

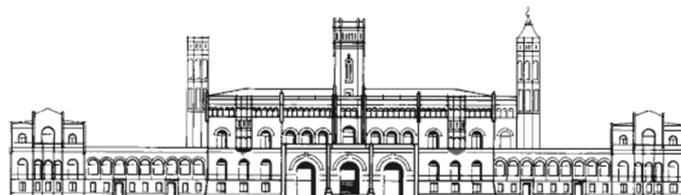
Bachelorstudiengang Physik  
Bachelorstudiengang Meteorologie

Masterstudiengang Physik  
Masterstudiengang Meteorologie

# Modulkatalog

Stand 18.03.2020

Fakultät für Mathematik und Physik  
der Leibniz Universität Hannover



**Kontakt** Studiendekanat der Fakultät für Mathematik und Physik  
Appelstr. 11 A  
30167 Hannover  
Tel.: 0511/ 762-4466  
studiensekretariat@maphy.uni-hannover.de

**Studiendekan** Prof. Dr. Christoph Walker  
Welfengarten 1  
30167 Hannover  
studiendekan@maphy.uni-hannover.de

**Studiengangskoordination** Axel Köhler  
Dr. Katrin Radatz  
Appelstr. 11 A  
30167 Hannover  
Tel.: 0511/ 762-5450  
sgk@maphy.uni-hannover.de

## Vorbemerkung

Der Modulkatalog Physik und Meteorologie besteht aus zwei Teilen, den Modulbeschreibungen und dem Anhang mit den Vorlesungsbeschreibungen (Lehrveranstaltungskatalog). Da in den Wahlmodulen verschiedene Vorlesungen gewählt werden können, werden diese im Anhang ausführlicher beschrieben. So sind in solchen Fällen die Angaben zu den Inhalten und der Häufigkeit des Angebots bei den Vorlesungen und nicht bei den Modulen zu finden.

Bitte beachten Sie, dass es sich hier um eine Zusammenstellung der Vorlesungen handelt, die regelmäßig angeboten werden. Insbesondere können weitere Vorlesungen im Vorlesungsverzeichnis den Wahlmodulen zugeordnet werden.

Der Modulkatalog sollte auch als Ergänzung zur Prüfungsordnung verstanden werden. Die aktuelle Version unserer Prüfungsordnung finden Sie jeweils unter:

Physik:

<https://www.maphy.uni-hannover.de/de/studium/studierende/physik/>

Meteorologie:

<https://www.maphy.uni-hannover.de/de/studium/studierende/meteorologie/>

**Inhalt**

<b>Studienverlaufspläne</b> .....	<b>7</b>
Studienverlaufsplan BA Meteorologie .....	7
Studienverlaufsplan BA Physik.....	9
<b>Bachelor Physik – Kernmodule</b> .....	<b>11</b>
Analysis I + II.....	11
Lineare Algebra I.....	12
Mathematik für Physiker.....	13
Mechanik und Wärme.....	14
Elektrizität und Relativität.....	15
Optik, Atome, Moleküle, Quantenphänomene.....	17
Kerne, Teilchen, Festkörper.....	19
Modulübergreifende Prüfung Experimentalphysik.....	21
Mathematische Methoden der Physik.....	22
Theoretische Elektrodynamik.....	23
Analytische Mechanik und Spezielle Relativitätstheorie.....	24
Modulübergreifende Prüfung Theoretische Physik I.....	25
Einführung in die Quantentheorie .....	26
Statistische Physik.....	27
Modulübergreifende Prüfung Theoretische Physik II.....	28
Physik präsentieren .....	29
<b>Bachelor Physik – Vertiefungsbereich</b> .....	<b>30</b>
Einführung in die Festkörperphysik.....	30
Atom- und Molekülphysik.....	31
Kohärente Optik.....	32
Modulübergreifende Prüfung Vertiefungsbereich.....	33
<b>Bachelor Physik -- Wahlbereich</b> .....	<b>34</b>
Moderne Aspekte der Physik .....	34
Schlüsselkompetenzen .....	35
<b>Bachelor Meteorologie – Kernmodule</b> .....	<b>36</b>
Lineare Algebra A.....	36
Lineare Algebra B.....	37
Analysis A.....	38
Analysis B.....	39
Theoretische Physik A.....	40
Theoretische Physik B.....	41
Angewandte Mathematik.....	42
Programmieren .....	43
Einführung in die Meteorologie .....	44
Strahlung.....	45
Wolkenphysik.....	46
Instrumentenpraktikum .....	47
Klimatologie .....	48
Theoretische Meteorologie .....	49
Synoptische Meteorologie .....	50
Studium und Beruf.....	51
Meteorologische Exkursion I.....	52

<b>Bachelor Meteorologie – Wahlbereich</b> .....	<b>53</b>
Turbulenz II .....	53
Atmosphärische Konvektion .....	54
Simulation turbulenter Strömungen mit LES-Modellen .....	55
Agrarmeteorologie .....	56
Lokalklimate .....	57
Numerische Wettervorhersage .....	58
Fernerkundung I .....	59
Fernerkundung II .....	60
Schadstoffausbreitung .....	61
Programmierpraktikum zur Numerischen Wettervorhersage .....	62
Numerisches Praktikum zur Simulation turbulenter Strömungen mit LES-Modellen .....	63
Programmierpraktikum zur Simulation der atmosphärischen Grenzschicht .....	64
<b>Bachelor Meteorologie – Naturwissenschaftlich-technischer Wahlbereich</b> .....	<b>65</b>
Naturwissenschaftlich-technischer Wahlbereich .....	65
<b>Bachelor Meteorologie – Schlüsselkompetenzen</b> .....	<b>66</b>
Schlüsselkompetenzen .....	66
<b>Master Physik – Fortgeschrittene Vertiefungsphase</b> .....	<b>67</b>
Fortgeschrittene Gravitationsphysik .....	68
Quantenoptik .....	69
Quantenfeldtheorie .....	70
Elektronik und Messtechnik .....	71
<b>Master Physik – Schwerpunktsphase</b> .....	<b>72</b>
Ausgewählte Themen moderner Physik A .....	72
Ausgewählte Themen moderner Physik B .....	73
Seminar .....	74
Schlüsselkompetenzen .....	75
Industriepraktikum .....	76
<b>Master Meteorologie – Fortgeschrittene Meteorologie</b> .....	<b>77</b>
Seminare zur Fortgeschrittene Meteorologie .....	77
Fortgeschrittenenpraktikum .....	78
Schlüsselkompetenzen .....	79
<b>Master Meteorologie – Wahlbereich</b> .....	<b>80</b>
Ausgewählte Themen moderner Meteorologie A .....	80
Ausgewählte Themen moderner Meteorologie B .....	81
Ausgewählte Themen moderner Meteorologie C .....	82
<b>Abschlussarbeiten und Forschungsphase</b> .....	<b>83</b>
Bachelorprojekt .....	83
Forschungspraktikum /Projektplanung .....	84
Masterarbeit .....	85
<b>Lehrveranstaltungskatalog</b> .....	<b>86</b>
Tabelle Zuordnung der Lehrveranstaltungen .....	88
Fortgeschrittene Quantentheorie .....	93
Seminar zu Fortgeschrittene Quantentheorie .....	94
Theoretische Quantenoptik und Quantendynamik .....	95
Computerphysik .....	96
Theoretische Festkörperphysik .....	97
Statistische Feldtheorie .....	98
Seminar zur Theorie der kondensierten Materie .....	99

---

---

Fortgeschrittene Computerphysik.....	100
Aktuelle Probleme der Theorie der kondensierten Materie.....	101
Theorie der fundamentalen Wechselwirkungen.....	102
Seminar zu Theorie der fundamentalen Wechselwirkungen.....	103
Ergänzungen zur klassischen Physik.....	104
Einführung in die Teilchenphysik.....	105
Festkörperphysik in niedrigen Dimensionen.....	106
Oberflächenphysik.....	107
Vom Atom zum Festkörper.....	108
Seminar zu Vom Atom zum Festkörper.....	109
Grundlagen der Halbleiterphysik.....	110
Halbleitermesstechnik in der Photovoltaik.....	111
Rastersondentechnik.....	112
Molekulare Elektronik.....	113
Methoden der Oberflächenanalytik.....	114
Laborpraktikum Methoden der Oberflächenanalytik.....	115
Physik der Nanostrukturen.....	116
Optische Spektroskopie von Festkörpern.....	117
Quantenstrukturbauelemente.....	118
Physik der Solarzelle.....	119
Seminar „Aktuelle Forschungsfragen der Photovoltaik“.....	120
Einführung in die elektronische Messdatenerfassung und -verarbeitung mit LabView.....	121
Laborpraktikum Festkörperphysik.....	122
Thermodynamik, Kinetik und Struktur von Defekten in Halbleitern.....	123
Physik in Nanostrukturen.....	124
Nichtlineare Optik.....	125
Photonik.....	126
Seminar zu Photonik.....	127
Atomoptik.....	128
Laborpraktikum Optik.....	129
Festkörperlaser.....	130
Optische Schichten.....	131
Grundlagen der Lasermedizin und Biomedizinischen Optik.....	132
Physics of Life.....	133
Bionische Oberflächen durch Laserstrahlung.....	134
Data Analysis.....	135
Laborpraktikum Data Analysis.....	136
Neutron Stars and Black Holes.....	137
Seminar Gravitationswellen.....	138
Seminar Gravitationsphysik.....	139
Laserinterferometrie.....	140
Laborpraktikum Laserinterferometrie.....	141
Laserstabilisierung und Kontrolle optischer Experimente.....	142
Nichtklassisches Licht.....	143
Nichtklassische Laserinterferometrie.....	144
Elektronische Metrologie im Optiklabor.....	145
Kernenergie und Brennstoffkreislauf, technische Aspekte und gesellschaftlicher Diskurs.....	146
Radioaktivität in der Umwelt und Strahlengefährdung des Menschen.....	147
Strahlenschutz und Radioökologie.....	148

---

Kernphysikalische Anwendungen in der Umweltphysik.....	149
Chemie und physikalische Analyse von Radionukliden.....	150
Einführung in die Massenspektrometrie.....	152
Seminar/Praktikum Strahlenschutz und Radioökologie.....	153
Fachkunde im Strahlenschutz.....	154
Numerische Wettervorhersage.....	155
Programmierpraktikum zur Numerischen Wettervorhersage.....	156
Schadstoffausbreitung in der Atmosphäre.....	157
Turbulenz II.....	158
Atmosphärische Konvektion.....	159
Programmierpraktikum zur Simulation der atmosphärischen Grenzschicht.....	160
Simulation turbulenter Strömungen mit LES-Modellen.....	161
Numerisches Praktikum zur Simulation turbulenter Strömungen mit LES-Modellen.....	162
Agrarmeteorologie.....	163
Lokalklimate.....	164
Fernerkundung I.....	165
Fernerkundung II.....	166
Seminar zur fortgeschrittenen Meteorologie.....	167
Meteorologische Exkursion II.....	168
Seminar Strahlung und Fernerkundung.....	169
Wofür braucht man Mathematik und Physik (im Meteorologie Studium)? WOMA.....	170
Externes Praktikum Inland.....	171
Externes Praktikum Ausland.....	172

Studienverlaufspläne

*Studienverlaufsplän BA Meteorologie*

	1. Semester	2. Semester	3. Semester	4. Semester	5. Semester	6. Semester	LP
Mathematik	Lineare Algebra A 4 LP, SL, PL	Lineare Algebra B 4 LP, SL, PL	Numerik A 4 LP, SL, PL	Programmieren 4 LP, SL			30
	Analysis A 5 LP, SL, PL	Analysis B 5 LP, SL, PL	Stochastik A 4 LP, SL, PL				
Experimental Physik	Mechanik und Wärme 6 LP, SL	Elektrizität und Relativität 12 LP, SL	Optik, Atome, Moleküle, Quantenphänomene 10 LP, SL				28
	PL						
Theoretische Physik	Mathematische Methoden der Physik oder Theoretische Physik A 7 LP, SL, PL	Theoretische Elektrodynamik 7 LP, SL oder Theoretische Physik B 7 LP, SL, PL					14
Allgemeine und Angewandte Meteorologie	Einführung in die Meteorologie I 4 LP, SL, PL	Einführung in die Meteorologie II 4 LP, SL, PL	Strahlung I 4 LP	Strahlung II 4 LP	Instrumentenpraktikum 6 LP, SL		38
			SL, PL	Wolkenphysik 4 LP, SL, PL			
			Synoptische Meteorologie 8 LP, SL				
Theoretische Meteorologie			Thermodynamik und Statik 4 LP, SL, PL	Turbulenz und Diffusion 4 LP, SL, PL			12
			Kinematik und Dynamik 4 LP, SL, PL				

Studium und Beruf	Einführung in das Studium der Meteorologie						5
	Berufskundliches Praktikum SL						
Vertiefungsstudium				Meteorologische Exkursion I 2 LP, SL			34
				Wahlmodul Meteorologie Auswahl aus entsprechend zugeordneten Lehrveranstaltungen im Umfang von mind. 20 LP 20 LP, (SL), PL			
				Naturwissenschaftlich – technischer Wahlbereich mind. 12 LP aus Lehrveranstaltungen der in der Prüfungsordnung genannten Fakultäten 12 LP, (SL)			
Schlüsselkompetenzen	Eine Lehrveranstaltung aus dem Angebot des Fachsprachenzentrums oder Zentrum für Schlüsselkompetenzen oder entsprechend ausgewiesene Angebote der Fakultät. 2 LP			Wissenschaftliches Schreiben 2 LP			4
Präsentation und Projektarbeit						Bachelor projekt	15
LP/Prüfungsergebnisse	28/4	32/4	30/5	Je nach individueller Planung.			180

## Studienverlaufsplan BA Physik

	1. Semester	2. Semester	3. Semester	4. Semester	5. Semester	6. Semester	LP
Mathematik	Analysis I 10 LP, SL, PL	Analysis II 10 LP, SL, PL	Mathematik für Physiker I 4 LP, SL	Mathemat ik für Physiker II 4 LP, SL			38
	Es muss nur eine Klausur bestanden werden		PL				
	Lineare Algebra I 10 LP, SL, PL						
Experimental Physik	Mechanik und Wärme 6 LP, SL	Elektrizität und Relativität 12 LP, SL	Optik, Atome, Moleküle, Quantenphä nomene 10 LP, SL	Kerne, Teilchen, Festkörper 10 LP, SL			38
	PL						
Theoretische Physik	Mathemat ische Methoden der Physik 7 LP, SL,	Theoretisch e Elektrodyna mik 7 LP, SL	Analytische Mechanik und Spezielle Relativitätst heorie 8 LP, SL	Einführun g in die Quanten theorie 8 LP, SL	Statistisch e Physik 8 LP, SL		38
	PL	PL		PL			
Vertiefungs studium					2 von 3 Vertiefungsmodulen je 8 LP - Festkörperphysik - Atom- und Molekül- physik - Kohärente Optik		16
Physikalis che Wahlberei ch					Mind. 12 LP aus dem Lehrangebot der Physik		12
Schlüssel kompeten zen		Seminar oder Vorlesung 4 LP					4
Wahlpfl ichtfach	Betriebswirtschaftslehre, Chemie, Elektrotechnik, Geodäsie und Geoinformatik, Informatik, Maschinenbau, Mathematik, Meteorologie, Philosophie und Volkswirtschaftslehre.						16

Präsentation und Projektarbeit				Physikpräsentieren Seminar 3 LP, SL		Bachelorarbeit 15 LP, SL	18
Leistungs- punkte/Prüf- leistungen	33/2	29/1	Je nach individueller Planung unterschiedlich.				180

## Bachelor Physik – Kernmodule

Analysis I + II		0211	
Semesterlage	Wintersemester und Sommersemester		
Modulverantwortliche(r)	Elmar Schrohe, Institut für Analysis		
Lehrveranstaltungen (SWS)	Vorlesung Analysis I Übung zu Analysis I Vorlesung Analysis II Übung zu Analysis II		
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP	<b>Studienleistung:</b> jeweils die Übung zu Analysis I und zu Analysis II <b>Prüfungsleistung:</b> eine der Klausuren zu Analysis I oder zu Analysis II		
Notenzusammensetzung	geht nicht in die Bachelornote ein		
Leistungspunkte (ECTS):	20	Präsenzstudium (h):	180
		Selbststudium (h):	420
<b>Kompetenzziele:</b> Kompetenz im Umgang mit mathematischer Sprache. Grundlegendes Verständnis für die korrekte Lösung mathematisch-naturwissenschaftlicher Aufgaben in höherdimensionalen Räumen mit Hilfe von Konvergenzbetrachtungen, Differentiation und Integration. Sichere Beherrschung der entsprechenden Methoden und der mathematischen Beweistechniken. Aufgrund der Übung sind die Studierenden vertraut mit mathematisch exakten Formulierungen und Schlussweisen in einfachen Kontexten und fähig diese vorzutragen.			
<b>Inhalte:</b> <b>Analysis I:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zahlbereiche, systematische Einführung reeller und komplexer Zahlen;</li> <li>• Folgen und Reihen;</li> <li>• Konvergenz und Stetigkeit;</li> <li>• Differentialrechnung für Funktionen in einer Variablen;</li> <li>• Integralrechnung für Funktionen in einer Variablen.</li> <li>• Funktionenfolgen, Potenzreihen</li> </ul>		<b>Analysis II:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Topologische Grundbegriffe wie metrische und normierte Räume, Konvergenz, Stetigkeit, Vollständigkeit, Kompaktheit;</li> <li>• Differentiation von Funktionen in mehreren Variablen, totale und partielle Differenzierbarkeit, Satz über Umkehrfunktionen und implizite Funktionen, lokale Extrema mit und ohne Nebenbedingungen; Vektorfelder und Potentiale; Kurvenintegrale</li> <li>• gewöhnliche Differentialgleichungen, Existenz, Eindeutigkeit, elementare Lösungsmethoden.</li> </ul>	
<b>Grundlegende Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>📖 H. Amann &amp; J. Escher: <i>Analysis I</i>, Birkhäuser Verlag, 2002</li> <li>📖 O. Forster: <i>Analysis 1</i>, Vieweg+Teubner 2008</li> <li>📖 H. Amann &amp; J. Escher: <i>Analysis II</i>, Birkhäuser Verlag, 1999</li> <li>📖 O. Forster: <i>Analysis 2</i>, Vieweg+Teubner, 2006</li> </ul>			
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> Schulkenntnisse in Mathematik (gymnasiale Oberstufe)			
ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung: keine			
<b>Verwendbarkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bachelorstudiengang Physik (Kernmodul)</li> </ul>			

Lineare Algebra I		0111	
Semesterlage	Wintersemester		
Modulverantwortliche(r)	Institut für Algebra, Zahlentheorie und Diskrete Mathematik und Institut für Algebraische Geometrie		
Lehrveranstaltungen (SWS)	Vorlesung Lineare Algebra I Übung zu Lineare Algebra I		
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP	Studienleistung: Übungsaufgaben Prüfungsleistung: Klausur		
Notenzusammensetzung	geht nicht in die Bachelornote ein		
Leistungspunkte (ECTS):	10	Präsenzstudium (h):	90
		Selbststudium (h):	210
<b>Kompetenzziele:</b> Grundlegendes Verständnis für mathematische Denkweisen und ihre Anwendung auf verschiedene Probleme. Sicherer Umgang mit linearen Gleichungssystemen und den zugehörigen Lösungsmethoden und fundierte Kenntnisse der zugrundeliegenden algebraischen Strukturen. Ausdrucksfähigkeit in der Darstellung mathematischer Argumentationen und Kenntnis der dazu geeigneten Methoden.			
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlegende Eigenschaften von Vektorräumen (Basis und Dimension);</li> <li>• lineare Abbildungen und Matrizen;</li> <li>• Determinanten;</li> <li>• lineare Gleichungssysteme mit Lösungsverfahren (Gauß-Algorithmus);</li> <li>• Eigenwerte und Eigenvektoren;</li> <li>• Diagonalisierung.</li> </ul>			
<b>Grundlegende Literatur:</b>  G. Fischer, <i>Lineare Algebra</i> , Vieweg			
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> Schulkenntnisse in Mathematik (gymnasiale Oberstufe)			
ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung: keine			
<b>Verwendbarkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bachelorstudiengang Physik (Kernmodul)</li> </ul>			

