen zur Veranstaltung
Die Klausur wird unmittelbar nach Ende der Veranstaltung und an einem Nachtermin vor Vorlesungsbeginn des nächsten Semesters angeboten.

## Modulhandbuch MA Physik

<b>Modulname</b>	Modulcode
<b>VWL Makroökonomik</b>	PHYSIK-M2-IU6
Modulverantwortliche/r	Fachbereich
Studiendekan der Fakultät für Wirtschaftswissenschaften	Wirtschaftswissenschaften

Zuordnung zum Studiengang	Modulniveau (Ba/Ma)
Physik	Ma

Vorgesehenes Studiensemester	Dauer des Moduls	Modultyp (P/WP/W)	Credits
1 und 2	15 Wochen	WP	6

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung	Empfohlene Voraussetzungen
Keine	WIWI, Einführung in die Wirtschaftswissenschaften II und III

### Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Veranstaltungsname	Belegungstyp	SWS	Aufwand	Credits
I	Makroökonomik III	WP	4	180 h	6
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>			<b>4</b>	<b>180 h</b>	<b>6</b>

Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden erwerben überblicksmäßige Kenntnisse auf dem Gebiet der Volkswirtschaftslehre und werden damit in ihrer Fähigkeit unterstützt, in ihrer beruflichen Arbeit verantwortlich zu handeln.
davon Schlüsselqualifikationen

Prüfungsleistungen im Modul
Klausur in I
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote
Die Modulnote geht nicht in die Gesamtnote ein



## Modulhandbuch MA Physik

Modulname	Modulcode	
VWL Makroökonomik	PHYSIK-M2-IU6	
<b>Veranstaltungsname</b>	Veranstaltungscode	
<b>Makroökonomik III</b>	PHYSIK-M2-IU6-MACRO	
Lehrende/r	Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozenten des FB Wirtschaftswissenschaften	Wirtschaftswissenschaften	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
2	SS	Deutsch	

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
4	60 h	120 h	180 h	6 Cr

Lehrform
Vorlesung und Übung oder Seminar
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden verstehen die Grundlagen der monetären außenwirtschaftlichen Modelle und können diese formal und graphisch darstellen und verbal erläutern.
Inhalte
<p>Makroökonomik III: Makroökonomik offener Volkswirtschaften</p> <p>Diese Veranstaltung behandelt Fragestellungen der monetären Außenwirtschaftstheorie. Sie vertieft und erweitert die bisherigen Kenntnisse der makroökonomischen Analyse kleiner offener Volkswirtschaften aus der Makroökonomik II.</p> <p>Leitfragen sind: Welche Konsequenzen ergeben sich jeweils für die Wirtschaftspolitik? Welche Wirkung entfalten stabilisierungspolitische Maßnahmen und ausländische Störungen in offenen Volkswirtschaften in Abhängigkeit vom Währungssystem, vom Grad der internationalen Kapitalmobilität und von der Größe eines Landes?</p>
Prüfungsleistung
Klausuren, Hausarbeit und/oder Präsentation.
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Willms: Internationale Währungspolitik</li> <li>• Krugman und Obstfeld: International Economics: Theory and Policy</li> </ul>
Weitere Informationen zur Veranstaltung
Die Klausur wird unmittelbar nach Ende der Veranstaltung und an einem Nachtermin vor Vorlesungsbeginn des nächsten Semesters angeboten.

## Modulhandbuch MA Physik

<b>Modulname</b>	Modulcode
<b><i>Industrieprojekt</i></b>	PHYSIK-M2-IP
Modulverantwortliche/r	Fachbereich
Dozenten der Physik	Physik

Zuordnung zum Studiengang	Modulniveau (Ba/Ma)
Physik	Ma

Vorgesehenes Studiensemester	Dauer des Moduls	Modultyp (P/WP/W)	Credits
	5 - 6 Wochen	WP	6

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung	Empfohlene Voraussetzungen
Keine	Vorkurs Mathematik / Physik

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Veranstaltungsname	Belegungstyp	SWS	Aufwand	Credits
I	Industrieprojekt	WP		190 h	6
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>				190 h	6

<b>Lernergebnisse / Kompetenzen</b>
Das Industrieprojekt soll den Studierenden Einblicke in die angestrebten industriellen Tätigkeitsfelder vermitteln. Ein besseres Verständnis des Vorlesungs- und Übungsstoffes, in dem das erlernte Wissen durch praktische Erlebnisse und Erfahrungen angereichert aber auch relativiert wird. Zusammenhang zwischen akademischen Lehrinhalten und betriebliche Realität.
davon Schlüsselqualifikationen

<b>Prüfungsleistungen im Modul</b>
Schriftliches Protokoll der geleisteten Arbeit im Umfang von mindestens 10 und maximal 20 Seiten. Vortrag von 20 Minuten über die Inhalte und Resultate des Projektes im Arbeitsgruppenseminar des Betreuers. (unbenotet)
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote

## Modulhandbuch MA Physik

Modulname		Modulcode	
Industrieprojekt		PHYSIK-M2-IP	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
<b>Industrieprojekt</b>		PHYSIK-M2-IP	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozenten der Physik		Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
		Deutsch	

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
			190 h	6 Cr

Lehrform
Praktikum in Unternehmen außerhalb der Universität
Lernergebnisse / Kompetenzen
Einblicke in die betriebliche Praxis und charakteristische Arbeitsvorgänge und deren Zusammenwirken im Funktionsablauf moderner Unternehmen. Ein besseres Verständnis des Zusammenhangs zwischen akademischen Lehrinhalten und betrieblicher Realität, indem das erlernte Wissen durch praktische Erlebnisse und Erfahrungen angereichert, aber auch relativiert wird,
Inhalte
Die Studierenden arbeiten in einem Industrieunternehmen dort mit, wo Physiker und andere Naturwissenschaftler oder Mitarbeiter mit entsprechender Qualifikation tätig sind. Es kann sich um eine experimentelle oder um eine theoretische (z.B. computational physics) Projektarbeit handeln. Sie bearbeiten Aufgabenstellungen der verschiedenen Tätigkeitsfelder von Physikerinnen und Physikern exemplarisch auf der Grundlage ihres bisherigen Wissensstandes unter wissenschaftlicher Anleitung und Betreuung eines Dozenten der Fakultät für Physik. Dabei werden sie mit Methoden zur Problemdefinition und Lösungsstrategien, mit Teamarbeit und Zeitmanagement vertraut gemacht.
Prüfungsleistung
Schriftliches Protokoll der geleisteten Arbeit im Umfang von mindestens 2 und maximal 10 Seiten. Vortrag von 20 Minuten über die Inhalte und Resultate des Projektes im Arbeitsgruppenseminar des Betreuers. (unbenotet)
Literatur
Wird vom Betreuer des Projektes bekanntgegeben.

### Weitere Informationen zur Veranstaltung

Studierende sollten sich aktiv bei Dozenten für ein Industrieprojekt mindesten 4 Monate vor angestrebtem Beginn bewerben. Rücksprachen mit dem Betreuer im Umfang von mindestens zweimal pro Woche über den Fortgang des Projektes sind empfohlen. Das Projekt kann auch in der vorlesungsfreien Zeit in Absprache mit dem Betreuer durchgeführt werden und als Einstieg in die Forschungsphase dienen.

# Forschungsphase

## Modulhandbuch MA Physik

Modulname	Modulcode
<b>Forschungsphase 1</b>	PHYSIK-M3-FO1
Modulverantwortliche/r	Fachbereich
Studiendekan der Fakultät für Physik	Physik

Zuordnung zum Studiengang	Modulniveau (Ba/Ma)
Physik	Ma

Vorgesehenes Studiensemester	Dauer des Moduls	Modultyp (P/WP/W)	Credits
3	3 Monate	P	15

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung	Empfohlene Voraussetzungen
Mindestens 51 ECTS-Credits im Master-Programm Physik (§20 Abs. 3 PO)	Englischkenntnisse

### Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Veranstaltungsname	Belegungstyp	SWS	Aufwand	Credits
I	Einarbeitung in eine Fragestellung der wissenschaftlichen Forschung	P	-	450 h	15
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>			-	450 h	15

Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden erwerben die Fähigkeit, sich in ein beliebiges physikalisches Spezialgebiet einzuarbeiten, die aktuelle internationale Fachliteratur hierzu zu recherchieren und zu verstehen. Sie kennen die für das Thema der Master-Arbeit relevanten Grundlagen und erwerben die erforderlichen vertieften Spezialkenntnisse.
davon Schlüsselqualifikationen
Selbstlernstrategien, Projektmanagement