Mathematik für Physiker		0050	
Semesterlage	Wintersemester und Sommersemester		
Modulverantwortliche(r)	Elmar Schrohe, Institut für Analysis		
Lehrveranstaltungen (SWS)	Vorlesung Mathematik für Physiker I Übung zu Mathematik für Physiker I Vorlesung Mathematik für Physiker II Übung zu Mathematik für Physiker II		
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP	<b>Studienleistung:</b> Übungsaufgaben zu beiden Übungen <b>Prüfungsleistung:</b> Mündliche Prüfung		
Notenzusammensetzung	Note der mündlichen Prüfung		
Leistungspunkte (ECTS):	8	Präsenzstudium (h):	90
Gewicht:	2	Selbststudium (h):	150
<b>Kompetenzziele:</b> Die Studierenden haben ein vertieftes Verständnis für analytische Methoden insbesondere der Integrations- und Funktionentheorie. Sie haben die Fähigkeit selbstständig schwierige mathematische Argumentationen zu erarbeiten und eigenständig in der Übungsgruppe zu präsentieren. Die Studierenden haben die mathematische Struktur wichtiger Differentialgleichungen der Physik durchschaut und können geeignete Lösungsstrategien anwenden.			
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lebesguesche Funktionenräume und Konvergenzsätze</li> <li>• Differentialformen und Integralsätze</li> <li>• Fourieranalysis</li> <li>• Lineare partielle Differentialgleichungen</li> <li>• Elemente der Funktionentheorie</li> </ul>			
<b>Grundlegende Literatur:</b> wird in der Vorlesung angegeben			
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> Modul „Analysis I + II“			
<b>ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung:</b> keine			
<b>Verwendbarkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bachelorstudiengang Physik (Kernmodul)</li> <li>• Bachelorstudiengang Meteorologie (Naturwissenschaftlich- technischer Wahlbereich)</li> </ul>			

Mechanik und Wärme		1011	
Semesterlage	Wintersemester		
Modulverantwortliche(r)	K. Danzmann, Institute der Experimentalphysik		
Lehrveranstaltungen (SWS)	Vorlesung Mechanik und Wärme Übung zu Mechanik und Wärme		
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP	Studienleistung: Übungsaufgaben		
Notenzusammensetzung	-		
Leistungspunkte (ECTS):	6	Präsenzstudium (h):	90
		Selbststudium (h):	90
<b>Kompetenzziele:</b> Die Studierenden haben eine anschauliche Vorstellung physikalischer Phänomene der Mechanik und Wärme gewonnen. Sie kennen die einschlägigen Gesetzmäßigkeiten und können diese mit Schlüsselexperimenten begründen. Die Studierenden sind mit der Bearbeitung von Beispielaufgaben der Mechanik und Wärme vertraut und können Aufgaben mit angemessenem Schwierigkeitsgrad eigenständig lösen.			
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mechanik eines Massepunktes</li> <li>• Newtonsche Axiome</li> <li>• Arbeit, Energie und Potential</li> <li>• Harmonischer Oszillator</li> <li>• Systeme von Massepunkten, Stöße, Impulserhaltung</li> <li>• Drehbewegung, Dynamik starrer, ausgedehnter Körper</li> <li>• Bezugssysteme, Scheinkräfte</li> <li>• Das <math>1/r^2</math>-Gesetz, Gravitation, Keplersche Gesetze</li> <li>• Mechanische Schwingungen und Wellen</li> <li>• Reale feste und flüssige Körper, Oberflächenspannung, Reibung</li> <li>• Strömende Flüssigkeiten und Gase, Bernoullische Gleichung</li> <li>• Temperatur, ideales Gas, Wärmekapazität, Freiheitsgrade</li> <li>• Transportvorgänge, Diffusion, Wärmeleitung</li> <li>• Umwandlung von Energie, Hauptsätze, Zustandsänderungen, Kreisprozesse, Wärmekraftmaschinen, Entropie</li> </ul>			
<b>Grundlegende Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>📖 Demtröder, <i>Experimentalphysik 1, Mechanik und Wärme</i>, Springer Verlag</li> <li>📖 Gerthsen, <i>Physik</i>, Springer Verlag</li> <li>📖 Tipler, <i>Physik</i>, Spektrum Akademischer Verlag</li> <li>📖 Feynman, <i>Lectures on Physics</i>, Band 1; Addison-Wesley Verlag</li> </ul>			
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> Schulkenntnisse in Mathematik und Physik (gymnasiale Oberstufe)			
<b>ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung:</b> keine			
<b>Verwendbarkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bachelorstudiengang Physik (Kernmodul)</li> <li>• Bachelorstudiengang Meteorologie (Kernmodul)</li> </ul>			

Elektrizität und Relativität		1012	
Semesterlage	Sommersemester		
Modulverantwortliche(r)	Institute der Experimentalphysik		
Lehrveranstaltungen (SWS)	Vorlesung Elektrizität und Relativität Übung zu Elektrizität und Relativität Grundpraktikum I: Mechanik, Thermodynamik und Elektrizität		
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP	Studienleistung: Übungsaufgaben und Laborübungen		
Notenzusammensetzung	-		
Leistungspunkte (ECTS):	12	Präsenzstudium (h):	150
		Selbststudium (h):	210
<b>Kompetenzziele:</b> Die Studierenden verfügen über fundiertes Faktenwissen auf dem Gebiet der Elektrizitäts- und Relativitätslehre. Sie sind in der Lage die einschlägigen Gesetzmäßigkeiten herzuleiten und können diese mit Schlüsselexperimenten begründen. Die Studierenden können Aufgaben mit angemessenem Schwierigkeitsgrad eigenständig lösen. Die Studierenden sind mit den Grundprinzipien des Experimentierens vertraut. Sie kennen die Funktion und Genauigkeit verschiedener Messgeräte und sind mit computergestützter Datenerfassung vertraut. Sie sind in der Lage Messergebnisse in tabellarischer und graphischer Form übersichtlich darzustellen. Das Erreichen der Kompetenzziele der Laborübung erfordert eine kontinuierliche Teilnahme.			
<b>Inhalte:</b> <b>Vorlesung und Übung:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektrostatik, Coulomb-Gesetz, Multipole, Gauß-Satz, Kondensatoren</li> <li>• Der elektrische Strom, Ohm'sches Gesetz, Kirchhoff'sche Regeln, Stokes-Satz, Ladungserhaltung</li> <li>• Statische Magnetfelder, Biot-Savart-Gesetz, Permanentmagnete, Lorentz-Kraft, stationäre Maxwell-Gleichungen, Hall-Effekt</li> <li>• Zeitlich veränderliche Felder, Induktion, Lenz'sche Regel, Wechselstrom, dynamische Maxwell-Gleichungen</li> <li>• Magnetische und elektrische Eigenschaften von Materie, Maxwell-Gleichungen in Materie</li> <li>• Elektromagnetische Schwingungen und die Entstehung elektromagnetischer Wellen, Energie des e.m. Feldes, Schwingkreise, Hertz'scher Dipol</li> <li>• Elektromagnetische Wellen im Vakuum, Wellengleichung, Lichtgeschwindigkeit</li> <li>• Elektromagnetische Wellen in Materie, Brechungsindex, Absorption, Dispersion</li> <li>• Bewegte Bezugssysteme, Spezielle Relativitätstheorie, Michelson-Morley, Lorentz-Transformation, Doppler-Effekt, Addition von Geschwindigkeiten</li> </ul>		<b>Grundpraktikum I:</b> <b>Mechanik</b> Mögliche Praktikumsexperimente: Energiesatz beim Pendel, Schwingungen, gekoppelte Pendel, Kreisel, Ultraschall, Akustik, Maxwellrad  <b>Thermodynamik</b> Mögliche Praktikumsexperimente: Temperatur, Ideales Gas, Viskosität, spezifische Wärme, Wasserdampf, Temperaturstrahlung, Stirlingmotor, kritischer Punkt, Gasdruckfelder/Spezifische Wärme  <b>Elektrizität</b> Mögliche Praktikumsexperimente: el. Widerstand, Schwingkreise, Transistor, Operationsverstärker, Kippschaltung, Rückkopplung, Membranmodell, Galvanometer, Oszilloskop, Rauschanalyse, Speicheroszilloskop .	
<b>Grundlegende Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li> Demtröder, <i>Experimentalphysik 2, Elektrizität und Optik</i>, Springer Verlag</li> <li> Gerthsen, <i>Physik</i>, Springer Verlag</li> <li> Tipler, <i>Physik</i>, Spektrum Akademischer Verlag</li> <li> Feynman, <i>Lectures on Physics</i>, Band 2; Addison-Wesley Verlag</li> </ul>			
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> Vorlesungen „Mechanik und Wärme“ und „Mathematische Methoden der Physik“			

ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung: keine

**Verwendbarkeit:**

- Bachelorstudiengang Physik (Kernmodul)
- Bachelorstudiengang Meteorologie (Kernmodul)

Optik, Atome, Moleküle, Quantenphänomene		1013			
Semesterlage	Wintersemester				
Modulverantwortliche(r)	U. Morgner, IQO				
Lehrveranstaltungen (SWS)	Vorlesung Optik, Atome, Moleküle und Quantenphänomene Übung zu Optik, Atome, Moleküle und Quantenphänomene Grundpraktikum II: Optik und Atomphysik				
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP	Studienleistung: Übungsaufgaben und Laborübungen				
Notenzusammensetzung	-				
Leistungspunkte (ECTS):	10	Präsenzstudium (h):	120		
		Selbststudium (h):	180		
<b>Kompetenzziele:</b> Die Studierenden kennen die fundamentalen experimentellen Befunde und verstehen die zugrundeliegenden physikalischen Gesetzmäßigkeiten der Optik und Atomphysik. Die Studierenden sind in der Lage diese Gesetzmäßigkeiten eigenständig auf physikalische Problemstellungen anzuwenden. Die Studierenden kennen die Funktion und Genauigkeit verschiedener Messgeräte und sind mit der Anpassung von Funktionen an Messdaten vertraut. Sie können angemessene Fehlerabschätzungen ausführen und beherrschen die Fehlerfortpflanzung. Das Erreichen der Kompetenzziele der Laborübung erfordert eine kontinuierliche Teilnahme.					
<b>Inhalte:</b> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="vertical-align: top; width: 50%;"> <b>Optik, Atome, Moleküle und Quantenphänomene</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Geometrische Optik</li> <li>• Komplexer Brechungsindex</li> <li>• Optik an Grenzflächen</li> <li>• Linsen und einfache optische Instrumente, Photometrie</li> <li>• Polarisation, Doppelbrechung, optische Aktivität</li> <li>• Interferenz, Beugung, Streuung</li> <li>• Gauß'sche Optik, Resonatoren, Laser</li> <li>• Schwarzkörperstrahlung, Photoeffekt, Compton-Effekt, Welle-Teilchen-Dualismus</li> <li>• Wellenfunktion im Kastenpotential, Materiewellen, Schrödingergleichung, Tunneleffekt, Wasserstoffatom</li> <li>• Die Struktur von Atomen, Bohr'sches Atommodell, Quantenzahlen, Pauli-Prinzip, Spin, Zeeman-Effekt, Feinstruktur, Spin-Bahn-Kopplung</li> <li>• Auswahlregeln, Röntgenspektren, atomare Einheiten</li> <li>• Atome mit mehreren Elektronen, Aufbau des Periodensystems</li> <li>• Moleküle: chemische Bindung, Molekülpotential, Molekülorbitale, Vibration, Rotation, Franck-Condon-Prinzip</li> </ul> </td> <td style="vertical-align: top; width: 50%;"> <b>Grundpraktikum II: Optik und Atomphysik</b>                      mögliche Praktikumsexperimente: Linsen, Mikroskop, Michelson Interferometer, Mach-Zehnder Interferometer, Interferenz/Kohärenz, Beugung, Polarisation, Faraday Effekt, Prisma, Gitter, Fotoeffekt, Absorptionsspektroskopie, Emissionsspektroskopie, Spektralapparat, Röntgenstrahlung                 </td> </tr> </table>				<b>Optik, Atome, Moleküle und Quantenphänomene</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Geometrische Optik</li> <li>• Komplexer Brechungsindex</li> <li>• Optik an Grenzflächen</li> <li>• Linsen und einfache optische Instrumente, Photometrie</li> <li>• Polarisation, Doppelbrechung, optische Aktivität</li> <li>• Interferenz, Beugung, Streuung</li> <li>• Gauß'sche Optik, Resonatoren, Laser</li> <li>• Schwarzkörperstrahlung, Photoeffekt, Compton-Effekt, Welle-Teilchen-Dualismus</li> <li>• Wellenfunktion im Kastenpotential, Materiewellen, Schrödingergleichung, Tunneleffekt, Wasserstoffatom</li> <li>• Die Struktur von Atomen, Bohr'sches Atommodell, Quantenzahlen, Pauli-Prinzip, Spin, Zeeman-Effekt, Feinstruktur, Spin-Bahn-Kopplung</li> <li>• Auswahlregeln, Röntgenspektren, atomare Einheiten</li> <li>• Atome mit mehreren Elektronen, Aufbau des Periodensystems</li> <li>• Moleküle: chemische Bindung, Molekülpotential, Molekülorbitale, Vibration, Rotation, Franck-Condon-Prinzip</li> </ul>	<b>Grundpraktikum II: Optik und Atomphysik</b> mögliche Praktikumsexperimente: Linsen, Mikroskop, Michelson Interferometer, Mach-Zehnder Interferometer, Interferenz/Kohärenz, Beugung, Polarisation, Faraday Effekt, Prisma, Gitter, Fotoeffekt, Absorptionsspektroskopie, Emissionsspektroskopie, Spektralapparat, Röntgenstrahlung
<b>Optik, Atome, Moleküle und Quantenphänomene</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Geometrische Optik</li> <li>• Komplexer Brechungsindex</li> <li>• Optik an Grenzflächen</li> <li>• Linsen und einfache optische Instrumente, Photometrie</li> <li>• Polarisation, Doppelbrechung, optische Aktivität</li> <li>• Interferenz, Beugung, Streuung</li> <li>• Gauß'sche Optik, Resonatoren, Laser</li> <li>• Schwarzkörperstrahlung, Photoeffekt, Compton-Effekt, Welle-Teilchen-Dualismus</li> <li>• Wellenfunktion im Kastenpotential, Materiewellen, Schrödingergleichung, Tunneleffekt, Wasserstoffatom</li> <li>• Die Struktur von Atomen, Bohr'sches Atommodell, Quantenzahlen, Pauli-Prinzip, Spin, Zeeman-Effekt, Feinstruktur, Spin-Bahn-Kopplung</li> <li>• Auswahlregeln, Röntgenspektren, atomare Einheiten</li> <li>• Atome mit mehreren Elektronen, Aufbau des Periodensystems</li> <li>• Moleküle: chemische Bindung, Molekülpotential, Molekülorbitale, Vibration, Rotation, Franck-Condon-Prinzip</li> </ul>	<b>Grundpraktikum II: Optik und Atomphysik</b> mögliche Praktikumsexperimente: Linsen, Mikroskop, Michelson Interferometer, Mach-Zehnder Interferometer, Interferenz/Kohärenz, Beugung, Polarisation, Faraday Effekt, Prisma, Gitter, Fotoeffekt, Absorptionsspektroskopie, Emissionsspektroskopie, Spektralapparat, Röntgenstrahlung				
<b>Grundlegende Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li> Demtröder <i>Experimentalphysik 2 und 3</i>, Springer Verlag</li> <li> Berkeley <i>Physikkurs</i></li> <li> Bergmann/Schäfer</li> <li> Haken, Wolf, <i>Atom- und Quantenphysik</i>, Springer Verlag</li> </ul>					
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> Module „Mechanik und Wärme“, „Elektrizität und Relativität“					
ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung: keine					

**Verwendbarkeit:**

- Bachelorstudiengang Physik (Kernmodul)
- Bachelorstudiengang Meteorologie (Kernmodul)

Kerne, Teilchen, Festkörper		1014	
Semesterlage	Sommersemester		
Modulverantwortliche(r)	Institute der Experimentalphysik		
Lehrveranstaltungen (SWS)	Vorlesung Kerne, Teilchen Übung zu Kerne, Teilchen Vorlesung Festkörper Übung zu Festkörper Grundpraktikum III: Kerne, Teilchen und Festkörper		
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP	Studienleistung: Übungsaufgaben und Laborübungen		
Notenzusammensetzung	-		
Leistungspunkte (ECTS):	10	Präsenzstudium (h):	120
		Selbststudium (h):	180
<p><b>Kompetenzziele:</b>                      Die Studierenden kennen die fundamentalen experimentellen Befunde und Gesetzmäßigkeiten der Struktur der Materie von Elementarteilchen bis zur Festkörperphysik. Sie verstehen die Bezüge zu den grundlegenden Gesetzmäßigkeiten der Mechanik, Elektrodynamik und Quantenmechanik.                      Die Studierenden sind in der Lage diese Gesetzmäßigkeiten eigenständig auf physikalische Problemstellungen anzuwenden.                      Die Studierenden beherrschen die Bedienung der üblichen Messgeräte. Sie sind in der Lage Messergebnisse sauber und vollständig zu protokollieren und diese kritisch zu hinterfragen.                      Das Erreichen der Kompetenzziele der Laborübung erfordert eine kontinuierliche Teilnahme.</p>			
<p><b>Inhalte:</b>  <b>Kerne, Teilchen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Begriffe Energien bei Kernen, Wirkungsquerschnitt, Schrödingergleichung, Heisenberg</li> <li>• Radioaktiver Zerfall, Nuklidkarte, Kerneigenschaften Teilcheneigenschaften</li> <li>• Starke KK, Bindungsenergie, Tröpfchenmodell</li> <li>• alpha Zerfall inkl. Gamov</li> <li>• Kernkräfte, Schalenmodell</li> <li>• gamma Zerfall inkl. Übergänge</li> <li>• schwache WW</li> <li>• beta Zerfall inkl. Fermi Theorie</li> <li>• Neutronen, Moderation, Spaltung</li> <li>• Kernreaktionen, kollektive Anregungen, Compound Kern</li> <li>• Fusion</li> <li>• Hadronen, Leptonen, Bosonen</li> </ul>		<p><b>Festkörper</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kristalle und Kristallstrukturen</li> <li>• Bindungskräfte in Festkörpern</li> <li>• Beugung und Streuung in Kristallstrukturen</li> <li>• Gitterschwingungen, Quantisierung, Phononen</li> <li>• Thermische Eigenschaften von Festkörpern</li> </ul> <p><b>Grundpraktikum III: Kerne, Teilchen und Festkörper</b></p>	
<p><b>Grundlegende Literatur:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>📖 R.Groß, A.Marx <i>Festkörperphysik</i>, De Gruyter</li> <li>📖 Demtröder <i>Experimentalphysik 2 und 3</i>, Springer Verlag</li> <li>📖 T. Mayer-Kuckuk <i>Kernphysik</i>, Teubner</li> <li>📖 Berkeley Physikkurs</li> <li>📖 Bergmann/Schäfer</li> <li>📖 Haken, Wolf, <i>Atom- und Quantenphysik sowie Molekülphysik und Quantenchemie</i>, Springer Verlag</li> </ul>			
<p><b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b>                      Module „Mechanik und Wärme“, „Elektrizität und Relativität“, und „Optik, Atome, Moleküle, Quantenphänomene“</p>			
<p>ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung: keine</p>			

**Verwendbarkeit:**

- Bachelorstudiengang Physik (Kernmodul)
- Bachelorstudiengang Meteorologie (Naturwissenschaftlich- technischer Wahlbereich)

Modulübergreifende Prüfung Experimentalphysik		1001
Semesterlage	Winter- und Sommersemester	
Modulverantwortliche(r)	Studiendekan/in	
Lehrveranstaltungen (SWS)	mündliche Prüfung	
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP	Prüfungsleistung: mündliche Prüfung	
Notenzusammensetzung	Note der mündlichen Prüfung	
Gewicht:	2 (Physik) 28 (Meteorologie)	
<b>Kompetenzziele:</b> Die Studierenden haben einen Überblick über die grundlegenden Bereiche der Experimentalphysik. Sie haben Parallelen und Querverbindungen der einzelnen Bereiche erkannt und können diese in einer wissenschaftlichen Diskussion darstellen. Die Studierenden haben eine Vorstellung von der Physik als Ganzes und ihren unterschiedlichen Ausprägungen auf verschiedenen Längen- und Energieskalen. Sie beherrschen den selbstständigen Wissenserwerb aus zum Teil englischen Fachbüchern.		
<b>Inhalte:</b> <b>Physik:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mechanik und Wärme</li> <li>• Elektrizität und Relativität</li> <li>• Optik, Atome, Moleküle, Quantenphänomene</li> <li>• Kerne, Teilchen, Festkörper</li> </ul>		<b>Meteorologie:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mechanik und Wärme</li> <li>• Elektrizität und Relativität</li> <li>• Optik, Atome, Moleküle, Quantenphänomene</li> </ul>
<b>ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung:</b> <b>Physik:</b> Drei der Module „Mechanik und Wärme“, „Elektrizität und Relativität“, „Optik, Atome, Moleküle, Quantenphänomene“ und „Kerne, Teilchen, Festkörper“ <b>Meteorologie:</b> Zwei der Module „Mechanik und Wärme“, „Elektrizität und Relativität“, „Optik, Atome, Moleküle, Quantenphänomene“		
<b>Verwendbarkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bachelorstudiengang Physik (Kernmodul)</li> <li>• Bachelorstudiengang Meteorologie (Kernmodul)</li> </ul>		

Mathematische Methoden der Physik		1111	
Semesterlage	Wintersemester		
Modulverantwortliche(r)	L. Santos, Institut für Theoretische Physik		
Lehrveranstaltungen (SWS)	Vorlesung Mathematische Methoden der Physik Übung zu Mathematische Methoden der Physik		
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP	Studienleistung: Übung Prüfungsleistung: Klausur		
Notenzusammensetzung	geht nicht in die Bachelornote ein		
Leistungspunkte (ECTS):	7	Präsenzstudium (h): 75	Selbststudium (h): 135
<b>Kompetenzziele:</b> Die Studierenden kennen die mathematischen Größen zur Beschreibung physikalischer Theorien. Sie sind in der Lage einfache physikalische Problemstellungen mathematisch zu formulieren und mit analytischen Verfahren sowie numerischen, computergestützten Verfahren zu lösen			
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• beschleunigte Koordinatensysteme: Scheinkräfte, Kinematik des starren Körpers</li> <li>• Vektoren: Skalar- und Kreuzprodukt, Index-Schreibweise, Determinanten</li> <li>• Raumkurven: Differenzieren, Kettenregel, Gradient, Frenet-Formeln</li> <li>• gewöhnliche Differentialgleichungen: Lösungsverfahren</li> <li>• Newtonsche Mechanik eines Massenpunkts, Systeme von Massenpunkten</li> <li>• Tensoren: Matrizen, Drehungen, Hauptachsentransformation, Trägheitstensor</li> <li>• harmonische Schwingungen: Normalkoordinaten, Resonanz</li> <li>• Funktionen: Umkehrfunktion, Potenzreihen, Taylorreihe, komplexe Zahlen</li> <li>• Integration: ein- und mehrdimensional, Kurven- und Oberflächenintegrale</li> <li>• eindimensionale Bewegung: Lösung mit Energiesatz</li> <li>• krummlinige Koordinaten: Integrationsmaß, Substitution, Delta-Distribution</li> <li>• Programmierung einfacher numerischer Verfahren zur Lösung und Visualisierung physikalischer Probleme</li> </ul>			
<b>Grundlegende Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>📖 Feynman, <i>Lectures on Physics</i>, Band 1+2, Addison-Wesley Verlag</li> <li>📖 Großmann, <i>Mathematischer Einführungskurs für die Physik</i>, Teubner 2000</li> <li>📖 Nolting, <i>Grundkurs Theoretische Physik 1 - Klassische Mechanik</i>, Springer</li> </ul>			
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schulkenntnisse in Mathematik und Physik (gymnasiale Oberstufe)</li> </ul>			
<b>ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung:</b> keine			
<b>Verwendbarkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bachelorstudiengang Physik (Kernmodul)</li> <li>• Bachelorstudiengang Meteorologie (Kernmodul)</li> </ul>			

Theoretische Elektrodynamik		1111			
Semesterlage	Sommersemester				
Modulverantwortliche(r)	H. Frahm, Institut für Theoretische Physik				
Lehrveranstaltungen (SWS)	Vorlesung Theoretische Elektrodynamik Übung zu Theoretische Elektrodynamik				
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP	Studienleistung: Übung oder Klausur Prüfungsleistung: keine				
Notenzusammensetzung	geht nicht in die Bachelornote ein				
Leistungspunkte (ECTS):	7	Präsenzstudium (h):	75      Selbststudium (h): 135		
<b>Kompetenzziele:</b> Die Studierenden kennen die mathematischen Größen zur Beschreibung physikalischer Theorien. Sie sind in der Lage einfache physikalische Problemstellungen mathematisch zu formulieren und mit analytischen Verfahren sowie numerischen, computergestützten Verfahren zu lösen. Die Studierenden haben die logische Struktur der Elektrodynamik verstanden und kennen die mathematische Formulierung der Gesetzmäßigkeiten. Sie kennen prominente Phänomene der Elektrodynamik und können diese aus den Grundgleichungen herleiten. Die Studierenden sind in der Lage analytische Lösungswege für Probleme der Elektrodynamik zu finden sowie geeignete mathematische und physikalische Näherungen bei der Lösung ausgewählter Problemstellungen zu machen.					
<b>Inhalte:</b> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="vertical-align: top; width: 50%;"> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vektorfelder: Vektoranalysis, Integralsätze, Laplace-Operator</li> <li>• Maxwell-Gleichungen: integrale Form, Anfangs- und Randwerte, Grenzflächen</li> <li>• Potentiale, Eichfreiheit, Vakuum-Lösung, Lösung mit Quellen, Retardierung</li> <li>• lineare partielle Differentialgleichungen: Separation, Greensche Funktion</li> <li>• Fourier-Analyse: Funktionenräume, Fourier-Reihen, Fourier-Transformation</li> </ul> </td> <td style="vertical-align: top; width: 50%;"> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektrostatik: Randwertprobleme, Potentialtheorie, Multipol-Entwicklung</li> <li>• Magnetostatik: fadenförmige Stromverteilungen, Feldenergie</li> <li>• bewegte Punktladungen, Lienard-Wiechert-Potentiale</li> <li>• elektromagnetische Wellen: im Vakuum, Einfluss der Quellen, Abstrahlung</li> <li>• Elektrodynamik in Medien</li> <li>• Programmierung einfacher numerischer Verfahren zur Lösung und Visualisierung physikalischer Probleme</li> </ul> </td> </tr> </table>				<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vektorfelder: Vektoranalysis, Integralsätze, Laplace-Operator</li> <li>• Maxwell-Gleichungen: integrale Form, Anfangs- und Randwerte, Grenzflächen</li> <li>• Potentiale, Eichfreiheit, Vakuum-Lösung, Lösung mit Quellen, Retardierung</li> <li>• lineare partielle Differentialgleichungen: Separation, Greensche Funktion</li> <li>• Fourier-Analyse: Funktionenräume, Fourier-Reihen, Fourier-Transformation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektrostatik: Randwertprobleme, Potentialtheorie, Multipol-Entwicklung</li> <li>• Magnetostatik: fadenförmige Stromverteilungen, Feldenergie</li> <li>• bewegte Punktladungen, Lienard-Wiechert-Potentiale</li> <li>• elektromagnetische Wellen: im Vakuum, Einfluss der Quellen, Abstrahlung</li> <li>• Elektrodynamik in Medien</li> <li>• Programmierung einfacher numerischer Verfahren zur Lösung und Visualisierung physikalischer Probleme</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vektorfelder: Vektoranalysis, Integralsätze, Laplace-Operator</li> <li>• Maxwell-Gleichungen: integrale Form, Anfangs- und Randwerte, Grenzflächen</li> <li>• Potentiale, Eichfreiheit, Vakuum-Lösung, Lösung mit Quellen, Retardierung</li> <li>• lineare partielle Differentialgleichungen: Separation, Greensche Funktion</li> <li>• Fourier-Analyse: Funktionenräume, Fourier-Reihen, Fourier-Transformation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektrostatik: Randwertprobleme, Potentialtheorie, Multipol-Entwicklung</li> <li>• Magnetostatik: fadenförmige Stromverteilungen, Feldenergie</li> <li>• bewegte Punktladungen, Lienard-Wiechert-Potentiale</li> <li>• elektromagnetische Wellen: im Vakuum, Einfluss der Quellen, Abstrahlung</li> <li>• Elektrodynamik in Medien</li> <li>• Programmierung einfacher numerischer Verfahren zur Lösung und Visualisierung physikalischer Probleme</li> </ul>				
<b>Grundlegende Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li> Landau-Lifschitz, <i>Lehrbuch der Theoretischen Physik</i>, Band II, Harri</li> <li> J.D. Jackson, <i>Klassische Elektrodynamik</i>, Gruyter, Walter de GmbH</li> <li> Römer &amp; Forger, <i>Elementare Feldtheorie</i>, Wiley</li> <li> Nolting, <i>Grundkurs Theoretische Physik 3 - Elektrodynamik</i>, Springer</li> </ul>					
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• „Mathematische Methoden der Physik“</li> <li>• Schulkenntnisse in Mathematik und Physik (gymnasiale Oberstufe)</li> </ul>					
ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung: keine					
<b>Verwendbarkeit:</b> Bachelorstudiengang Physik (Kernmodul) Bachelorstudiengang Meteorologie (Kernmodul)					

Analytische Mechanik und Spezielle Relativitätstheorie		1112	
Semesterlage	Wintersemester		
Modulverantwortliche(r)	D. Giuliani, Institut für Theoretische Physik		
Lehrveranstaltungen (SWS)	Vorlesung Analytische Mechanik und Spezielle Relativitätstheorie Übung zu Analytische Mechanik und Spezielle Relativitätstheorie		
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP	Studienleistung: Übungsaufgaben		
Notenzusammensetzung	-		
Leistungspunkte (ECTS):	8	Präsenzstudium (h):	90
		Selbststudium (h):	150
<b>Kompetenzziele:</b> Die Studierenden haben die logische Struktur der klassischen Mechanik und der Speziellen Relativitätstheorie verstanden und kennen die mathematischen Formulierungen der Gesetzmäßigkeiten. Sie kennen prominente Beispiele der Gebiete und können diese aus den Grundgleichungen herleiten. Die Studierenden sind in der Lage analytische Lösungswege für ausgewählte Probleme zu finden sowie geeignete mathematische und physikalische Näherungen bei der Lösung zu machen.			
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lagrange-Mechanik: Zwangsbedingungen, Multiplikatoren, Lorentz-Kraft</li> <li>• Variationsrechnung: Funktionalableitung, Extrema mit Nebenbedingungen</li> <li>• Wirkungsprinzip, Noether-Theorem, Erhaltungssätze</li> <li>• Dynamik des starren Körpers: Euler-Gleichungen, Kreisel, Präzession, Nutation</li> <li>• Hamiltonsche Mechanik: Legendre-Transformation, kanonische Gl., Erhaltungssätze</li> <li>• kanonische Transformationen: Phasenportrait, symplektische Struktur, Invarianten</li> <li>• kovariante Formulierung von Maxwell &amp; Lorentz, Lagrangedichte, Erhaltungssätze</li> <li>• spezielle Relativität: Kinematik, Dynamik von Massenpunkten, Vierer-Notation</li> </ul>			
<b>Grundlegende Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>📖 Honerkamp &amp; Römer, <i>Klassische Theoretische Physik</i>, Springer</li> <li>📖 Landau-Lifschitz, <i>Lehrbuch der Theoretischen Physik, Band I, Harri</i></li> <li>📖 H. Goldstein, Poole &amp; Safko, <i>Classical Mechanics</i>, Wiley-VCH Verlag GmbH &amp; Co</li> <li>📖 L.N. Hand and J. D. Finch, <i>Analytical Mechanics</i>, Cambridge University Press</li> <li>📖 Römer + Forger, <i>Elementare Feldtheorie</i>, Wiley-VCH</li> <li>📖 Arnold, <i>Classical Mechanics</i>, Springer</li> </ul>			
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• „Mathematische Methoden der Physik“ und „Theoretische Elektrodynamik“</li> </ul>			
ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung: keine			
<b>Verwendbarkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bachelorstudiengang Physik (Kernmodul)</li> <li>• Bachelorstudiengang Meteorologie (Naturwissenschaftlich- technischer Wahlbereich)</li> </ul>			

Modulübergreifende Prüfung Theoretische Physik I		1101	
Semesterlage	Winter- und Sommersemester		
Modulverantwortliche(r)	L. Santos, Institut für Theoretische Physik		
Lehrveranstaltungen (SWS)	mündliche Prüfung		
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP	Prüfungsleistung: mündliche Prüfung		
Notenzusammensetzung	Note der mündlichen Prüfung		
Gewicht: 1	Präsenzstudium (h): -	Selbststudium (h): -	
<b>Kompetenzziele:</b> Die Studierenden haben einen fundierten Überblick über die Gebiete der klassischen Mechanik, der speziellen Relativitätstheorie und der Elektrodynamik. Sie verstehen die Gebiete als Teile eines zusammenhängenden Theoriengebäudes und können Parallelen in der logischen Struktur der Gebiete aufzeigen. Sie beherrschen den selbstständigen Wissenserwerb aus zum Teil englischen Fachbüchern.			
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Theoretische Elektrodynamik</li> <li>• Analytische Mechanik und spezielle Relativitätstheorie</li> </ul>			
<b>ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung:</b> Die beiden Module „Mathematische Methoden der Physik“ und „Theoretische Elektrodynamik“ oder das Modul „Analytische Mechanik“ und „Spezielle Relativitätstheorie“			
<b>Verwendbarkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bachelorstudiengang Physik (Kernmodul)</li> </ul>			

Einführung in die Quantentheorie		1113	
Semesterlage	Sommersemester		
Modulverantwortliche(r)	R. Werner, Institut für Theoretische Physik		
Lehrveranstaltungen (SWS)	Vorlesung „Einführung in die Quantentheorie“ Übung zu „Einführung in die Quantentheorie“		
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP	Studienleistung: Übungsaufgaben		
Notenzusammensetzung	-		
Leistungspunkte (ECTS):	8	Präsenzstudium (h):	90
		Selbststudium (h):	150
<b>Kompetenzziele:</b> Die Studierenden beherrschen den mathematischen Apparat der Quantentheorie. Sie verstehen die physikalischen Konsequenzen der Quantentheorie und kennen den Zusammenhang zur klassischen Physik. Sie sind in der Lage den mathematischen Formalismus der Quantentheorie auf ausgewählte Probleme eigenständig anzuwenden. Sie sind mit störungstheoretischen Konzepten vertraut.			
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Photonen als einfache Quantensysteme, Bewegung von Teilchen, Schrödingergleichung</li> <li>• Hamilton-Formalismus: Postulate, Transformationen, Zeitentwicklungsbilder</li> <li>• Einfache Systeme: Oszillator, Potentialschwelle, Potentialtopf, periodisches Potential</li> <li>• Drehimpuls: Symmetrien, Drehimpulsalgebra, Darstellungen, Addition von Drehimpulsen, Spin</li> <li>• Zentralpotential: Separation der Schrödinger-Gleichung, Coulomb-Potential</li> <li>• Näherungsverfahren: zeitunabhängige und zeitabhängige Störungstheorie, Variationsverfahren, Semiklassik, Anwendungen</li> <li>• Mehrteilchensysteme: identische Teilchen, Fock-Raum, Hartree-Fock, Moleküle, Quantenfeld</li> </ul>			
<b>Grundlegende Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>📖 F. Schwabl, <i>Quantenmechanik</i>, Springer</li> <li>📖 J.J. Sakurai, <i>Modern Quantum Mechanics</i>, Pearson</li> <li>📖 Peres, <i>Quantum Theory: Concepts and Methods</i>, Springer</li> <li>📖 L.D. Landau, E.M. Lifshitz, <i>Theoretische Physik</i>, Bd V+VI, Harri</li> </ul>			
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> „Mathematische Methoden“, „Theoretische Elektrodynamik“, „Analytische Mechanik“ und „Spezielle Relativitätstheorie“			
ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung: keine			
<b>Verwendbarkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bachelorstudiengang Physik (Kernmodul)</li> <li>• Bachelorstudiengang Meteorologie (Naturwissenschaftlich- technischer Wahlbereich)</li> </ul>			

Statistische Physik		1114	
Semesterlage	Wintersemester		
Modulverantwortliche(r)	E. Jeckelmann, Institut für Theoretische Physik		
Lehrveranstaltungen (SWS)	Vorlesung „Statistische Physik“ (4SWS) Übung zu „Statistische Physik“ (2SWS)		
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP	Studienleistung: Übungsaufgaben		
Notenzusammensetzung	-		
Leistungspunkte (ECTS):	8	Präsenzstudium (h):	90
		Selbststudium (h):	150
<b>Kompetenzziele:</b> Die Studierenden beherrschen die mathematische Beschreibung der Hauptsätze. Sie sind in der Lage die Konzepte der Statistischen Physik auf die Gebiete der klassischen Physik wie auch der Quantentheorie anzuwenden. Sie kennen prominente Beispiele und können diverse mathematisch behandeln.			
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlegende Konzepte in der statistischen Mechanik: Wahrscheinlichkeitstheorie, statistische Ensembles, Zustandssumme, Dichtematrix, Entropie</li> <li>• Ideale Gase: mehratomige Gase, Fermi-Gas, Bose-Gas, nichtwechselwirkende Spins, Quasiteilchen</li> <li>• Phänomenologische Theorie (Thermodynamik): Hauptsätze der Thermodynamik, Wärmemaschinen, irreversible Prozesse, thermodynamische Potentiale und Relationen</li> <li>• Wechselwirkende Systeme: Molekularfeldtheorie, Monte-Carlo Simulationen, Ising Modell, Perkolation, reale Gase, Phasenübergänge</li> <li>• Nichtgleichgewichts-Statistik: Fluktuationen, Brownsche Bewegung, kinetische Gleichungen, Transport</li> </ul>			
<b>Grundlegende Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>📖 L.P. Kadanoff, <i>Statistical Physics: Statics, Dynamics and Renormalization</i>, World Scientific Pub Co</li> <li>📖 C. Kittel, H. Krömer, <i>Thermodynamik</i>, Oldenbourg</li> <li>📖 L.D. Landau, E.M. Lifshitz, <i>Theoretische Physik</i>, Bd V+VI, Harri</li> <li>📖 F. Schwabl, <i>Statistische Physik</i>, Springer</li> </ul>			
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> „Analytische Mechanik und Spezielle Relativitätstheorie“, „Einführung in die Quantentheorie“			
ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung: keine			
<b>Verwendbarkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bachelorstudiengang Physik (Kernmodul)</li> <li>• Bachelorstudiengang Meteorologie (Naturwissenschaftlich- technischer Wahlbereich)</li> </ul>			

<b>Modulübergreifende Prüfung Theoretische Physik II</b>		<b>1102</b>
<b>Semesterlage</b>	Winter- und Sommersemester	
<b>Modulverantwortliche(r)</b>	L. Santos, Institut für Theoretische Physik	
<b>Lehrveranstaltungen (SWS)</b>	mündliche Prüfung	
<b>Leistungsnachweis zum Erwerb der LP</b>	<b>Prüfungsleistung:</b> mündliche Prüfung	
<b>Notenzusammensetzung</b>	Note der mündlichen Prüfung	
<b>Gewicht:</b>	1	
<b>Kompetenzziele:</b> Die Studierenden haben einen Überblick über die Gebiete der Mechanik, Elektrodynamik, Quantenmechanik und Statistische Physik. Sie verstehen diese Gebiete als Teilgebiete eines umfassenden physikalischen Theoriengebäudes. Sie verstehen die Gemeinsamkeiten der Gebiete hinsichtlich der physikalischen Konzepte und mathematischen Methoden wie die Abgrenzungen der Gebiete auf unterschiedlichen Längen und Energieskalen. Sie beherrschen den selbstständigen Wissenserwerb aus zum Teil englischen Fachbüchern.		
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung in die Quantentheorie</li> <li>• Statistische Physik</li> </ul>		
<b>ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung:</b> Eines der Module „Einführung in die Quantentheorie“ oder „Statistische Physik“ sowie die Modulübergreifende Prüfung Theoretische Physik I		
<b>Verwendbarkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bachelorstudiengang Physik (Kernmodul)</li> </ul>		