Prüfungsleistungen im Modul
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote

# Modulhandbuch MA Physik

Modulname		Modulcode	
Forschungsphase 1		PHYSIK-M3-FO1	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
<b>Einarbeitung in eine Fragestellung der wissenschaftlichen Forschung</b>		PHYSIK-M3-FO1	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozenten der Physik		Physik	P

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
3	SS (und WS)	Deutsch oder Englisch	

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
			450 h	15 Cr

<b>Lehrform</b>
Selbststudium
<b>Lernergebnisse / Kompetenzen</b>
Die Studierenden kennen die für das Thema der Master-Arbeit relevanten Grundlagen und erwerben die erforderlichen vertieften Spezialkenntnisse. Die Studierenden demonstrieren, dass sie die wissenschaftliche Fragestellung, die in der Master-Arbeit bearbeitet werden soll, durchdrungen haben.
<b>Inhalte</b>
Unter Anleitung des Betreuers wird das wissenschaftliche Gebiet der geplanten Master-Arbeit erkundet, indem die aktuelle Literatur dazu recherchiert und gelesen wird. Die Teilnahme an speziellen Veranstaltungen kann erforderlich sein.
<b>Prüfungsleistung</b>
Studienleistung (unbenotet): Aktive Teilnahme.
<b>Literatur</b>
Einführende Literatur wird vom Betreuer angegeben, weitere Fachliteratur muss selbstständig recherchiert und erarbeitet werden.
<b>Weitere Informationen zur Veranstaltung</b>
Die Forschungsphase wird von einer Hochschullehrerin oder einem Hochschullehrer oder einer Privatdozentin oder einem Privatdozenten betreut (§ 20 Abs. 5 PO), die oder der das Thema der Master-Arbeit vergibt und dem Prüfungsausschuss das erfolgreiche Absolvieren der Forschungsphase 1 bestätigt

## Modulhandbuch MA Physik

Modulname	Modulcode
<b>Forschungsphase 2</b>	PHYSIK-M3-FO2
Modulverantwortliche/r	Fachbereich
Studiendekan der Fakultät für Physik	Physik

Zuordnung zum Studiengang	Modulniveau (Ba/Ma)
Physik	Ma

Vorgesehenes Studiensemester	Dauer des Moduls	Modultyp (P/WP/W)	Credits
3	3 Monate	P	15

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung	Empfohlene Voraussetzungen
Mindestens 51 ECTS-Credits im Master-Programm Physik (§ 20 Abs. 3 PO), PHYSIK-M3-FO1	Englischkenntnisse

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Veranstaltungsname	Belegungstyp	SWS	Aufwand	Credits
I	Erwerb der Fertigkeiten zur Bearbeitung einer wissenschaftlichen Fragestellung	P	-	450 h	15
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>			-	450 h	15

Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden erwerben die Fähigkeit, Experimente und/oder theoretische Methoden auf dem Gebiet der geplanten Master-Arbeit zu konzipieren und durchzuführen bzw. anzuwenden. Sie können die für das Thema der Master-Arbeit relevanten Grundlagen und speziellen Kenntnisse selbsttätig anwenden und umsetzen.
davon Schlüsselqualifikationen
Projektmanagement

Prüfungsleistungen im Modul
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote



## Modulhandbuch MA Physik

Modulname		Modulcode	
Forschungsphase 2		PHYSIK-M3-FO2	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
<b>Erwerb der Fertigkeiten zur Bearbeitung einer wissenschaftlichen Fragestellung</b>		PHYSIK-M3-FO2	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozenten der Physik		Physik	P

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
3	WS	Deutsch oder Englisch	

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
			450 h	15 Cr

Lehrform
Selbststudium
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden können die für das Thema der Master-Arbeit relevanten Grundlagen und speziellen Kenntnisse selbsttätig anwenden und umsetzen.
Inhalte
Unter Anleitung des Betreuers werden die notwendigen Fertigkeiten erworben, die zur Durchführung der geplanten Master-Arbeit erforderlich sind, sowie die Projektplanung für die Durchführung der Master-Arbeit erstellt.
Prüfungsleistung
Aktive Teilnahme, Präsentation des Projektplanes.
Literatur
Weitere Informationen zur Veranstaltung
Die Forschungsphase wird von einer Hochschullehrerin oder einem Hochschullehrer oder einer Privatdozentin oder einem Privatdozenten betreut (§ 20 Abs. 5 PO), die oder der das Thema der Master-Arbeit vergibt und dem Prüfungsausschuss die erfolgreiche Bearbeitung der Forschungsphase 2 bestätigt.