Physik präsentieren		1611	
Semesterlage	Winter- und Sommersemester		
Modulverantwortliche(r)	Studiendekanat		
Lehrveranstaltungen (SWS)	Proseminar		
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP	Studienleistung: Seminarleistung		
Notenzusammensetzung	-		
Leistungspunkte (ECTS):	3	Präsenzstudium (h):	30
		Selbststudium (h):	60
<b>Kompetenzziele:</b> Die Studierenden sind in der Lage sich unter Anleitung in ein vorgegebenes Thema einzuarbeiten. Sie können eigenständig Literatur recherchieren und einen Vortrag strukturieren und halten. Sie kennen gängige Präsentations- und Visualisierungstechniken. Die Studierenden beherrschen die deutsche Fachsprache in freier Rede. Das Erreichen der Kompetenzziele erfordert eine kontinuierliche Teilnahme.			
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• physikalische Themen (Auswahl aus einem vom Dozenten vorgegeben Themenfeld)</li> <li>• Vorbereitung einer Präsentation</li> <li>• Erfolgsfaktoren einer verständlichen Präsentation</li> <li>• Visualisierungsmedien wirksam einsetzen</li> <li>• Umgang mit Lampenfieber</li> <li>• Wissenschaftliche Diskussion</li> </ul>			
<b>Grundlegende Literatur:</b> Wird zum jeweiligen Thema benannt			
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• In Absprache mit den Dozenten</li> </ul>			
ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung: keine			
<b>Verwendbarkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bachelorstudiengang Physik (Kernmodul)</li> </ul>			

## Bachelor Physik – Vertiefungsbereich

Einführung in die Festkörperphysik		1211	
Semesterlage	Wintersemester		
Modulverantwortliche(r)	M. Oestreich, Institut für Festkörperphysik Abteilung Nanostrukturen		
Lehrveranstaltungen (SWS)	Vorlesung Einführung in die Festkörperphysik Übung zu Einführung in die Festkörperphysik Praktikum zur Einführung in die Festkörperphysik		
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP	Studienleistung: Übungen und Laborübung		
Notenzusammensetzung	-		
Leistungspunkte (ECTS):	8	Präsenzstudium (h):	105
		Selbststudium (h):	135
<b>Kompetenzziele:</b> Die Studierenden verstehen die grundlegenden Konzepte der Festkörperphysik und können diese eigenständig auf ausgewählte Probleme anwenden. Sie kennen fortgeschrittene experimentelle Methoden des Gebietes und können diese unter Anleitung anwenden. Das Erreichen der Kompetenzziele der Laborübung erfordert eine kontinuierliche Teilnahme.			
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kristalle und Kristallstrukturen</li> <li>• reziprokes Gitter</li> <li>• Kristallbindung</li> <li>• Gitterschwingungen, thermische Eigenschaften, Quantisierung, Zustandsdichte</li> <li>• Fermigas</li> <li>• Energiebänder</li> <li>• Halbleiter, Metalle, Fermiflächen</li> <li>• Anregungen in Festkörpern</li> <li>• experimentelle Methoden: Röntgenbeugung, Rastersonden- und Elektronenmikroskopie, Leitfähigkeit, Magnetowiderstand, Halleffekt, Quantenhalleffekt</li> </ul>			
<b>Grundlegende Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>📖 Ashcroft and Mermin, <i>Solid State Physics</i>, Oldenbourg</li> <li>📖 C. Kittel, <i>Einführung in die Festkörperphysik</i>, Oldenbourg</li> <li>📖 K. Kopitzki, <i>Einführung in die Festkörperphysik</i>, Vieweg+Teubner</li> <li>📖 H. Ibach, H. Lüth, <i>Festkörperphysik</i>, Springer</li> </ul>			
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Module „Mechanik und Wärme“, „Elektrizität und Relativität“, „Optik, Atome, Moleküle, Quantenphänomene“ und „Kerne, Teilchen, Festkörper“</li> </ul>			
ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung:			
<b>Verwendbarkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bachelorstudiengang Physik (Vertiefungsmodul)</li> <li>• Bachelorstudiengang Meteorologie (Naturwissenschaftlich- technischer Wahlbereich)</li> </ul>			

Atom- und Molekülphysik		1311	
Semesterlage	Wintersemester		
Modulverantwortliche(r)	C. Ospelkaus, Institut für Quantenoptik		
Lehrveranstaltungen (SWS)	Vorlesung Atom- und Molekülphysik Übung Atom- und Molekülphysik Praktikum Laborpraktikum Atom- und Molekülphysik		
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP	Studienleistung: Übungen und Laborübung		
Notenzusammensetzung	-		
Leistungspunkte (ECTS):	8	Präsenzstudium (h):	105
		Selbststudium (h):	135
<b>Kompetenzziele:</b> Die Studierenden verstehen die grundlegenden Konzepte der Atom- und Molekülphysik und können diese eigenständig auf ausgewählte Probleme anwenden. Sie kennen fortgeschrittene experimentelle Methoden des Gebietes und können diese unter Anleitung anwenden. Das Erreichen der Kompetenzziele der Laborübung erfordert eine kontinuierliche Teilnahme.			
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zusammenfassung H-Atom</li> <li>• Atome in statischen elektrischen und magnetischen Feldern</li> <li>• Fein-/Hyperfeinstrukturen atomarer Zustände</li> <li>• Wechselwirkung mit dem EM Strahlungsfeld</li> <li>• Mehrelektronensysteme</li> <li>• Atomspektren/Spektroskopie</li> <li>• Vibration und Rotation von Molekülen</li> <li>• Elektronische Struktur von Molekülen</li> <li>• Dissoziation und Ionisation von Molekülen</li> <li>• Ausgewählte Experimente der modernen Atom- und Molekülphysik</li> </ul>			
<b>Grundlegende Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>📖 T. Mayer-Kuckuck, <i>Atomphysik</i>, Teubner, 1994</li> <li>📖 B. Bransden, C. Joachain, <i>Physics of Atoms and Molecules</i>, Longman 1983</li> <li>📖 H. Haken, H. Wolf, <i>Atom- und Quantenphysik sowie Molekülphysik und Quantenchemie</i>, Springer</li> <li>📖 R. Loudon, <i>The Quantum Theory of Light</i>, OUP, 1973</li> <li>📖 W. Demtröder, <i>Molekülphysik</i>, Oldenbourg, 2003 ISBN: 3486249746</li> </ul>			
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Module „Einführung in die Quantentheorie“ oder „Theoretische Physik C“ und „Mechanik und Wärme“, „Elektrizität und Relativität“, „Optik, Atome, Moleküle, Quantenphänomene“ und „Kerne, Teilchen, Festkörper“</li> </ul>			
ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung:			
<b>Verwendbarkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bachelorstudiengang Physik (Vertiefungsmodul)</li> <li>• Bachelorstudiengang Meteorologie (Naturwissenschaftlich- technischer Wahlbereich)</li> </ul>			

Kohärente Optik		1312	
Semesterlage	Sommersemester		
Modulverantwortliche(r)	E. M. Rasel, Institut für Quantenoptik		
Lehrveranstaltungen (SWS)	Vorlesung Kohärente Optik Übung zu Kohärente Optik Laborpraktikum Kohärente Optik		
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP	Studienleistung: Übungen und Laborübung		
Notenzusammensetzung	-		
Leistungspunkte (ECTS):	8	Präsenzstudium (h):	105
		Selbststudium (h):	135
<b>Kompetenzziele:</b> Die Studierenden verstehen die grundlegenden Konzepte der Kohärenten Optik und können diese eigenständig auf ausgewählte Probleme anwenden. Sie kennen fortgeschrittene experimentelle Methoden des Gebietes und können diese unter Anleitung anwenden. Das Erreichen der Kompetenzziele der Laborübung erfordert eine kontinuierliche Teilnahme.			
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Maxwellgleichungen und EM Wellen</li> <li>• Wellenoptik, Matrixoptik (ABCD, Jones, Müller, Streu, Transfer...)</li> <li>• Beugungstheorie, Fourieroptik</li> <li>• Resonatoren, Moden</li> <li>• Licht-Materie-Wechselwirkung (klassisch / halbklassisch, Bloch-Modell)</li> <li>• Ratengleichungen, Laserdynamik</li> <li>• Lasertypen, Laserkomponenten, Laseranwendungen</li> <li>• Modengekoppelte Laser</li> <li>• Einmodenlaser</li> <li>• Laserrauschen/-stabilisierung</li> <li>• Laserinterferometrie</li> <li>• Modulationsfelder und Homodyndetektion</li> </ul>			
<b>Grundlegende Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>📖 Meschede, <i>Optik, Licht und Laser</i>, Teubner Verlag</li> <li>📖 Menzel, <i>Photonik</i>, Springer</li> <li>📖 Born/Wolf, <i>Principles of Optics</i>, Pergamon Press</li> <li>📖 Kneubühl/Sigrist, <i>Laser</i>, Teubner</li> <li>📖 Reider, <i>Photonik</i>, Springer</li> <li>📖 Yariv, Hecht, Siegmann</li> <li>📖 Originalliteratur</li> </ul>			
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Module „Mechanik und Wärme“, „Elektrizität und Relativität“, „Optik, Atome, Moleküle, Quantenphänomene“ und „Kerne, Teilchen, Festkörper“</li> </ul>			
ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung: keine			
<b>Verwendbarkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bachelorstudiengang Physik (Vertiefungsmodul)</li> </ul>			

Modulübergreifende Prüfung Vertiefungsbereich		1002
Semesterlage	Winter- und Sommersemester	
Modulverantwortliche(r)	Studiendekan/in	
Lehrveranstaltungen (SWS)	mündliche Prüfung	
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP	Prüfungsleistung: mündliche Prüfung	
Notenzusammensetzung	Note der mündlichen Prüfung	
Gewicht:	1	
<b>Kompetenzziele:</b> Die Studierenden verstehen die grundlegenden Konzepte zweier fortgeschrittener Gebiete der Physik. Sie kennen die Beziehungen der Gebiete zueinander und sind in der Lage Auswirkungen neuer Erkenntnisse eines Gebietes auf das jeweils andere aufzuzeigen.		
<b>Inhalte:</b> Zwei der Module: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung in die Festkörperphysik</li> <li>• Atom und Molekülphysik</li> <li>• Kohärente Optik</li> </ul>		
<b>ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung:</b> Modulübergreifende Prüfung Experimentalphysik		
<b>Verwendbarkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bachelorstudiengang Physik (Vertiefungsmodul)</li> </ul>		

## Bachelor Physik -- Wahlbereich

Moderne Aspekte der Physik		1601	
Semesterlage	Wintersemester und Sommersemester		
Modulverantwortliche(r)	Studiendekan/in		
Lehrveranstaltungen (SWS)	Auswahl von Lehrveranstaltungen im Umfang von mind. 12 LP gemäß Vorlesungsverzeichnis bzw. nach Lehrveranstaltungskatalog (s.u.)		
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP	Studienleistung: gemäß §6 der Prüfungsordnung Prüfungsleistung: mündliche Prüfung		
Notenzusammensetzung	Note der mündlichen Prüfung		
Leistungspunkte (ECTS): Gewicht:	12 1	Präsenzstudium (h): 240	Selbststudium (h): 240
<b>Kompetenzziele:</b> Die Studierenden haben vertiefte Kenntnisse in ausgewählten Spezialgebieten der Physik. Sie sind in der Lage neu erworbenes Wissen in das logische Gedankengebäude der Physik einzuordnen. Die Studierenden sind in der Lage englischsprachige Fachliteratur zu verstehen.			
<b>Inhalte:</b> Weiterführende Veranstaltungen der Physik nach Wahl der Studierenden. Die Prüfungsleistung erstreckt sich über Lehrveranstaltungen im Umfang von mindestens 4 LP nach Wahl der Studierenden.			
<b>Grundlegende Literatur:</b> Wird in den Veranstaltungen bekannt gegeben.			
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> „Grundvorlesungen der Physik“			
ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung: keine			
<b>Verwendbarkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Bachelorstudiengang Physik (physikalische Wahlmodul)</li> </ul>			

Schlüsselkompetenzen		????
Semesterlage	Winter- und Sommersemester	
Modulverantwortliche	Studiendekan/in	
Lehrveranstaltungen (SWS)	Lehrveranstaltungen aus dem Angebot des Fachsprachenzentrums oder des Zentrums für Schlüsselkompetenzen und entsprechend ausgewiesenen Angeboten der Fakultäten sowie Computerkurse aus dem Angebot des Rechenzentrums.	
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP	Studienleistung: gemäß §6 der Prüfungsordnung	
Notenzusammensetzung		
Leistungspunkte (ECTS):	2-4	Präsenz- und Selbststudium (h): 60-120
<b>Kompetenzziele:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Sie erlernen und beherrschen exemplarische Schlüsselkompetenzen auf dem Gebiet der gewählten Lehrveranstaltung</li> </ul>		
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Inhalte in Abhängigkeit von der gewählten Lehrveranstaltung</li> </ul>		
<b>Grundlegende Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Wird in der Lehrveranstaltung angegeben</li> </ul>		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Keine</li> </ul>		
ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung: keine		
<b>Verwendbarkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Bachelorstudiengang Physik</li> </ul>		

## Bachelor Meteorologie – Kernmodule

Die Modulbeschreibung für die Kernmodule „Mechanik und Wärme“, „Elektrizität und Relativität“, „Optik, Atome, Moleküle, Quantenphänomene“, „Modulübergreifende Prüfung Experimentalphysik“ befinden sich in dem Abschnitt **Bachelor Physik – Kernmodule** (Ab Seite 4).

Lineare Algebra A		2550	
Semesterlage	Winter- und Sommersemester		
Modulverantwortliche(r)	Institut für Algebra, Zahlentheorie und Diskrete Mathematik und Institut für Algebraische Geometrie		
Lehrveranstaltungen (SWS)	Vorlesung Lineare Algebra A Übung zu Lineare Algebra A		
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP	Studienleistung: Übungsaufgaben zu Lineare Algebra A Prüfungsleistung: Eine unbenotete Klausur		
Notenzusammensetzung	-		
Leistungspunkte (ECTS):	4	Präsenzstudium (h): 45	Selbststudium (h): 75
<b>Kompetenzziele:</b> Grundlegendes Verständnis für mathematische Denkweisen und ihre Anwendung auf verschiedenartige Probleme. Sicherer Umgang mit linearen Gleichungssystemen und den zugehörigen Lösungsmethoden und Kenntnisse der zugrundeliegenden linearen Strukturen. Ausdrucksfähigkeit in der Darstellung mathematischer Argumentationen, Kenntnis der dazu geeigneten Methoden. Fähigkeit, das theoretische Wissen anhand Aufgaben umzusetzen.			
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlegende Eigenschaften von Vektorräumen (Basis und Dimension);</li> <li>• lineare Abbildungen und Matrizen;</li> <li>• lineare Gleichungssysteme mit Lösungsverfahren (Gauß-Algorithmus);</li> </ul>			
<b>Grundlegende Literatur:</b>  G. Fischer: <i>Lineare Algebra</i>			
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b>			
ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung: keine			
<b>Verwendbarkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bachelorstudiengang Meteorologie (Kernmodul)</li> </ul>			

Lineare Algebra B		2550	
Semesterlage	Winter- und Sommersemester		
Modulverantwortliche(r)	Institut für Algebra, Zahlentheorie und Diskrete Mathematik und Institut für Algebraische Geometrie		
Lehrveranstaltungen (SWS)	Vorlesung Lineare Algebra B Übung zu Lineare Algebra B		
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP	Studienleistung: Übungsaufgaben zu Lineare Algebra B Prüfungsleistung: Eine unbenotete Klausur		
Notenzusammensetzung	-		
Leistungspunkte (ECTS):	4	Präsenzstudium (h):	45
		Selbststudium (h):	75
<b>Kompetenzziele:</b> Grundlegendes Verständnis für mathematische Denkweisen und ihre Anwendung auf verschiedenartige Probleme. Sicherer Umgang mit linearen Gleichungssystemen und den zugehörigen Lösungsmethoden und Kenntnisse der zugrundeliegenden linearen Strukturen. Ausdrucksfähigkeit in der Darstellung mathematischer Argumentationen, Kenntnis der dazu geeigneten Methoden. Fähigkeit, das theoretische Wissen anhand von Aufgaben umzusetzen.			
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinanten, Diagonalisierbarkeit;</li> <li>• Euklidische Räume, Quadriken.</li> </ul>			
<b>Grundlegende Literatur:</b>  G. Fischer: <i>Lineare Algebra</i>			
Empfohlene Vorkenntnisse:			
ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung: keine			
<b>Verwendbarkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bachelorstudiengang Meteorologie (Kernmodul)</li> </ul>			

<b>Analysis A</b>		2551	
Semesterlage	Wintersemester		
Modulverantwortliche(r)	Elmar Schrohe, Institut für Analysis		
Lehrveranstaltungen (SWS)	Vorlesung „Analysis A“ Übung zu „Analysis A“		
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP	Studienleistung: Übungsaufgaben zu Analysis A Prüfungsleistung: Eine unbenotete Klausur		
Notenzusammensetzung	-		
Leistungspunkte (ECTS):	5	Präsenzstudium (h):	60
		Selbststudium (h):	90
<b>Kompetenzziele:</b> Kompetenz im Umgang mit mathematischer Sprache. Grundlegendes Verständnis für korrekte Lösung mathematisch-naturwissenschaftlicher Aufgaben mit Hilfe von Konvergenzbetrachtungen, Differentiation und Integration. Fähigkeiten in selbständiger Anwendung entsprechender Methoden und verschiedener Beweistechniken. Teamfähigkeit durch Bearbeitung von Aufgaben in Gruppen und deren Besprechung in der Übung.			
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reelle und komplexe Zahlen,</li> <li>• Konvergenz von Folgen und Reihen,</li> <li>• Stetigkeit und Differenzierbarkeit von Funktionen einer reellen Variablen,</li> <li>• Riemann-Integral</li> <li>• Taylorformel und Potenzreihen</li> </ul>			
<b>Grundlegende Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>📖 H. Amann &amp; J. Escher: <i>Analysis I und II</i>, Birkhäuser Verlag, 2002</li> <li>📖 O. Forster: <i>Analysis 1 und 2</i>, Vieweg+Teubner</li> <li>📖 K. Meyberg &amp; P. Vachnauer: <i>Höhere Mathematik 1</i>, Springer-Verlag 2001</li> </ul>			
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b>			
ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung: keine			
<b>Verwendbarkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bachelorstudiengang Meteorologie (Kernmodul)</li> </ul>			

Analysis B		2551	
Semesterlage	Sommersemester		
Modulverantwortliche(r)	Elmar Schrohe, Institut für Analysis		
Lehrveranstaltungen (SWS)	Vorlesung „Analysis B“ Übung zu „Analysis B“		
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP	Studienleistung: Übungsaufgaben zu Analysis B Prüfungsleistung: Eine unbenotete Klausur		
Notenzusammensetzung	-		
Leistungspunkte (ECTS):	5	Präsenzstudium (h):	60      Selbststudium (h): 90
<b>Kompetenzziele:</b> Kompetenz im Umgang mit mathematischer Sprache. Befähigung zur Lösung (einiger) gewöhnlicher Differentialgleichungen. Fähigkeiten in selbständiger Anwendung entsprechender Methoden und verschiedener Beweistechniken. Teamfähigkeit durch Bearbeitung von Aufgaben in Gruppen und deren Besprechung in der Übung.			
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Normierte Räume,</li> <li>• Ableitung von Funktionen in mehreren Veränderlichen,</li> <li>• Satz über implizite und inverse Funktion,</li> <li>• Mehrdimensionale Taylorsche Formel,</li> <li>• Extrema unter Nebenbedingungen,</li> <li>• Grundlagen der Vektoranalysis,</li> <li>• Gewöhnliche Differentialgleichungen,</li> <li>• mehrdimensionale Integration.</li> </ul>			
<b>Grundlegende Literatur:</b>  H. Amann & J. Escher: <i>Analysis I und II, Birkhäuser Verlag, 2002</i>  O. Forster: <i>Analysis 1 und 2, Vieweg+Teubner</i>  K. Meyberg & P. Vachnauer: <i>Höhere Mathematik 1, Springer-Verlag 2001</i>			
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b>			
ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung: keine			
<b>Verwendbarkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bachelorstudiengang Meteorologie (Kernmodul)</li> </ul>			