## Modulhandbuch MA Physik

Modulname	Modulcode
<b>Forschungsphase 3: Master-Arbeit</b>	PHYSIK-M4-MA
Modulverantwortliche/r	Fachbereich
Studiendekan der Fakultät für Physik	Physik

Zuordnung zum Studiengang	Modulniveau (Ba/Ma)
Physik	Ma

Vorgesehenes Studiensemester	Dauer des Moduls	Modultyp (P/WP/W)	Credits
4	6 Monate	P	30

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung	Empfohlene Voraussetzungen
PHYSIK-M3-FO1, PHYSIK-M3-FO2	Englischkenntnisse

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Veranstaltungsname	Belegungstyp	SWS	Aufwand	Credits
I	Master-Arbeit	P		900	30
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>			-	900	30

Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden besitzen die Fähigkeit, Experimente und/oder theoretische Methoden auf dem Gebiet der Master-Arbeit anzuwenden, die Ergebnisse im Lichte der verschiedenen physikalischen Phänomene einzuordnen und Schlussfolgerungen für technische Entwicklungen und den Fortschritt der Wissenschaft daraus zu ziehen. Sie sind in der Lage, komplexe physikalische Sachverhalte und eigene Forschungsergebnisse im Kontext der aktuellen internationalen Forschung - unter Beachtung der Regeln guter wissenschaftlicher Praxis - umfassend zu diskutieren und in schriftlicher Form darzustellen. Sie sind damit in der Lage, auch fernab des im Masterstudium vertieften Spezialgebietes beruflich tätig zu werden und dabei ihr physikalisches Grundwissen zusammen mit den erlernten wissenschaftlichen Methoden und Problemlösungsstrategien einzusetzen
davon Schlüsselqualifikationen
Die Studierenden erwerben das notwendige Durchhaltevermögen, um Forschungs- und Entwicklungsprojekte zu managen, mit Fehlschlägen, unerwarteten Schwierigkeiten und Verzögerungen umzugehen und ggf. mit modifizierter Strategie dennoch zum Ziel zu gelangen. Sie sind sich ihrer Verantwortung gegenüber der Wissenschaft und möglicher Folgen ihrer Tätigkeit für Umwelt und Gesellschaft bewusst.

Prüfungsleistungen im Modul
Master-Arbeit (benotet)
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote
Die Modulnote geht mit dem Gewicht <b>60 Cr</b> in die Gesamtnote ein

## Modulhandbuch MA Physik

Modulname		Modulcode	
Forschungsphase 3: Master-Arbeit		PHYSIK-M4-MA	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
<b>Master-Arbeit</b>		PHYSIK-M4-MA	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozenten der Physik		Physik	P

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
4	SS	Deutsch oder Englisch	

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
			900 h	30 Cr

Lehrform
Die Master-Abschlussarbeit ist eine Prüfungsarbeit, bei der die Studierenden innerhalb einer vorgegebenen Frist von 6 Monaten ein Problem selbstständig nach wissenschaftlichen Methoden bearbeiten. Die verfasste Arbeit (deutsch oder englisch) soll zeigen, dass die oder der Studierende in der Lage ist, Zusammenhänge und Ergebnisse verständlich, folgerichtig und kompetent darzustellen.
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden sind in der Lage, eine physikalische Problemstellung nach wissenschaftlichen Methoden zu bearbeiten. Sie haben dabei Erfahrungen mit überfachlichen Qualifikationen wie Kooperationsbereitschaft, Teamfähigkeit, Kommunikationsfähigkeit und Regeln guter wissenschaftlicher Praxis erworben und sind fähig, ein längerfristiges Projekt zu managen und dessen Ergebnisse in schriftlicher Form zusammenzufassen. Sie können die wesentlichen Erkenntnisse in geeigneter Form präsentieren und in einer wissenschaftlichen Diskussion verteidigen.
Inhalte
Je nach Ausrichtung der Arbeit.
Prüfungsleistung
Verfassen der Master-Abschlussarbeit, die von zwei Prüferinnen oder Prüfern bewertet wird (§ 20 Abs.13 PO).
Literatur
Weitere Informationen zur Veranstaltung
Die Master-Arbeit wird von einer Hochschullehrerin oder einem Hochschullehrer oder einem Privatdozenten oder einer Privatdozentin betreut (§ 20 Abs.5 PO).