Theoretische Physik A		2552	
Semesterlage	Wintersemester		
Modulverantwortliche(r)	Institut für Theoretische Physik		
Lehrveranstaltungen (SWS)	Vorlesung Theoretische Physik A Übung zu Theoretische Physik A		
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP	Studienleistung: Übung Prüfungsleistung: Klausur		
Notenzusammensetzung	geht nicht in die Bachelornote ein		
Leistungspunkte (ECTS):	7	Präsenzstudium (h):	75
		Selbststudium (h):	135
<b>Kompetenzziele:</b> Die Studierenden kennen die mathematischen Größen zur Beschreibung physikalischer Theorien. Sie sind in der Lage einfache physikalische Problemstellungen mathematisch zu formulieren und mit analytischen Verfahren sowie numerischen, computergestützten Verfahren zu lösen..			
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• beschleunigte Koordinatensysteme: Scheinkräfte, Kinematik des starren Körpers</li> <li>• Vektoren: Skalar- und Kreuzprodukt, Index-Schreibweise, Determinanten</li> <li>• Raumkurven: Differenzieren, Kettenregel, Gradient, Frenet-Formeln</li> <li>• gewöhnliche Differentialgleichungen: Lösungsverfahren</li> <li>• Newtonsche Mechanik eines Massenpunkts, Systeme von Massenpunkten</li> <li>• Tensoren: Matrizen, Drehungen, Hauptachsentransformation, Trägheitstensor</li> <li>• harmonische Schwingungen: Normalkoordinaten, Resonanz</li> <li>• Funktionen: Umkehrfunktion, Potenzreihen, Taylorreihe, komplexe Zahlen</li> <li>• Integration: ein- und mehrdimensional, Kurven- und Oberflächenintegrale</li> <li>• eindimensionale Bewegung: Lösung mit Energiesatz</li> <li>• krummlinige Koordinaten: Integrationsmaß, Substitution, Delta-Distribution</li> </ul> Programmierung einfacher numerischer Verfahren zur Lösung und Visualisierung physikalischer Probleme			
<b>Grundlegende Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>📖 Großmann, <i>Mathematischer Einführungskurs für die Physik</i>, Teubner 2000</li> <li>📖 Schilcher, <i>Theoretische Physik kompakt für das Lehramt</i>, Oldenburg 2010</li> <li>📖 Nolting, <i>Grundkurs Theoretische Physik 1 - Klassische Mechanik</i>, Springer</li> </ul>			
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> Schulkenntnisse in Mathematik und Physik (gymnasiale Oberstufe)			
ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung: keine			
<b>Verwendbarkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fächerübergreifender Bachelor</li> <li>• Zertifikatsstudiengang Drittes Fach für das Lehramt an Gymnasien</li> <li>• Bachelorstudiengang Meteorologie (Kernmodul)</li> </ul>			

Theoretische Physik B		2552	
Semesterlage	Sommersemester		
Modulverantwortliche(r)	Institut für Theoretische Physik		
Lehrveranstaltungen (SWS)	Vorlesung Theoretische Physik B Übung zu Theoretische Physik B		
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP	Studienleistung: Übung Prüfungsleistung: Klausur		
Notenzusammensetzung	geht nicht in die Bachelornote ein		
Leistungspunkte (ECTS):	7	Präsenzstudium (h):	75
		Selbststudium (h):	135
<b>Kompetenzziele:</b> Die Studierenden kennen die mathematischen Größen zur Beschreibung physikalischer Theorien. Sie sind in der Lage einfache physikalische Problemstellungen mathematisch zu formulieren und mit analytischen Verfahren sowie numerischen, computergestützten Verfahren zu lösen. Die Studierenden haben die logische Struktur der Elektrodynamik verstanden und kennen die mathematische Formulierung der Gesetzmäßigkeiten. Sie kennen prominente Phänomene der Elektrodynamik und können diese aus den Grundgleichungen herleiten. Die Studierenden sind in der Lage analytische Lösungswege für grundlegende und einfache Probleme der Elektrodynamik zu finden sowie geeignete mathematische und physikalische Näherungen bei der Lösung ausgewählter Problemstellungen zu machen.			
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vektorfelder: Vektoranalysis, Integralsätze, Laplace-Operator</li> <li>• Maxwell-Gleichungen: integrale Form, Anfangs- und Randwerte, Grenzflächen</li> <li>• Potentiale, Eichfreiheit, Vakuum-Lösung, Lösung mit Quellen, Retardierung</li> <li>• lineare partielle Differentialgleichungen: Separation, Greensche Funktion</li> <li>• Fourier-Analyse: Fourier-Reihen</li> <li>• Elektrostatik: Randwertprobleme, Potentialtheorie</li> <li>• Magnetostatik: fadenförmige Stromverteilungen</li> <li>• bewegte Punktladungen, Lienard-Wiechert-Potentiale,</li> <li>• elektromagnetische Wellen: im Vakuum, Einfluss der Quellen</li> <li>• Feldenergie, Poynting-Vektor</li> <li>• spezielle Relativitätstheorie: Lorentz-Transformation, Zeitdilatation, Längenkontraktion, Raumzeit, Vierervektoren, Minkowski-Metrik</li> </ul> Programmierung einfacher numerischer Verfahren zur Lösung und Visualisierung physikalischer Probleme			
<b>Grundlegende Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>📖 Schilcher, <i>Theoretische Physik kompakt für das Lehramt</i>, Oldenburg 2010</li> <li>📖 J.D. Jackson, <i>Klassische Elektrodynamik</i>, Gruyter, Walter de GmbH</li> <li>📖 Nolting, <i>Grundkurs Theoretische Physik 3 - Elektrodynamik</i>, Springer</li> <li>📖 Schmüser, <i>Theoretische Physik für Studierende des Lehramts 2 - Elektrodynamik und SRT</i>, Springer</li> <li>📖 Griffiths, <i>Elektrodynamik: Eine Einführung</i>, Pearson 2014</li> </ul>			
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• „Theoretische Physik A“</li> <li>• Schulkenntnisse in Mathematik und Physik (gymnasiale Oberstufe)</li> </ul>			
ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung: keine			
<b>Verwendbarkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fächerübergreifender Bachelor</li> <li>• Zertifikatsstudiengang Drittes Fach für das Lehramt an Gymnasien</li> <li>• Bachelorstudiengang Meteorologie (Kernmodul)</li> </ul>			

Angewandte Mathematik		2552	
Semesterlage	Winter- und Sommersemester		
Modulverantwortliche(r)	Institut für Mathematische Stochastik, Institut für Angewandte Mathematik		
Lehrveranstaltungen (SWS)	Vorlesung „Numerische Mathematik A“ Übung zu „Numerische Mathematik A“ Vorlesung „Stochastik A“ Übungen zu „Stochastik A“  Statt VL und UE „Stochastik A“ kann auch die Veranstaltung Umweltdatenanalyse gewählt werden		
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP	Studienleistung: Übungsaufgaben zu Numerische Mathematik A und Stochastik A Prüfungsleistung: Jeweils eine Klausur zu Numerische Mathematik A und Stochastik A		
Notenzusammensetzung	Note der 2 Klausuren (zu je gleichem Gewicht)		
Leistungspunkte (ECTS):	8	Präsenzstudium (h):	90
		Selbststudium (h):	150
<b>Kompetenzziele:</b> Kenntnis numerischer Methoden zur näherungsweise Lösung einfacher mathematischer Problemstellungen. Einschätzung der Eignung verschiedener Methoden je nach Gegebenheit und der Grenzen der Anwendbarkeit numerischer Methoden. Sicherer Umgang mit stochastischen Methoden und statistischen Fragestellungen. Wissen über Grundlagen der Kombinatorik, Wahrscheinlichkeitstheorie und statistische Methoden. Verständnis der Modelle, Beherrschung elementarer stochastischer Denkweisen. Fähigkeit zur mathematischen Beschreibung und Analyse einfacher zufallsabhängiger Problemstellungen und zum Lösen einfacher Aufgaben mit Präsentation in der Übung.			
<b>Inhalte:</b> Numerische Mathematik A: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Interpolation von Funktionen durch Polynome und Splines</li> <li>• Quadraturformeln zur numerischen Integration,</li> <li>• direkte Verfahren für lineare Gleichungssysteme</li> <li>• iterative Verfahren für lineare Gleichungssysteme</li> <li>• Newton-Verfahren für nichtlineare Gleichungssysteme</li> <li>• Kondition mathematischer Problemstellungen und Stabilität numerischer Algorithmen</li> </ul> Stochastik A: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wahrscheinlichkeitsräume</li> <li>• Laplace-Experimente</li> <li>• bedingte Wahrscheinlichkeiten und Unabhängigkeit,</li> <li>• Zufallsgrößen und ihre Verteilungen,</li> <li>• Zentrale Grenzwertsatz</li> </ul>			
<b>Grundlegende Literatur:</b>  Quarteroni, R. Sacco, F. Saleri: <i>Numerische Mathematik I und II. Springer-Verlag.</i>  Georgii, H.: <i>Stochastik, de Gruyter</i>			
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b>			
ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung: keine			
<b>Verwendbarkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bachelorstudiengang Meteorologie (Kernmodul)</li> </ul>			

Programmieren		2553	
Semesterlage	Sommersemester		
Modulverantwortliche(r)	Fechner, Institut für Meteorologie und Klimatologie		
Lehrveranstaltungen (SWS)	Vorlesung Einführung in das Programmieren Übung zu Einführung in das Programmieren		
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP	Studienleistungen: Übungsaufgaben		
Notenzusammensetzung	-		
Leistungspunkte (ECTS):	4	Präsenzstudium (h):	45
		Selbststudium (h):	75
<b>Kompetenzziele:</b> Die Studierenden beherrschen die Grundlagen des Programmierens in einer höheren Programmiersprache und können diese bei der Entwicklung eigener Programme zum Lösen einfacher Probleme selber anwenden (Methodenkompetenz).			
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bausteine von Programmen: Anwendungsfolgen, Schleifen, Alternativen</li> <li>• Programmablaufpläne, Struktogramme</li> <li>• Sprachelemente von FORTRAN95: Datentypen, Felder, Ausdrücke, Feldausdrücke, IF-, CASE-, DO-Strukturen</li> <li>• formatierte und unformatierte Ein-/Ausgabe, NAMELIST I/O</li> <li>• Programmeinheiten: Unterprogramme, Module, Interfaces</li> </ul>			
<b>Grundlegende Literatur:</b>  Metcalf, M. und J. Reid: <i>FORTRAN 90/95 Explained</i> . Oxford University Press.			
Empfohlene Vorkenntnisse: keine			
ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung: keine			
<b>Verwendbarkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bachelorstudiengang Meteorologie (Kernmodul)</li> </ul>			

<b>Einführung in die Meteorologie</b>		<b>2560</b>	
Semesterlage	Sommer- und Wintersemester		
Modulverantwortliche(r)	Seckmeyer, Institut für Meteorologie und Klimatologie		
Lehrveranstaltungen (SWS)	Vorlesung Einführung in die Meteorologie I Übung zu Einführung in die Meteorologie I Vorlesung Einführung in die Meteorologie II Übung zu Einführung in die Meteorologie II		
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP	<b>Studienleistung:</b> Übungsaufgaben zu Einführung in die Meteorologie I und II <b>Prüfungsleistung:</b> Jeweils eine Klausur zur Einführung in die Meteorologie I und II		
Notenzusammensetzung	Note der zwei Klausuren mit je gleichem Gewicht		
Leistungspunkte (ECTS):	8	Präsenzstudium (h):	90
		Selbststudium (h):	150
<b>Kompetenzziele:</b> Die Studierenden haben nach Abschluss des Zyklus einen Überblick über Meteorologie und Umweltphysik, sodass Kompetenzen für die spätere Einordnung weiterführender Vorlesungen in das Studium erlangt werden können. Die Übungen fördern auch die Kommunikationsfähigkeit und die Methodenkompetenz bei der Umsetzung von Fachwissen.			
<b>Inhalte:</b> Einführung in die Meteorologie I: Die Atmosphäre und das Erdsystem. Wetter und Klima. Atmosphärische Skalen. Die wichtigsten physikalischen Größen zur Beschreibung der Atmosphäre; ihre typischen räumlichen Verteilungen und Messverfahren. Zudem Grundlagen solarer und terrestrischer Strahlung. Die chemische Zusammensetzung der Luft, Wasserdampf, Ozon einschließlich der Mechanismen für die Entstehung des Ozonlochs, die Treibhausgase und Treibhauseffekt, der Wasserkreislauf und der Massenkreislauf verschiedener Spurenstoffe.  Einführung in die Meteorologie II: Grundlagen der Aerosole, Wolken und des Niederschlags. Stoff-, Impuls-, und Energieflüsse im Erdsystem. Energieumwandlungen, Thermodynamische Grundgleichungen, meteorologische Beobachtungssysteme sowie internationale Messnetze, Energiemeteorologie			
<b>Grundlegende Literatur:</b> 📖 Kraus, <i>Die Atmosphäre der Erde: Eine Einführung in die Meteorologie</i> , Springer 📖 Hauf, Seckmeyer, <i>Skript zur Vorlesung Einführung in die Meteorologie I</i> 📖 Hauf, Seckmeyer, <i>Skript zur Vorlesung Einführung in die Meteorologie II</i> 📖 Häckel, <i>Meteorologie</i> , UTB, Stuttgart 📖 Roedel, <i>Physik unserer Umwelt</i> , Springer 📖 Liljequist, <i>Allgemeine Meteorologie</i> , Springer			
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b>			
ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung: keine			
<b>Verwendbarkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bachelorstudiengang Meteorologie (Kernmodul)</li> <li>• Bachelor Geographie</li> <li>• Master Landschaftsarchitektur</li> <li>• Bachelor und Master Physik</li> </ul>			

Strahlung		2003	
Semesterlage	Sommersemester und Wintersemester		
Modulverantwortliche(r)	Seckmeyer, Institut für Meteorologie und Klimatologie		
Lehrveranstaltungen (SWS)	Vorlesung Strahlung I Vorlesung Strahlung II Übung zu Strahlung I Übung zu Strahlung II		
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP	Studienleistung: Übungen jeweils zu Strahlung I, Strahlung II Prüfungsleistung: mündliche Prüfung		
Notenzusammensetzung	Note der mündlichen Prüfung		
Leistungspunkte (ECTS):	8	Präsenzstudium (h):	90
		Selbststudium (h):	150
<b>Kompetenzziele:</b> Die Studierenden haben vertiefte physikalische und meteorologische Kenntnisse im Bereich der solaren Strahlung und können diese in Beispielen selber anwenden. Sie kennen grundlegende Messmethoden der Strahlungsphysik im optischen Bereich und deren Qualitätssicherung sowie Qualitätskontrolle. Die theoretischen und experimentellen Übungen fördern auch die Kommunikationsfähigkeit und die Methodenkompetenz bei der Umsetzung von Fachwissen.			
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• grundlegende Begriffe der Strahlungsphysik, Strahlungsprozesse in der Atmosphäre</li> <li>• Messmethoden der Strahlungsphysik</li> <li>• Grundlagen der Lichttechnik</li> <li>• Astronomische, Chemische, Biologische und medizinische Grundlagen</li> <li>• Verfahren zur Berechnung des Strahlungstransfers in der Atmosphäre</li> </ul>			
<b>Grundlegende Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>📖 Seckmeyer et al., <i>Instruments to measure solar ultraviolet radiation, Parts 1-4: WMO-GAW reports</i>, No.126, 2001, No. 164, 2006, No. 190, 2010, No. 191, 2011</li> <li>📖 Seckmeyer, <i>Skript zur Vorlesung Strahlung</i></li> <li>📖 Bergmann-Schäfer, Band 3 <i>Optik</i>, Gruyter</li> </ul>			
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modul "Einführung in die Meteorologie"</li> <li>• Für die Übung Strahlung II ist eine erfolgreiche Teilnahme an der Übung Strahlung I erforderlich.</li> </ul>			
ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung: keine			
<b>Verwendbarkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bachelorstudiengang Meteorologie (Kernmodul)</li> <li>• Master Studienfach optische Technologien</li> <li>• Bachelor und Master Physik</li> </ul>			

<b>Wolkenphysik</b>		2011	
Semesterlage	Sommersemester		
Modulverantwortliche(r)	Raasch, Institut für Meteorologie und Klimatologie		
Lehrveranstaltungen (SWS)	Vorlesung Wolkenphysik Übung zu Wolkenphysik		
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP	Studienleistung: Übungen Prüfungsleistung: mündliche Prüfung oder Klausur		
Notenzusammensetzung	Note der Prüfung		
Leistungspunkte (ECTS):	4	Präsenzstudium (h):	45
		Selbststudium (h):	75
<b>Kompetenzziele:</b> Die Studierenden haben vertiefte physikalische Kenntnisse in Wolkenphysik und können diese an Beispielen selber anwenden. In den theoretischen und experimentellen Übungen oder beim Erarbeiten eines Vortrages wird die Methodenkompetenz bei der Umsetzung von Fachwissen gefördert aber auch die Kommunikationsfähigkeit.			
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aktivierung von Tropfen</li> <li>• Eigenschaften einzelner Tropfen</li> <li>• Partikel- Populationen</li> <li>• Kollision und Koaleszenz</li> <li>• Warme Wolken und die Entwicklung von Regen</li> <li>• Atmosphärisches Eis</li> <li>• Aerosole</li> <li>• Wolkenphysik-Modelle</li> </ul>			
<b>Grundlegende Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>📖 Pruppacher und Klett, <i>Microphysics of Clouds and Precipitation</i>, Springer</li> <li>📖 Rogers und Yau, <i>A short course in Cloud Physics</i>, A Butterworth-Heinemann Title; 3 edition,</li> </ul>			
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modul "Einführung in die Meteorologie"</li> <li>• Vorlesung und Übung „Thermodynamik und Statik“ (im Modul Theoretische Meteorologie)</li> </ul>			
ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung: keine			
<b>Verwendbarkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bachelorstudiengang Meteorologie (Kernmodul)</li> <li>• Bachelor und Master Physik</li> </ul>			

Instrumentenpraktikum		2102	
Semesterlage	Wintersemester		
Modulverantwortliche(r)	Gross, Institut für Meteorologie und Klimatologie		
Lehrveranstaltungen (SWS)	Praktikum Instrumentenpraktikum		
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP	Studienleistung: Laborübung		
Notenzusammensetzung	-		
Leistungspunkte (ECTS):	6	Präsenzstudium (h):	90
		Selbststudium (h):	90
<b>Kompetenzziele:</b> Die Studierenden kennen die grundlegenden meteorologischen Messmethoden und können diese selber praktisch anwenden, wobei die kritische Beurteilung von Messergebnissen hinsichtlich ihrer Aussagekraft und Genauigkeit von wichtiger Bedeutung ist. Die Durchführung der Experimente in Kleingruppen fördert zudem die Teamfähigkeit.			
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Durchführung von Labor- und Feldversuchen mit Messungen der meteorologischen Grundgrößen Temperatur, Druck, Feuchte, Windgeschwindigkeit sowie einzelner Komponenten der Strahlungs- und Energiebilanz</li> </ul>			
<b>Grundlegende Literatur:</b> Skript zum Instrumentenpraktikum			
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Module "Einführung in die Meteorologie"</li> <li>Module „Mechanik und Wärme“, „Elektrizität und Relativität“, „Optik, Atome, Moleküle, Quantenphänomene“ und „Kerne, Teilchen, Festkörper“</li> <li>Modul „Strahlung“</li> </ul>			
ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung: keine			
<b>Verwendbarkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Bachelorstudiengang Meteorologie (Kernmodul)</li> <li>Master Landschaftswissenschaften</li> <li>Bachelor Physik</li> </ul>			