## Legende

### Modulcode

Studiengang-AbschlusstypSemester-Modulabkürz.

### Veranstaltungscodes

Studiengang-AbschlusstypSemester-Modulabkürz.-Veranstaltungsabkürz.

### Modulniveau (Ba/Ma)

Ba Bachelor  
Ma Master

### Modultyp

#### Belegungstyp

P Pflicht  
WP Wahlpflicht  
W Wahl

### Angebotshäufigkeit

WS Wintersemester  
SS Sommersemester

### SWS

Semesterwochenstunden

### Aufwand

h Stunden  
Cr Credits (ECTS<sup>1</sup>)-Credits (§ 11 PO<sup>2</sup>))

### Lehrform

V Vorlesung  
Üb Übung  
T Tutorium  
Pr Praktikum  
Pj Projekt  
Se Seminar  
K Kolloquium  
Ex Exkursion

### Präsenzstudium

Bei der Berechnung der Präsenzzeit wird eine SWS mit 45 Minuten als eine Zeitstunde mit 60 Minuten gewertet. Dies stellt sicher, dass ein Raumwechsel und evt. Fragen an Lehrende Berücksichtigung finden.

<sup>1</sup>) European Credit Transfer and Accumulation System

<sup>2</sup>) Prüfungsordnung Master-Studiengang Physik

**Studienplan: Module und Veranstaltungen**

Modulname	Cr	Semester	Lehrveranstaltungen (LV)	Cr	P / WP	Lehrform	SWS	Prüfung		
<b>Experimentalphysik</b>	<b>12</b>	1 / 2	Festkörperphysik 2	3	x	V	2	mündliche Prüfung		
			Übung		x	Üb	1			
			Atom- und Molekülphysik	6	x	V	4			
			Repetitorium Experimentelle Physik			T	2			
<b>Praktikum für Fortgeschrittene</b>	<b>≥ 9</b>	1/2	Fortgeschrittenenpraktikum	≥6	x	Pr	8	keine		
			Seminar zum Fortgeschrittenenpraktikum	3	x	S	2			
<b>Theoretische Physik</b>	<b>12</b>	1 / 2	Höhere Quantenmechanik	12	x	V	4	mündliche Prüfung		
			Übung		x	Üb	2			
			Repetitorium Theoretische Physik			T	2			
<b>Hauptseminar</b>	<b>3</b>	1/2	Wissenschaftliche Präsentation	3	x	Se	2			
<b>Vertiefung Experimentalphysik</b>	<b>6</b>	1 / 2	<b>Forschungsgebiet Oberflächenphysik</b>		2 / 26			mündliche Prüfung		
			Grundlagen der Oberflächenphysik	2		V	2			
			Experimentelle Methoden der Oberflächenphysik I: Struktur	2		V	2			
			Experimentelle Methoden der Oberflächenphysik II: Elektronische Eigenschaften	2		V	2			
			Vakuumtechnik und Dünnschichttechnologie	2		V	2			
			Aktuelle Probleme der Oberflächenphysik	2		V	2			
			<b>Forschungsgebiet Magnetismus</b>							
			Grundlagen des Magnetismus	2		V	2			
			Magnetische Nanostrukturen	2		V	2			
			Magnetooptik	2		V	2			
			Experimentelle Methoden der Nanostrukturphysik	2		V	2			
			Spintronik	2		V	2			
			Aktuelle Probleme des Magnetismus	2		V	2			
			<b>Forschungsgebiet Halbleiterphysik/Angewandte Festkörperphysik</b>							
			Grundlagen der Halbleiterphysik	2		V	2			
			Halbleiteroptik und -quantenstrukturen	2		V	2			
			Moderne Halbleiterbauelemente	2		V	2			
			Experimentelle Methoden der Nanostrukturphysik	2		V	2			
			Photonik	2		V	2			
			Aktuelle Probleme der Halbleiterphysik / Angewandten Festkörperphysik	2		V	2			
			<b>Forschungsgebiet Astrophysik</b>							
			Grundlagen der Astrophysik	2		V	2			
			Planetenentstehung	2		V	2			
			Aktuelle Probleme der Astrophysik	2		V	2			
			<b>Forschungsgebiet Optik</b>							
			Grundlagen der Optik	2		V	2			
			Laserphysik	2		V	2			