Klimatologie		2002	
Semesterlage	Wintersemester		
Modulverantwortliche(r)	Gross, Institut für Meteorologie und Klimatologie		
Lehrveranstaltungen (SWS)	Vorlesung Klimatologie Übung zu Klimatologie		
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP	Studienleistung: Übungen Prüfungsleistung: Klausur		
Notenzusammensetzung	Note der Klausur		
Leistungspunkte (ECTS):	4	Präsenzstudium (h):	45
		Selbststudium (h):	75
<b>Kompetenzziele:</b> Die Studierenden haben einen Überblick über die Klimatologie, sodass Kompetenzen für die spätere Einordnung von Spezialwissen der Meteorologie und Klimatologie innerhalb der Klimatologie erlangt werden. Die Übungen fördern auch die Kommunikationsfähigkeit und die Methodenkompetenz bei der Umsetzung von Fachwissen.			
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Klimasystem: Komponenten des Klimasystems</li> <li>• Klimate der Erde</li> <li>• Energie- und Wasserhaushalt</li> <li>• Allgemeine Zirkulation der Atmosphäre und des Ozeans</li> <li>• regionale Zirkulationssysteme</li> <li>• Klimaveränderungen</li> <li>• Klimamodellierung</li> <li>• Klimavorhersage</li> <li>• Klimapolitik</li> </ul>			
<b>Grundlegende Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>📖 Mahlberg, <i>Meteorologie und Klimatologie</i>, Springer Verlag</li> <li>📖 Peixoto &amp; Oort, <i>Physics of Climate</i>, Springer Verlag</li> <li>📖 Roedel, <i>Physik unserer Umwelt</i>, Springer Verlag</li> <li>📖 Schönwiese, <i>Klimatologie</i>, UTB, Stuttgart</li> </ul>			
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Module "Einführung in die Meteorologie"</li> </ul>			
ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung: keine			
<b>Verwendbarkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bachelorstudiengang Meteorologie (Kernmodul)</li> <li>• Bachelor Geographie</li> <li>• Bachelor und Master Physik</li> </ul>			

Theoretische Meteorologie		2561	
Semesterlage	Winter- und Sommersemester		
Modulverantwortliche(r)	Raasch, Institut für Meteorologie und Klimatologie		
Lehrveranstaltungen (SWS)	Vorlesung Thermodynamik und Statik Übung zu Thermodynamik und Statik Vorlesung Kinematik und Dynamik Übung zu Kinematik und Dynamik Vorlesung Turbulenz und Diffusion Übung zu Turbulenz und Diffusion		
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP	<b>Studienleistung:</b> Übungsaufgaben zu Thermodynamik und Statik, Kinematik und Dynamik, sowie Turbulenz und Diffusion <b>Prüfungsleistung:</b> Jeweils eine Klausur zu Thermodynamik und Statik, Kinematik und Dynamik, sowie Turbulenz und Diffusion		
Notenzusammensetzung	Note der 3 Klausuren (zu je gleichem Gewicht)		
Leistungspunkte (ECTS):	12	Präsenzstudium (h):	135
		Selbststudium (h):	225
<b>Kompetenzziele:</b>			
Die Studierenden lernen die Grundlagen der theoretischen Meteorologie und können diese in Beispielen selber anwenden (Methodenkompetenz).			
<b>Inhalte:</b>			
Thermodynamik und Statik			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erster und zweiter Hauptsatz der Thermodynamik, Entropie, Carnot'scher Kreisprozess, Wirkungsgrad</li> <li>• potentielle Temperatur, thermische Schichtung, vertikaler Aufbau der ruhenden Atmosphäre</li> <li>• Wasser und seine Phasenübergänge</li> <li>• thermodynamische Diagrammpapiere</li> </ul>			
Kinematik und Dynamik			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• physikalisch-mathematischen Grundlagen atmosphärischer Strömungen: Eulersche Bewegungsgleichung, Vorticity-Gleichung (2D/3D), quasi-geostrophische Gleichungen</li> <li>• meteorologische Phänomene: geostrophischer und thermischer Wind, Schallwellen, Schwerewellen, Rossbywellen</li> <li>• Linearisierung, Stabilitätsanalyse</li> <li>• barotrope und barokline Instabilität</li> </ul>			
Turbulenz und Diffusion			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Meteorologische Phänomene, die durch Reibung dominiert werden</li> <li>• Navier-Stokes-Gleichung</li> <li>• Reynolds-Mittelung, Gleichung für die turbulente kinetische Energie, Richardson-Fluss-Zahl</li> <li>• Vorgänge in der atmosphärischen Grenzschicht: Prandtl-Schicht, Ekman-Schicht</li> </ul>			
<b>Grundlegende Literatur:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>📖 Etling, <i>Theoretische Meteorologie</i>, Springer Verlag</li> <li>📖 Bohren und Albrecht, <i>Atmospheric Thermodynamics</i>, Oxford University Press</li> <li>📖 Holton, J.R.: <i>An Introduction to Dynamic Meteorology</i>, Academic Press</li> <li>📖 Dutton, J.A.: <i>The Ceaseless Wind</i>, Dover Pubns</li> <li>📖 Stull, R.B.: <i>An Introduction to Boundary Layer Meteorology</i>, Springer</li> </ul>			
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modul „Einführung in die Meteorologie“</li> <li>• Module „Mechanik und Wärme“</li> <li>• Vorlesung und Übungen zu „Mathematische Methoden der Physik“</li> </ul>			
ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung: keine			
<b>Verwendbarkeit:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bachelorstudiengang Meteorologie (Kernmodul)</li> <li>• Bachelor und Master Physik (auch Teile aus diesem Modul)</li> </ul>			

<b>Synoptische Meteorologie</b>		<b>2104</b>	
<b>Semesterlage</b>	Wintersemester und Sommersemester		
<b>Modulverantwortliche(r)</b>	Gryschka, Institut für Meteorologie und Klimatologie		
<b>Lehrveranstaltungen (SWS)</b>	Vorlesung Synoptische Meteorologie I Übung „Übungen zur operationellen Synoptik“ Vorlesung Synoptische Meteorologie II Seminar Wetterbesprechung Übung "Einführung in das Arbeiten mit NINJO"		
<b>Leistungsnachweis zum Erwerb der LP</b>	Studienleistung: Übungsaufgaben zu den Vorlesungen und Seminarleistung Wetterbesprechung		
<b>Notenzusammensetzung</b>	-		
<b>Leistungspunkte (ECTS):</b>	8	<b>Präsenzstudium (h):</b>	164
		<b>Selbststudium (h):</b>	76
<b>Kompetenzziele:</b> Die Studierenden verstehen die Grundlagen der Wetteranalyse und -vorhersage, erstellen unter Anleitung und mit vorhandenen Informationssystemen Wetteranalysen und -vorhersagen und präsentieren diese schriftlich und mündlich mit anschließender Diskussion. Sie entwickeln so neben der Fachkompetenz Kompetenzen im Medieneinsatz, kritischer Diskussion, Präsentation vor Fachpublikum, als auch der kundenorientierten Aufbereitung/Präsentation von Fachwissen.			
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nutzung moderner meteorologischer Informationssysteme</li> <li>• Analyse atmosphärischer Zustände</li> <li>• Vorhersage der Wetterentwicklung</li> <li>• Präsentation der Ergebnisse</li> <li>• Eigene Beiträgen zur wissenschaftlichen Diskussion von Wetteranalyse und -vorhersage</li> </ul>			
<b>Grundlegende Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>📖 Kurz, <i>Synoptische Meteorologie</i>, Band 8 der Leitfäden für die Ausbildung im Deutschen Wetterdienst, Offenbach 1990.</li> <li>📖 Bott, <i>Synoptische Meteorologie – Methoden der Wetteranalyse und –prognose</i>, Springer, Berlin Heidelberg 2012</li> </ul>			
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modul „Einführung in die Meteorologie“</li> <li>• Vorlesungen und Übungen zu „Thermodynamik und Statik“, sowie „Kinematik und Dynamik“</li> </ul>			
<b>ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung:</b> keine			
<b>Verwendbarkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bachelorstudiengang Meteorologie (Kernmodul)</li> <li>• Master Landschaftswissenschaften</li> </ul>			

Studium und Beruf		2105
Semesterlage	Wintersemester, vorlesungsfreie Zeit (Praktikum), nachfolgendes Wintersemester (Vortrag)	
Modulverantwortliche(r)	Gross, Institut für Meteorologie und Klimatologie	
Lehrveranstaltungen (SWS)	Seminar Einführung in das Studium der Meteorologie Praktikum Berufskundliches Praktikum	
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP	Studienleistung: Praktikum mit Praktikumsbericht	
Notenzusammensetzung	-	
Leistungspunkte (ECTS):	5	Präsenz- und Selbststudium (h): 150
<b>Kompetenzziele:</b> Die Studierenden werden im ersten Semester in das Studium der Meteorologie eingeführt, mit den spezifischen Anforderungen in fachlicher und methodischer Hinsicht vertraut gemacht, lernen Dozenten und Forschung am Institut und die meteorologische Berufswelt in Bezug zu ihren eigenen Berufs- und Studienvorstellungen kennen.		
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung in die Einrichtungen der Universität und den studentischen Alltag</li> <li>• Einführung in die Forschung am Institut</li> <li>• 4-wöchige praktische Tätigkeit an Arbeitsplatz in Forschung, Behörden oder Industrie unter meteorologischer Betreuung individuelle Studienberatung/Mentoring</li> </ul>		
<b>Grundlegende Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>📖 Hans-Werner Rückert <i>Studieneinstieg, aber richtig. Das müssen Sie wissen: Fachwahl, Studienort, Finanzierung, Studienplanung</i>, 2002, ISBN: 3-593-36899-4, Gruppe: Studienratgeber, Reihe: campus concret, Band: 65</li> <li>📖 Otto Kruse, <i>Handbuch Studieren, Von der Einschreibung bis zum Examen</i>, 1998, ISBN: 3-593-36070-5, Gruppe: Studienratgeber, Reihe: campus concret, Band: 32</li> </ul>		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b>		
<b>ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung:</b> keine		
<b>Verwendbarkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bachelorstudiengang Meteorologie (Kernmodul)</li> </ul>		

Meteorologische Exkursion I		2106
Semesterlage	Sommersemester, vorlesungsfreie Zeit (Praktikum)	
Modulverantwortliche	Seckmeyer, Institut für Meteorologie und Klimatologie	
Lehrveranstaltungen (SWS)	Exkursion Meteorologische Exkursion I	
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP	Studienleistung: Exkursionsbericht	
Notenzusammensetzung	-	
Leistungspunkte (ECTS):	2	Präsenz- und Selbststudium (h): 60
<b>Kompetenzziele:</b> Die Studierenden beschäftigen sich vor der Exkursion eigenverantwortlich mit einem thematischen Teilaspekt der Exkursion, tragen darüber während der Exkursion vor und stehen als Diskussions- und Ansprechpartner zur Verfügung, verfassen dazu einen schriftlichen Beitrag zum Exkursionsbericht, diskutieren diesen mit dem Betreuer und berichten dann während des Abschlusseseminars. Dadurch wird ein thematischer Aspekt in besonderer Weise inhaltlich durchdrungen. Durch die Präsentation wird die Vortragstechnik weiter geschult.		
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Teilnahme an einer ein- oder zweiwöchigen, im allgemeinen thematisch orientierten Exkursion (z.B. maritim oder alpin)</li> <li>• Vorbereitung auf einen thematischen Teilaspekt der Exkursion und anschließender schriftlicher Ausarbeitung als Beitrag zum Exkursionsbericht. Vortrag (10 Min.) im Exkursionsabschlusseseminar.</li> </ul>		
<b>Grundlegende Literatur:</b>  Ursula Steinbuch <i>Raus mit der Sprache. Ohne Redeangst durchs Studium.</i> 2005 ISBN: 3-593-37838-8, Gruppe: Studienratgeber, Reihe: campus concret		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modul „Studium und Beruf“</li> <li>• Vorlesung „Einführung in die Meteorologie I“</li> </ul>		
<b>ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung:</b> keine		
<b>Verwendbarkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bachelorstudiengang Meteorologie (Kernmodul)</li> </ul>		

## Bachelor Meteorologie – Wahlbereich

Turbulenz II		2210
Semesterlage	Wintersemester	
Modulverantwortliche(r)	Raasch, Institut für Meteorologie und Klimatologie	
Lehrveranstaltungen (SWS)	„Turbulenz II“	
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP	Studienleistung: gemäß §6 der Prüfungsordnung Prüfungsleistung: Eine mündliche Prüfung über zwei Module oder 2 mündliche Prüfungen	
Notenzusammensetzung	Note der mündlichen Prüfung. Siehe PO BA Meteorologie	
Leistungspunkte (ECTS):	4	Präsenz- und Selbststudium (h): 45 und 75
Kompetenzziele: Erweiterung der Fachkompetenz.		
Inhalte: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Turbulenzeigenschaften</li> <li>• Ensemble gemittelte Gleichungen</li> <li>• Räumlich gemittelte Gleichungen</li> <li>• Turbulente Flüsse</li> <li>• Erhaltungsgleichungen für Kovarianzen</li> </ul>		
Grundlegende Literatur:  * Wyngaard, <i>Turbulence in the Atmosphere</i> , Cambridge University Press		
Empfohlene Vorkenntnisse: <ul style="list-style-type: none"> <li>• „Kinematik und Dynamik“</li> <li>• „Turbulenz und Diffusion“</li> </ul>		
ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung:		
Verwendbarkeit: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bachelorstudiengang Meteorologie (Wahlbereich Meteorologie)</li> </ul>		

<b>Atmosphärische Konvektion</b>		<b>2211</b>
Semesterlage	Wintersemester	
Modulverantwortliche(r)	Raasch, Institut für Meteorologie und Klimatologie	
Lehrveranstaltungen (SWS)	„Atmosphärische Konvektion“	
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP	<b>Studienleistung:</b> gemäß §6 der Prüfungsordnung <b>Prüfungsleistung:</b> Eine mündliche Prüfung über zwei Module oder 2 mündliche Prüfungen	
Notenzusammensetzung	Note der mündlichen Prüfung. Siehe PO BA Meteorologie	
Leistungspunkte (ECTS):	4	<b>Präsenz- und Selbststudium (h):</b> 45 und 75
<b>Kompetenzziele:</b> Erweiterung der Fachkompetenz.		
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlagen der thermischen Konvektion: Rayleigh-Zahl, Konvektion zwischen Platten, molekularer/konvektiver Wärmetransport, Nusselt-Zahl, analytische Berechnung der kritischen Rayleigh-Zahl</li> <li>• Atmosphärische Konvektion: Grenzschichtwachstum, Entrainment, Strukturbildung</li> </ul>		
<b>Grundlegende Literatur:</b>  Stull, R.B.: <i>An Introduction to Boundary Layer Meteorology</i> , Springer  Tritton: <i>Physical Fluid Dynamics</i> , Oxford University Press		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• „Thermodynamik und Statik“</li> <li>• „Kinematik und Dynamik“</li> <li>• „Turbulenz und Diffusion“</li> </ul>		
ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung:		
<b>Verwendbarkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bachelorstudiengang Meteorologie (Wahlbereich Meteorologie)</li> </ul>		

Simulation turbulenter Strömungen mit LES-Modellen		2212
Semesterlage	Sommersemester	
Modulverantwortliche(r)	Raasch, Institut für Meteorologie und Klimatologie	
Lehrveranstaltungen (SWS)	„Simulation turbulenter Strömungen mit LES-Modellen“	
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP	<b>Studienleistung:</b> gemäß §6 der Prüfungsordnung <b>Prüfungsleistung:</b> Eine mündliche Prüfung über zwei Module oder 2 mündliche Prüfungen	
Notenzusammensetzung	Note der mündlichen Prüfung. Siehe PO BA Meteorologie	
Leistungspunkte (ECTS):	4	<b>Präsenz- und Selbststudium (h):</b> 45 und 75
<b>Kompetenzziele:</b> Erweiterung der Fachkompetenz.		
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundprinzipien der Turbulenzsimulation: Direkte numerische Simulation (DNS), Grobstruktursimulation (Large-Eddy Simulation, LES), Filterung, SGS-Modelle</li> <li>• Numerik von LES-Modellen am Beispiel des LES-Modells PALM: Grundgleichungen, numerische Verfahren, Parallelisierung</li> <li>• Beispiele von Turbulenzsimulationen atmosphärischer Grenzschichtströmungen</li> </ul>		
<b>Grundlegende Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>📖 Fröhlich, J.: <i>Large Eddy Simulation turbulenter Strömungen</i>, Springer</li> <li>📖 Sagaut, P: <i>Large Eddy Simulation for Incompressible Flows</i>, Springer</li> </ul>		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• „Turbulenz und Diffusion“</li> <li>• „Numerische Wettervorhersage“</li> <li>• „Atmosphärische Grenzschicht und Konvektion“</li> <li>• „Programmierpraktikum zur numerischen Wettervorhersage“</li> </ul>		
ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung:		
<b>Verwendbarkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bachelorstudiengang Meteorologie (Wahlbereich Meteorologie)</li> </ul>		

<b>Agrarmeteorologie</b>		2213
Semesterlage	Sommersemester	
Modulverantwortliche(r)	Gross, Institut für Meteorologie und Klimatologie	
Lehrveranstaltungen (SWS)	„Agrarmeteorologie“	
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP	<b>Studienleistung:</b> gemäß §6 der Prüfungsordnung <b>Prüfungsleistung:</b> Eine mündliche Prüfung über zwei Module oder 2 mündliche Prüfungen	
Notenzusammensetzung	Note der mündlichen Prüfung. Siehe PO BA Meteorologie	
Leistungspunkte (ECTS):	4	<b>Präsenz- und Selbststudium (h):</b>
<b>Kompetenzziele:</b> Erweiterung der Fachkompetenz.		
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Strahlungs- und Wasserhaushalt von Pflanzen</li> <li>• Globales Wasser- und Strahlungsangebot, Klimazonen</li> <li>• Belaubungscharakteristik</li> <li>• Wasser und Pflanze</li> <li>• Bestimmung der Verdunstung und des Bodenwassergehaltes</li> <li>• Bestandsklimate</li> <li>• Phänologie</li> <li>• Pflanzenschäden und deren Verhütung</li> <li>• Das Klima in besonderen Räumen</li> <li>• Bauernregel und Singularitäten</li> <li>• Landwirtschaft und Klimaentwicklung</li> </ul>		
<b>Grundlegende Literatur:</b>  Vorlesungsskript		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• „Einführung in die Meteorologie“</li> </ul>		
<b>ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung:</b>		
<b>Verwendbarkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bachelorstudiengang Meteorologie (Wahlbereich Meteorologie)</li> </ul>		

<b>Lokalklimate</b>		<b>2214</b>
Semesterlage	Wintersemester	
Modulverantwortliche(r)	Gross, Institut für Meteorologie und Klimatologie	
Lehrveranstaltungen (SWS)	„Lokalklimate“	
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP	<b>Studienleistung:</b> gemäß §6 der Prüfungsordnung <b>Prüfungsleistung:</b> Eine mündliche Prüfung über zwei Module oder 2 mündliche Prüfungen	
Notenzusammensetzung	Note der mündlichen Prüfung. Siehe PO BA Meteorologie	
Leistungspunkte (ECTS):	4	<b>Präsenz- und Selbststudium (h):</b> 45 and 75
<b>Kompetenzziele:</b> Erweiterung der Fachkompetenz.		
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Das Klima der bodennahen Luftschicht</li> <li>• Das Klima der Stadt</li> <li>• Lokalklima Wald</li> <li>• Lokalklima Wasser und Küste</li> <li>• Das Klima in orographisch gegliedertem Gelände</li> </ul>		
<b>Grundlegende Literatur:</b>  Vorlesungsskript		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• „Einführung in die Meteorologie“</li> </ul>		
<b>ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung:</b>		
<b>Verwendbarkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bachelorstudiengang Meteorologie (Wahlbereich Meteorologie)</li> </ul>		

Numerische Wettervorhersage		2215
Semesterlage	Sommersemester	
Modulverantwortliche(r)	Seckmeyer, Institut für Meteorologie und Klimatologie	
Lehrveranstaltungen (SWS)	„Numerische Wettervorhersage“	
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP	<b>Studienleistung:</b> gemäß §6 der Prüfungsordnung <b>Prüfungsleistung:</b> Eine mündliche Prüfung über zwei Module oder 2 mündliche Prüfungen	
Notenzusammensetzung	Note der mündlichen Prüfung. Siehe PO BA Meteorologie	
Leistungspunkte (ECTS):	4	<b>Präsenz- und Selbststudium (h):</b>
<b>Kompetenzziele:</b> Erweiterung der Fachkompetenz.		
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Grundgleichungen</li> <li>• Meteorologische Koordinatensysteme</li> <li>• Kartenprojektionen</li> <li>• Das Filterproblem</li> <li>• Gefilterte Prognosemodelle</li> <li>• Ungefilterte Prognosemodelle</li> <li>• Initialisierung</li> <li>• Zur numerischen Lösung des Gleichungssystems</li> <li>• Die Vorhersagemodelle des DWD</li> <li>• Prognoseprüfung</li> </ul>		
<b>Grundlegende Literatur:</b>  Roache, <i>Computational Fluid Dynamics</i> , Hermosa Publishers		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modul "Einführung in die Meteorologie"</li> <li>• "Kinematik und Dynamik"</li> </ul>		
<b>ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung:</b> Siehe Lehrveranstaltungskatalog		
<b>Verwendbarkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bachelorstudiengang Meteorologie (Wahlbereich Meteorologie)</li> </ul>		

<b>Fernerkundung I</b>		<b>2107</b>
Semesterlage	Wintersemester	
Modulverantwortliche(r)	Gross, Institut für Meteorologie und Klimatologie	
Lehrveranstaltungen (SWS)	„Fernerkundung I“	
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP	<b>Studienleistung:</b> gemäß §6 der Prüfungsordnung <b>Prüfungsleistung:</b> Eine mündliche Prüfung über zwei Module oder 2 mündliche Prüfungen	
Notenzusammensetzung	Note der mündlichen Prüfung. Siehe PO BA Meteorologie	
Leistungspunkte (ECTS):	4	<b>Präsenz- und Selbststudium (h):</b>
<b>Kompetenzziele:</b> Erweiterung der Fachkompetenz.		
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlagen für Messungen von Satelliten und deren Anwendung zur Erfassung von atmosphärischen Prozessen</li> <li>• Fernerkundungsverfahren mit Satelliteninstrumenten. Ableitung von Temperatur, Wolken und Spurengasmessungen mit Fernerkundungsinstrumenten vom Satelliten und vom Boden.</li> <li>• Ableitung von Strahlungsmessungen aus Satellitendaten</li> </ul>		
<b>Grundlegende Literatur:</b>  Kidder and Vonder Haar: <i>Satellite Meteorology: An Introduction</i> , Academic Press		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• „Einführung in die Meteorologie“</li> <li>• „Strahlung“</li> </ul>		
ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung:		
<b>Verwendbarkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bachelorstudiengang Meteorologie (Wahlbereich Meteorologie)</li> </ul>		

<b>Fernerkundung II</b>		<b>2107</b>
Semesterlage	Sommersemester	
Modulverantwortliche(r)	Gross, Institut für Meteorologie und Klimatologie	
Lehrveranstaltungen (SWS)	Siehe Lehrveranstaltungskatalog	
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP	<b>Studienleistung:</b> gemäß §6 der Prüfungsordnung <b>Prüfungsleistung:</b> Eine mündliche Prüfung über zwei Module oder 2 mündliche Prüfungen	
Notenzusammensetzung	Note der mündlichen Prüfung. Siehe PO BA Meteorologie	
Leistungspunkte (ECTS):	4	<b>Präsenz- und Selbststudium (h):</b>
<b>Kompetenzziele:</b> Erweiterung der Fachkompetenz.		
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Der Beitrag bodengebundener und satellitengestützter Fernerkundungsverfahren zu aktuellen Forschungsthemen zu Klima, Wetter und globaler Wandel.</li> <li>• Darstellung der Methoden und deren Ergebnisse</li> </ul>		
<b>Grundlegende Literatur:</b>  Kidder and Von der Haar: <i>Satellite Meteorology: An Introduction</i> , Academic Press		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• „Einführung in die Meteorologie“</li> <li>• „Strahlung“</li> <li>• „Fernerkundung I“</li> </ul>		
<b>ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung:</b>		
<b>Verwendbarkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bachelorstudiengang Meteorologie (Wahlbereich Meteorologie)</li> </ul>		

<b>Schadstoffausbreitung</b>		<b>2107</b>
Semesterlage	Wintersemester	
Modulverantwortliche(r)	Gross, Institut für Meteorologie und Klimatologie	
Lehrveranstaltungen (SWS)	„Schadstoffausbreitung in der Atmosphäre“	
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP	<b>Studienleistung:</b> gemäß §6 der Prüfungsordnung <b>Prüfungsleistung:</b> Eine mündliche Prüfung über zwei Module oder 2 mündliche Prüfungen	
Notenzusammensetzung	Note der mündlichen Prüfung. Siehe PO BA Meteorologie	
Leistungspunkte (ECTS):	4	<b>Präsenz- und Selbststudium (h):</b> 45 und 75
<b>Kompetenzziele:</b> Erweiterung der Fachkompetenz.		
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wirkungen von Luftbeimengungen auf die belebte und die unbelebte Natur.</li> <li>• Ausbreitung von Schadstoffen in der Atmosphäre (Emission –Transmission – Immission).</li> <li>• Mathematische Ausbreitungsmodelle (Gauß-Modell, Euler-Modell, Lagrangsches Partikelmodell).</li> <li>• Luftüberwachung (Grenz- und Beurteilungswerte, TA-Luft).</li> <li>• Ausgewählte Probleme der Luftreinhaltung (Ozon, Smog, saurer Regen, Ausbreitung in Straßenschluchten).</li> </ul>		
<b>Grundlegende Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li> Helbig et al., <i>Stadtklima und Luftreinhaltung</i>. Springer Verlag, Berlin.</li> <li> Zenger, <i>Atmosphärische Ausbreitungsmodellierung</i>. Springer Verlag, Berlin</li> </ul>		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• „Einführung in die Meteorologie“</li> <li>• „Kinematik und Dynamik“</li> <li>• „Turbulenz und Diffusion“</li> </ul>		
ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung:		
<b>Verwendbarkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bachelorstudiengang Meteorologie (Wahlbereich Meteorologie)</li> </ul>		

Programmierpraktikum zur Numerischen Wettervorhersage		2107
Semesterlage	Wintersemester	
Modulverantwortliche(r)	Raasch, Institut für Meteorologie und Klimatologie	
Lehrveranstaltungen (SWS)	„Programmierpraktikum zur Numerischen Wettervorhersage“	
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP	<b>Studienleistung:</b> gemäß §6 der Prüfungsordnung <b>Prüfungsleistung:</b> Eine mündliche Prüfung über zwei Module oder 2 mündliche Prüfungen	
Notenzusammensetzung	Note der mündlichen Prüfung. Siehe PO BA Meteorologie	
Leistungspunkte (ECTS):	4	<b>Präsenz- und Selbststudium (h):</b> 45 und 75
<b>Kompetenzziele:</b> Erweiterung der Fachkompetenz.		
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Entwicklung und Programmierung eines einfachen zweidimensionalen barotropen Modells zur Prognose des Geopotentials der 500 hPa-Fläche mittels finiter Differenzen auf Basis der 2D-Vorticity-Gleichung sowie der Poisson-Gleichung für das Geopotential</li> <li>• Mit Hilfe des entwickelten Programms: Simulation von Rossby-Wellen, Durchführung einer Vorhersage für den Nordatlantik</li> </ul>		
<b>Grundlegende Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>📖 Etling, D.: <i>Theoretische Meteorologie</i>, Springer</li> <li>📖 Ferziger, J.H. und M. Peric: <i>Computational Methods for Fluid Dynamics</i>, Springer</li> <li>📖 Roache, <i>Computational Fluid Dynamics</i>, Hermosa Publishers</li> </ul>		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• „Angewandtes Programmieren“</li> <li>• „Numerische Wettervorhersage“</li> <li>• „Kinematik und Dynamik“</li> </ul>		
ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung:		
<b>Verwendbarkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bachelorstudiengang Meteorologie (Wahlbereich Meteorologie)</li> </ul>		

Numerisches Praktikum zur Simulation turbulenter Strömungen mit LES-Modellen		2107
Semesterlage	Blockveranstaltung zum Ende des Sommersemesters	
Modulverantwortliche(r)	Raasch, Institut für Meteorologie und Klimatologie	
Lehrveranstaltungen (SWS)	Numerisches Praktikum zur Simulation turbulenter Strömungen mit LES-Modellen	
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP	<b>Studienleistung:</b> gemäß §6 der Prüfungsordnung <b>Prüfungsleistung:</b> Eine mündliche Prüfung über zwei Module oder 2 mündliche Prüfungen	
Notenzusammensetzung	Note der mündlichen Prüfung. Siehe PO BA Meteorologie	
Leistungspunkte (ECTS):	4	Präsenz- und Selbststudium (h): 45 und 75
<b>Kompetenzziele:</b> Erweiterung der Fachkompetenz.		
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Installation des LES-Modells PALM</li> <li>• Durchführung von Simulationen der konvektiven atmosphärischen Grenzschicht und Analyse der Daten</li> <li>• Simulation der turbulenten Umströmung eines Einzelgebäudes</li> <li>• Entwicklung und Programmierung eines Zusatzmoduls zur Simulation von Konvektion über heterogen geheizten Oberflächen</li> </ul>		
<b>Grundlegende Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>📖 Ferziger, J.H. und M. Peric: <i>Computational Methods for Fluid Dynamics</i>, Springer</li> <li>📖 Fröhlich, J.: <i>Large Eddy Simulation turbulenter Strömungen</i>, Springer</li> <li>📖 Roache: <i>Computational Fluid Dynamics</i>, Hermosa Publishers</li> <li>📖 Sagaut, P: <i>Large Eddy Simulation for Incompressible Flows</i>, Springer</li> </ul>		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• „Turbulenz und Diffusion“</li> <li>• „Atmosphärische Grenzschicht und Konvektion“</li> <li>• „Simulation turbulenter Strömungen mit LES-Modellen“</li> <li>• „Programmierpraktikum zur numerischen Wettervorhersage“</li> </ul>		
ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung:		
<b>Verwendbarkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bachelorstudiengang Meteorologie (Wahlbereich Meteorologie)</li> </ul>		

<b>Programmierpraktikum zur Simulation der atmosphärischen Grenzschicht</b>		<b>2107</b>
Semesterlage	Wintersemester oder Sommersemester	
Modulverantwortliche(r)	Raasch, Institut für Meteorologie und Klimatologie	
Lehrveranstaltungen (SWS)	Siehe Lehrveranstaltungskatalog	
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP	<b>Studienleistung:</b> gemäß §6 der Prüfungsordnung <b>Prüfungsleistung:</b> Eine mündliche Prüfung über zwei Module oder 2 mündliche Prüfungen	
Notenzusammensetzung	Note der mündlichen Prüfung. Siehe PO BA Meteorologie	
Leistungspunkte (ECTS):	4	<b>Präsenz- und Selbststudium (h):</b> 45 und 75
<b>Kompetenzziele:</b> Erweiterung der Fachkompetenz.		
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Entwicklung und Programmierung eines einfachen eindimensionalen Grenzschichtmodells auf Basis finiter Differenzen</li> <li>• Simulation von Grenzschichtwindprofilen (Prandtl-/Ekman-Schicht)</li> </ul>		
<b>Grundlegende Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>📖 Etling, D.: <i>Theoretische Meteorologie</i>, Springer</li> <li>📖 Ferziger, J.H. und M. Peric: <i>Computational Methods for Fluid Dynamics</i>, Springer</li> <li>📖 Roache, <i>Computational Fluid Dynamics</i>, Hermosa Publishers</li> </ul>		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• „Angewandtes Programmieren“</li> <li>• „Kinematik und Dynamik“</li> <li>• „Turbulenz und Diffusion“</li> <li>• „Numerische Wettervorhersage“</li> <li>• „Atmosphärische Grenzschicht und Konvektion“</li> </ul>		
ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung:		
<b>Verwendbarkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bachelorstudiengang Meteorologie (Wahlbereich Meteorologie)</li> </ul>		

## Bachelor Meteorologie – Naturwissenschaftlich–technischer Wahlbereich

Naturwissenschaftlich–technischer Wahlbereich		2108	
Semesterlage	Wintersemester oder Sommersemester		
Modulverantwortliche(r)	Seckmeyer, Institut für Meteorologie und Klimatologie		
Lehrveranstaltungen (SWS)	Lehrveranstaltungen im Umfang von mindestens 12 LP der Fakultät für Mathematik und Physik, Fakultät für Elektrotechnik und Informatik, Fakultät für Maschinenbau und der naturwissenschaftlichen Fakultät oder auf Antrag Module anderer Fakultäten		
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP	Studienleistung: Gemäß Prüfungsordnung der anbietenden Fakultät Sieht die Prüfungsordnung der anbietenden Fakultät keine Studienleistung, sondern eine Prüfungsleistung vor, so wird die erbrachte Prüfungsleistung als Studienleistung behandelt und anerkannt.		
Notenzusammensetzung	-		
Leistungspunkte (ECTS):	12	Präsenz- und Selbststudium (h):	360
<b>Kompetenzziele:</b> Erwerb interdisziplinären Wissens in andere naturwissenschaftlichen oder technischen Disziplinen.			
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Siehe Lehrveranstaltungskatalog</li> </ul>			
<b>Grundlegende Literatur:</b>			
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b>			
<b>ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung:</b>			
<b>Verwendbarkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Bachelorstudiengang Meteorologie (Naturwissenschaftlich–technischer Wahlbereich)</li> </ul>			

## Bachelor Meteorologie – Schlüsselkompetenzen

<b>Schlüsselkompetenzen</b>		<b>2570</b>
<b>Semesterlage</b>	Winter- und Sommersemester	
<b>Modulverantwortliche</b>	Seckmeyer, Institut für Meteorologie und Klimatologie	
<b>Lehrveranstaltungen (SWS)</b>	<p>Lehrveranstaltungen aus dem Angebot des Fachsprachenzentrums oder des Zentrums für Schlüsselkompetenzen und entsprechend ausgewiesenen Angeboten der Fakultäten sowie Computerkurse aus dem Angebot des Rechenzentrums.</p> <p>Ein Kurs im Bereich „Wissenschaftliches Schreiben“ im Umfang von 2 LP muss belegt werden.</p>	
<b>Leistungsnachweis zum Erwerb der LP</b>	<b>Studienleistung:</b> gemäß §6 der Prüfungsordnung	
<b>Notenzusammensetzung</b>		
<b>Leistungspunkte (ECTS):</b> 4	<b>Präsenz- und Selbststudium (h):</b>	60-120
<b>Kompetenzziele:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden können wissenschaftliche Texte verfassen und beherrschen die Grundlagen korrekten Zitierens und Belegen.</li> <li>• Sie erlernen und beherrschen exemplarisch Schlüsselkompetenzen auf dem Gebiet der gewählten Lehrveranstaltung</li> </ul>		
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlagen wissenschaftlichen Schreibens</li> <li>• Umgang mit Fachliteratur</li> <li>• Korrektes Zitieren und Belegen</li> <li>• Weitere Inhalte in Abhängigkeit von der gewählten Lehrveranstaltung</li> </ul>		
<b>Grundlegende Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wird in der Lehrveranstaltung angegeben</li> </ul>		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Keine</li> </ul>		
<b>ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung:</b> keine		
<b>Verwendbarkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bachelorstudiengang Meteorologie (Kernmodul)</li> </ul>		

**Master Physik – Fortgeschrittene Vertiefungsphase**

Fortgeschrittene Festkörperphysik		1221	
Semesterlage	Wintersemester		
Modulverantwortliche(r)	F. Ding, Institut für Festkörperphysik		
Lehrveranstaltungen (SWS)	Vorlesung „Fortgeschrittene Festkörperphysik“ Übung zu „Fortgeschrittene Festkörperphysik“		
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP	Studienleistung: Kurztests und/oder Übungsaufgaben Prüfungsleistung: mündliche Prüfung oder Klausur nach Wahl der Dozenten		
Notenzusammensetzung	Note der Prüfungsleistung		
Leistungspunkte (ECTS): Gewicht:	5 1	Präsenzstudium (h): 60	Selbststudium (h): 90
<b>Kompetenzziele:</b> Die Studierenden haben vertiefte Kenntnisse der Modelle und experimenteller Befunde auf dem Gebiet der Festkörperphysik. Sie können ausgewählte Phänomene eigenständig einordnen und geeignete Modelle zu ihrer Erläuterung entwickeln. Sie kennen bedeutende Entwicklungen auf dem Gebiet aus den letzten Jahrzehnten und haben eine Vorstellung von den aktuellen ungelösten Fragestellungen. Die Studierenden kennen die Vor- und Nachteile einzelner experimenteller Techniken und wissen, wie sich die verschiedenen Techniken komplementär ergänzen.			
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Supraleitung</li> <li>• Dia- und Paramagnetismus</li> <li>• Ferro- und Antiferromagnetismus</li> <li>• Magnetische Resonanz</li> <li>• endliche Festkörper</li> <li>• Physik in einer und zwei Dimensionen, an Oberflächen und Grenzflächen</li> <li>• Unordnung im Festkörper: Defekte, Legierungen, Gläser</li> </ul>			
<b>Grundlegende Literatur:</b> 📖 Ashcroft, Mermin, <i>Festkörperphysik</i> , Oldenbourg Verlag 📖 Ch. Kittel, <i>Einführung in die Festkörperphysik</i> , Oldenbourg Verlag			
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• „Einführung in die Festkörperphysik“</li> </ul>			
ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung: keine			
<b>Verwendbarkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Masterstudiengang Physik (Fortgeschrittene Vertiefungsphase)</li> </ul>			

Fortgeschrittene Gravitationsphysik		1421	
Semesterlage	Sommersemester		
Modulverantwortliche(r)	B. Wilke, Institut für Gravitationsphysik		
Lehrveranstaltungen (SWS)	Vorlesung „Gravitationsphysik“ Übung zu „Gravitationsphysik“		
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP	<b>Studienleistung:</b> Übungsaufgaben <b>Prüfungsleistung:</b> mündliche Prüfung oder Klausur nach Wahl der Dozenten		
Notenzusammensetzung	Note der Prüfungsleistung		
Leistungspunkte (ECTS): Gewicht:	5 1	Präsenzstudium (h): 60	Selbststudium (h): 90
<b>Kompetenzziele:</b> Die Studierenden verstehen die grundlegenden Konzepte der Fortgeschrittenen Gravitationsphysik und können diese eigenständig auf ausgewählte Probleme anwenden. Sie kennen fortgeschrittene experimentelle Methoden des Gebietes und können diese unter Anleitung anwenden.			
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Allgemeine Relativitätstheorie</li> <li>• Äquivalenzprinzip, Lense-Thirring-Effekt</li> <li>• Kosmologie</li> <li>• Astrophysik</li> <li>• Quellen und Ausbreitung von Gravitationswellen</li> <li>• Grundlagen der laserinterferometrischen Gravitationswellendetektion</li> <li>• Rauschquellen in Laserinterferometern</li> <li>• Seismische Isolation</li> <li>• Mechanische Güte und thermisches Rauschen</li> <li>• Quantenrauschen in Interferometern</li> <li>• Interferometer-Recycling Techniken</li> </ul>			
<b>Grundlegende Literatur:</b> wird in der Vorlesung angegeben			
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• „Grundlagen der Speziellen Relativitätstheorie“</li> <li>• Modul „Kohärente Optik“</li> </ul>			
ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung: keine			
<b>Verwendbarkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Masterstudiengang Physik (Fortgeschrittene Vertiefungsphase)</li> </ul>			

Quantenoptik		1321	
Semesterlage	Wintersemester		
Modulverantwortliche(r)	P. Schmidt, Institut für Quantenoptik		
Lehrveranstaltungen (SWS)	Vorlesung „Quantenoptik“ Übung zu „Quantenoptik“		
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP	Studienleistung: Übungsaufgaben Prüfungsleistung: mündliche Prüfung oder Klausur nach Wahl der Dozenten		
Notenzusammensetzung	Note der Prüfungsleistung		
Leistungspunkte (ECTS): Gewicht	5 1	Präsenzstudium (h): 60	Selbststudium (h): 90
<b>Kompetenzziele:</b> Die Studierenden verstehen die grundlegenden Konzepte der Quantenoptik und können diese eigenständig auf ausgewählte Probleme anwenden. Sie kennen fortgeschrittene experimentelle Methoden des Gebietes und können diese unter Anleitung anwenden.			
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Quantisierung des EM-Feldes</li> <li>• Quantenzustände des EM-Feldes (Fock, Glauber, squeezed states)</li> <li>• Heisenbergsche Unschärfe Relation (Anzahl/ Phase, Amplituden-/ Phasenquadratur)</li> <li>• Photonenstatistik, Quantenrauschen</li> <li>• Bell's Ungleichung und Nichtlokalität</li> <li>• Erzeugung von Squeezing und Entanglement</li> <li>• Spontane Emission, Lamb shift, Casimir-Effekte</li> <li>• Atom-Feld-Wechselwirkung mit kohärenten Feldern, dressed states</li> <li>• Photonen-Streuung, Feynman-Graphen</li> <li>• Mehrphotonen-Prozesse</li> <li>• Quantentheorie der nichtlinearen Suszeptibilität</li> <li>• Experimente der modernen Quantenoptik</li> </ul>			
<b>Grundlegende Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>📖 Mandel/Wolf, <i>Optical Coherence and Quantum Optics</i>, Cambridge University Press</li> <li>📖 Walls/Milburn, <i>Quantum Optics</i>, Springer</li> <li>📖 Borchers/Ralph, <i>A Guide to experiments in Quantum Optics</i>, Wiley-VCH</li> <li>📖 Schleich, <i>Quantum Optics in Phase space</i>, Wiley-VCH</li> <li>📖 Originalliteratur</li> </ul>			
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modul „Kohärente Optik“</li> </ul>			
ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung: keine			
<b>Verwendbarkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Masterstudiengang Physik (Fortgeschrittene Vertiefungsphase)</li> </ul>			