		2	Halbleiteroptik und -quantenstrukturen	2		V	2			
			Nichtlineare Optik	2		V	2			
			Ultrakurzzeitoptik	2		V	2			
			Aktuelle Probleme der Optik	2		V	2			
		Projekt								
		1/2	Projekt	2	x	Pr	2			
Vertiefung Theoretische Physik	6	<b>Forschungsgebiet Feldtheorien</b>							2 / 26	mündliche Prüfung
		1 / 2	Allgemeine Relativitätstheorie	2		V	2			
			Hydrodynamik 1	2		V	2			
			Hydrodynamik 2	2		V	2			
			Quantenfeldtheorie 1	2		V	2			
			Quantenfeldtheorie 2	2		V	2			
		<b>Forschungsgebiet Komplexe Systeme</b>								
		1 / 2	Biophysik	2		V	2			
			Nichtlineare Dynamik	2		V	2			
			Skaleninvariante Phänomene	2		V	2			
			Quantenchaos	2		V	2			
		<b>Forschungsgebiet Kondensierte Materie</b>								
		1 / 2	Theoretische Oberflächenphysik: Elektronenstrukturtheorie	2		V	2			
			Theoretische Oberflächenphysik: Nichtgleichgewicht	2		V	2			
			Theorie der Phasenübergänge	2		V	2			
			Theoretische Spintronik	2		V	2			
			Supraleitung und Magnetismus	2		V	2			
			Vielteilchenphysik 1	2		V	2			
			Vielteilchenphysik 2	2		V	2			
		<b>Forschungsgebiet Quantenphysik</b>								
		1 / 2	Gruppentheorie	2		V	2			
			Grundfragen der Quantentheorie	2		V	2			
			Offene Quantensysteme	2		V	2			
			Quanteninformationstheorie	2		V	2			
			Quantenoptik	2		V	2			
			Quantentheorie des Messprozesses	2		V	2			
		<b>Forschungsgebiet Rechnergestützte Physik</b>								
		1 / 2	Granulare Materie	2		V	2			
			Verkehrsphysik	2		V	2			
			Irreversible Prozesse 1	2		V	2			
Irreversible Prozesse 2	2			V	2					
Wirtschaftsphysik 1	2			V	2					
Wirtschaftsphysik 2	2		V	2						
<b>Projekt</b>										
		1/2	Projekt	2	x	Pr	2			
Thermoelektrik	6-12	1/2	Thermoelektrik	3		V	2			
Theoretische Chemie			Praktikum zur Thermoelektrik	3		P	2			
Nanosysteme und Analytik			Theoretische Chemie	6		V+Ü	3			
			Mikro- und Nanosystemtechnik	2		V+Ü	3			
Elektronik 2			Moderne Methoden der Bauelement- und Schaltungsanalytik	4		V+Ü	3			
			Optoelektronik	3		V+Ü	3			
Bauelemente und ihre Aufbau-/Verbindungstechnik			Optoelektronik Praktikum	3		Pr	3			
			Aufbau- und Verbindungstechnik	4		V+Ü	3			
			Optoelektronische Bauelemente	2		V+Ü	3			
VWL Mikroökonomik					Mikroökonomik 3	6		V+Ü	4	
VWL Makroökonomik					Makroökonomik 3	6		V+Ü	4	

# Modulhandbuch MA Physik

<b>Industrieprojekt</b>			Industrieprojekt	6		Pr		
<b>Forschungsphase 1</b>	<b>15</b>	<b>3</b>	Einarbeitung in ein aktuelles Forschungsthema	15				
<b>Forschungsphase 2</b>	<b>15</b>	<b>3</b>	Erwerb der notwendigen Fertigkeiten	15				
<b>Forschungsphase 3</b>	<b>30</b>	<b>4</b>	Master-Arbeit	15				
<b>Summe Credits</b>	<b>120</b>							

<b>Cr</b>	Credits
<b>P</b>	Pflichtkurse: x
<b>WP</b>	Wahlpflichtkurse: Summe der zu wählenden Credits
V	Vorlesung
Üb	Übung
Pr	Praktikum
Pj	Projekt
Se	Seminar
K	Kolloquium
T	Tutorium
Ex	Exkursion
<b>SWS</b>	Semesterwochenstunden