Quantenfeldtheorie		1121	
Semesterlage	Wintersemester oder Sommersemester		
Modulverantwortliche(r)	O. Lechtenfeld, Institut für Theoretische Physik		
Lehrveranstaltungen (SWS)	Vorlesung „Quantenfeldtheorie“ Übung zu „Quantenfeldtheorie“		
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP	<b>Studienleistung:</b> Übungsaufgaben <b>Prüfungsleistung:</b> mündliche Prüfung oder Klausur nach Wahl der Dozenten		
Notenzusammensetzung	Note der Prüfungsleistung		
Leistungspunkte (ECTS): Gewicht:	5 1	Präsenzstudium (h): 60	Selbststudium (h): 90
<b>Kompetenzziele:</b> Die Studierenden haben ein vertieftes, formales Verständnis der Quantenfeldtheorie und können deren mathematisch-quantitative Beschreibungsmethoden eigenständig anwenden. Sie sind in der Lage die physikalischen Inhalte der mathematischen Modelle abzuleiten und in den Kontext bekannter Theorien einzuordnen. Die Studierenden sind mit den mathematischen Techniken vertraut und kennen analytische und numerische Verfahren, die zur Lösung von Problemen des Gebietes eingesetzt werden können.			
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Klassische Feldtheorie</li> <li>• Kanonische Feldquantisierung (skalares Feld, Dirac-Feld, Vektorfeld)</li> <li>• Störungsrechnung und Feynman-Regeln</li> <li>• Pfadintegral-Quantisierung (Quantenmechanik, skalares Feld, kohärente Zustände)</li> <li>• Renormierung (Regularisierung, Renormierung, effektive Wirkung)</li> <li>• Quantisierung von Eichfeldern (QED, Yang-Mills)</li> <li>• Endliche Temperaturen &amp; Statistische Mechanik</li> </ul>			
<b>Grundlegende Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>📖 M.E. Peskin &amp; D.V. Schroeder, <i>An Introduction to Quantum Field Theory</i>, Westview Press</li> <li>📖 L. H. Ryder, <i>Quantum Field Theory</i>, Cambridge University Press</li> <li>📖 S. Weinberg, <i>The Quantum Theory of Fields</i>, Vols. I&amp;II, Cambridge University Press</li> <li>📖 D.J. Amit, <i>Field Theory, the Renormalization Group and Critical Phenomena</i>, World Scientific Publishing Company</li> <li>📖 J. Cardy, <i>Scaling and Renormalization in Statistical Physics</i>, Cambridge University Press</li> <li>📖 J. Zinn-Justin, <i>Quantum Field Theory and Critical Phenomena</i>, Oxford University Press</li> </ul>			
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Veranstaltung „Fortgeschrittene Quantentheorie“</li> </ul>			
ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung: keine			
<b>Verwendbarkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Masterstudiengang Physik (Fortgeschrittene Vertiefungsphase)</li> </ul>			

Elektronik und Messtechnik		1222	
Semesterlage	Wintersemester oder Sommersemester		
Modulverantwortliche(r)	T. Block, Institut für Festkörperphysik		
Lehrveranstaltungen (SWS)	Vorlesung „Elektronik“ Vorlesung „Messtechnik“ Elektronikpraktikum		
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP	<b>Studienleistung:</b> Laborübung <b>Prüfungsleistung:</b> mündliche Prüfung oder Klausur nach Wahl der Dozenten		
Notenzusammensetzung	Note der Prüfungsleistung		
Leistungspunkte (ECTS): Gewicht:	8 1	<b>Präsenzstudium (h):</b> 120	<b>Selbststudium (h):</b> 120
<b>Kompetenzziele:</b> Die Studierenden lernen experimentelle und numerische Methoden kennen, wenden diese selber an und entwickeln Modellvorstellungen zur Erklärung der experimentellen und numerischen Ergebnisse. Sie kennen die Funktion elektronischer Bauelemente und können diese zur Messdatenerfassung richtig einsetzen.			
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundbegriffe der Elektronik</li> <li>• Passive Bauelemente</li> <li>• Transistor</li> <li>• Analoge Grundsaltungen (Filter)</li> <li>• Operationsverstärker</li> <li>• Statische und dynamische OP-Beschaltung</li> <li>• Grundlagen der Hochfrequenztechnik</li> <li>• Signalgeneratoren / Phasenschieber</li> <li>• Elektronische Regler</li> <li>• DAAD Wandlung</li> <li>• Praktikum: Auswahl verschiedener Versuche zu den Themen der Vorlesungen</li> </ul>			
<b>Grundlegende Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>📖 U.Tietze, C. Schenk, <i>Halbleiter Schaltungstechnik</i>, Springer Verlag</li> <li>📖 Hering, Bressler, Gutekunst, <i>Elektronik für Ingenieure</i>, Springer Verlag</li> <li>📖 P. Horowitz, W. Hill, <i>The Art of Electronics</i>, Cambridge University Press</li> </ul>			
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Module „Mechanik und Wärme“, „Elektrizität und Relativität“, „Optik, Atome, Moleküle, Quantenphänomene“ und „Kerne, Teilchen, Festkörper“</li> </ul>			
ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung: keine			
<b>Verwendbarkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>•</li> </ul>			

## Master Physik – Schwerpunktsphase

Ausgewählte Themen moderner Physik A		1621	
Semesterlage	Wintersemester oder Sommersemester		
Modulverantwortliche(r)	Studiendekan/in		
Lehrveranstaltungen (SWS)	Lehrveranstaltungen im Umfang von mindestens 27 Leistungspunkten gemäß Vorlesungsverzeichnis.		
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP	Studienleistung: gemäß §6 der Prüfungsordnung Prüfungsleistung: mündliche Prüfung		
Notenzusammensetzung	Note der mündlichen Prüfung		
Leistungspunkte (ECTS): Gewicht:	27 1	Präsenzstudium (h):	Selbststudium (h):
<b>Kompetenzziele:</b> Die Studierenden haben einen breiten Überblick über das Themenspektrum moderner Physik und können dieses Wissen in das Gesamtgebäude der Physik einordnen. Sie haben sich exemplarisch in ein ausgewähltes Spezialgebiet der Physik eingearbeitet und sind in der Lage darauf aufbauend in einer Forschungsgruppe auf diesem Gebiet zu beginnen.			
<b>Inhalte:</b> Fortgeschrittene Lehrveranstaltungen der Physik nach Wahl der Studierenden Die Prüfung erstreckt sich über thematisch zusammenhängende Lehrveranstaltungen im Umfang von mindestens 12 LP.			
<b>Grundlegende Literatur:</b> Wird in den Lehrveranstaltungen bekannt gegeben			
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> Gemäß Lehrveranstaltungskatalog			
ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung: keine			
<b>Verwendbarkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Masterstudiengang Physik (Schwerpunktsphase)</li> </ul>			

Ausgewählte Themen moderner Physik B		1622	
Semesterlage	Wintersemester oder Sommersemester		
Modulverantwortliche(r)	Studiendekan/in		
Lehrveranstaltungen (SWS)	Lehrveranstaltungen im Umfang von mindestens 17 Leistungspunkten gemäß Vorlesungsverzeichnis.		
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP	Studienleistung: gemäß §6 der Prüfungsordnung Prüfungsleistung: mündliche Prüfung		
Notenzusammensetzung	Note der mündlichen Prüfung		
Leistungspunkte (ECTS): Gewicht:	17 1	Präsenzstudium (h):	Selbststudium (h):
<b>Kompetenzziele:</b> Die Studierenden haben einen breiten Überblick über das Themenspektrum moderner Physik und können dieses Wissen in das Gesamtgebäude der Physik einordnen. Sie haben sich exemplarisch in ein ausgewähltes Spezialgebiet der Physik eingearbeitet und sind in der Lage darauf aufbauend in einer Forschungsgruppe auf diesem Gebiet zu beginnen.			
<b>Inhalte:</b> Fortgeschrittene Lehrveranstaltungen der Physik nach Wahl der Studierenden Die Prüfung erstreckt sich über thematisch zusammenhängende Lehrveranstaltungen im Umfang von mindestens 12 LP.			
<b>Grundlegende Literatur:</b> Wird in den Lehrveranstaltungen bekannt gegeben			
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> Gemäß Lehrveranstaltungskatalog			
<b>ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung:</b> Ist zusammen mit dem Modul Industriepraktikum zu wählen			
<b>Verwendbarkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Masterstudiengang Physik (Schwerpunktsphase)</li> </ul>			

Seminar		1622	
Semesterlage	Wintersemester oder Sommersemester		
Modulverantwortliche(r)	Studiendekan/in		
Lehrveranstaltungen (SWS)	Seminar		
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP	Prüfungsleistung: Seminarleistung		
Notenzusammensetzung	Note der Seminarleistung		
Leistungspunkte (ECTS): Gewicht:	3 1	Präsenzstudium (h): 30	Selbststudium (h): 60
<b>Kompetenzziele:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Studierenden sind in der Lage, zu einem vorgegebenen, aktuellen Thema aus der modernen Physik, das z.T. noch Gegenstand der Forschung ist, selbstständig Literatur zu recherchieren.</li> <li>Die Studierenden sind in der Lage, sich ein aktuelles Wissensgebiet selbstständig zu erarbeiten.</li> <li>Die Studierenden können einen Vortrag über ein komplexes Thema der modernen Physik strukturieren und halten, dass ein physikalisch gebildetes Publikum dem Vortrag gut folgen kann. Durch die Gestaltung des Vortrags können sie die Zuhörer auch für ein komplexes Spezialthema interessieren.</li> <li>Die Studierenden sind in der Lage eine ansprechende Präsentation zu erstellen. (PowerPoint o.ä.).</li> <li>Die Studierenden sind in der Lage, eine wissenschaftliche Diskussion zu führen (über das eigene Thema genauso wie über die Themen der anderen Seminarteilnehmer).</li> <li>Die Studierenden beherrschen die deutsche bzw. englische Fachsprache in freier Rede.</li> </ul> <p>Das Erreichen der Kompetenzziele erfordert eine kontinuierliche Teilnahme.</p>			
<b>Inhalte:</b> Fortgeschrittene Themen der Physik			
<b>Grundlegende Literatur:</b> wird in den Lehrveranstaltungen bekanntgegeben			
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b>			
<b>ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung:</b> keine			
<b>Verwendbarkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Masterstudiengang Physik (Schwerpunktsphase)</li> </ul>			

Schlüsselkompetenzen		1970
Semesterlage	Winter- und Sommersemester	
Modulverantwortliche	Studiendekan/in	
Lehrveranstaltungen (SWS)	Lehrveranstaltungen aus dem Angebot des Fachsprachenzentrums oder des Zentrums für Schlüsselkompetenzen und entsprechend ausgewiesenen Angeboten der Fakultäten sowie Computerkurse aus dem Angebot des Rechenzentrums.	
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP	Studienleistung: gemäß §6 der Prüfungsordnung	
Notenzusammensetzung		
Leistungspunkte (ECTS):	4 - 10	Präsenz- und Selbststudium (h):  120 -300
<b>Kompetenzziele:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Sie erlernen und beherrschen exemplarische Schlüsselkompetenzen auf dem Gebiet der gewählten Lehrveranstaltung</li> </ul>		
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Inhalte in Abhängigkeit von der gewählten Lehrveranstaltung</li> </ul>		
<b>Grundlegende Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Wird in der Lehrveranstaltung angegeben</li> </ul>		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Keine</li> </ul>		
<b>ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung:</b> keine		
<b>Verwendbarkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Masterstudiengang Physik</li> <li>Studierende des englischen Zweiges des MA Physik absolvieren in Abhängigkeit vom Resultat der verpflichtenden Beratung Sprachkurse in Deutsch in einem Umfang von bis zu 10 LP in diesem Modul.</li> <li>Für alle anderen Studierenden umfasst dieses Modul 4 LP</li> </ul>		

Industriepraktikum		1831
Semesterlage	Wintersemester oder Sommersemester	
Modulverantwortliche(r)	Praktikumsbeauftragte/r	
Lehrveranstaltungen (SWS)	-	
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP	Studienleistung: Praktikumsbericht	
Notenzusammensetzung	-	
Leistungspunkte (ECTS):	10	Präsenzstudium (h): Selbststudium (h):
<b>Kompetenzziele:</b> Die Studierenden kennen typische Aufgabenfeldern und Tätigkeitsbereiche von Absolventen und Absolventinnen der Physik in der beruflichen Praxis. Sie können sich in ein Arbeitsumfeld mit Wissenschaftlern und Ingenieuren angrenzender Fachgebiete eingliedern und im Team aktiv einbringen. Sie kennen exemplarisch die Umsetzung wissenschaftlicher Erkenntnisse in einem industriellen Prozess und verstehen die Aufgabenstellung die hierbei auftreten.		
<b>Inhalte:</b> Praktikum in einem Industriebetrieb. Universitäre Institute sind ausgeschlossen, in Ausnahmefällen kann das Praktikum auch in einer außeruniversitären Forschungseinrichtung stattfinden. Das Praktikum soll in einem typischen Berufsfeld eines Physikers / einer Physikerin abgeleistet werden. Im Rahmen des Praktikums soll möglichst ein definiertes (kleines) Projekt bearbeitet werden. Die Länge beträgt mindestens acht Wochen		
<b>Grundlegende Literatur:</b>		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b>		
<b>ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung:</b> Das Praktikum ist vorab genehmigungspflichtig durch den/die Vorsitzende/n des Prüfungsausschusses.		
<b>Verwendbarkeit:</b> Master Studiengang Physik (Modul Ausgewählte Themen moderner Physik B )		

Master Meteorologie – Fortgeschrittene Meteorologie

Seminare zur Fortgeschrittene Meteorologie		2301	
Semesterlage	Wintersemester und Sommersemester		
Modulverantwortliche(r)	Gross, Institut für Meteorologie und Klimatologie		
Lehrveranstaltungen (SWS)	2 Seminare aus unterschiedlichen fachlichen Bereichen der Meteorologie		
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP	Studienleistung: 2 Seminarleistungen		
Notenzusammensetzung	-		
Leistungspunkte (ECTS): Gewicht:	10 1	Präsenzstudium (h): 56	Selbststudium (h): 244
<b>Kompetenzziele:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Studierenden sind in der Lage, zu einem vorgegebenen, aktuellen Thema aus der modernen Meteorologie, das z.T. noch Gegenstand der Forschung ist, selbstständig Literatur zu recherchieren.</li> <li>Die Studierenden sind in der Lage, sich ein aktuelles Wissensgebiet selbstständig zu erarbeiten.</li> <li>Die Studierenden können einen Vortrag über ein komplexes Thema der modernen Meteorologie strukturieren und halten, dass ein meteorologisch gebildetes Publikum dem Vortrag gut folgen kann.</li> <li>Durch die Gestaltung des Vortrags können sie die Zuhörer auch für ein komplexes Spezialthema interessieren.</li> <li>Die Studierenden sind in der Lage eine ansprechende Präsentation zu erstellen. (PowerPoint o.ä.).</li> <li>Die Studierenden sind in der Lage, eine wissenschaftliche Diskussion zu führen (über das eigene Thema genauso wie über die Themen der anderen Seminarteilnehmer).</li> <li>Die Studierenden beherrschen die deutsche bzw. englische Fachsprache in freier Rede.</li> </ul> <p>Das Erreichen der Kompetenzziele erfordert eine kontinuierliche Teilnahme.</p>			
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Fortgeschrittene Themen der Meteorologie</li> </ul>			
<b>Grundlegende Literatur:</b> Wird in der Lehrveranstaltung bekannt gegeben.			
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> Wird in der Lehrveranstaltung bekannt gegeben.			
<b>ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung:</b> keine			
<b>Verwendbarkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Masterstudiengang Meteorologie (Fortgeschrittene Meteorologie)</li> </ul>			

<b>Fortgeschrittenenpraktikum</b>		<b>2304</b>
Semesterlage	Vorlesungsfreie Zeit zw. Winter und Sommer	
Modulverantwortliche(r)	Gross, Institut für Meteorologie und Klimatologie	
Lehrveranstaltungen (SWS)	Fortgeschrittenenpraktikum	
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP	Studienleistung: Laborübung	
Notenzusammensetzung	-	
Leistungspunkte (ECTS):	6	Präsenz- und Selbststudium (h): <span style="float: right;">180</span>
<b>Kompetenzziele:</b> Die Studierenden können moderne meteorologische Messmethoden selbst forschungsnah und praktisch in einer Feldmesskampagne einsetzen. Hierbei wird die Methodenkompetenz im Umgang mit großen Datenmengen und deren Auswertung gestärkt, sowie die kritische Beurteilung der Messergebnisse geschult. Das Arbeiten in Kleingruppen, das Kooperieren zwischen den Kleingruppen, sowie das Erstellen eines gemeinsamen Abschlussberichtes fördert in besonderem Maße die Teamfähigkeit.		
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Durchführung von Feldversuchen im Rahmen einer üblicherweise zweiwöchigen Messkampagne zu ausgewählten aktuellen Forschungsaufgaben.</li> </ul>		
<b>Grundlegende Literatur:</b> Skript zum Instrumentenpraktikum		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b>		
ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung: keine		
<b>Verwendbarkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Masterstudiengang Meteorologie (Fortgeschrittene Meteorologie)</li> </ul>		

<b>Schlüsselkompetenzen</b>		<b>2670</b>
Semesterlage	Winter- und Sommersemester	
Modulverantwortliche	Seckmeyer, Institut für Meteorologie und Klimatologie	
Lehrveranstaltungen (SWS)	Lehrveranstaltungen aus dem Angebot des Fachsprachenzentrums oder des Zentrums für Schlüsselkompetenzen und entsprechend ausgewiesenen Angeboten der Fakultäten, sowie Computerkurse aus dem Angebot des Rechenzentrums.	
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP	Studienleistung: gemäß §6 der Prüfungsordnung	
Notenzusammensetzung	--	
Leistungspunkte (ECTS):	4	Präsenz- und Selbststudium (h): <span style="float: right;">120</span>
<b>Kompetenzziele:</b> Die Studierenden erlernen und beherrschen exemplarische Schlüsselkompetenzen auf dem Gebiet der gewählten Lehrveranstaltungen		
<b>Inhalte:</b> Inhalte in Abhängigkeit von der gewählten Lehrveranstaltung		
<b>Grundlegende Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Inhalte in Abhängigkeit von der gewählten Lehrveranstaltung</li> </ul>		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Keine</li> </ul>		
ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung: keine		
<b>Verwendbarkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Masterstudiengang Meteorologie (Schlüsselkompetenzen)</li> </ul>		

## Master Meteorologie – Wahlbereich

Ausgewählte Themen moderner Meteorologie A		2202
Semesterlage	Wintersemester und Sommersemester	
Modulverantwortliche(r)	Gross, Institut für Meteorologie und Klimatologie	
Lehrveranstaltungen (SWS)	Lehrveranstaltungen im Umfang von mindestens 8 LP aus dem Veranstaltungskatalog der Meteorologie	
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP	<b>Studienleistung:</b> nach Wahl der Dozentin oder des Dozenten <b>Prüfungsleistung:</b> mündliche Prüfung	
Notenzusammensetzung	Note der mündlichen Prüfung	
Leistungspunkte (ECTS): Gewicht:	8 1	Präsenz- und Selbststudium (h): 240
<b>Kompetenzziele:</b> Erweiterung der Fachkompetenz, sowie je nach Wahl der Veranstaltungen Vertiefung oder Erwerb neuer Methodenkompetenzen im Rahmen von Praktika zum Beispiel im Programmieren von Modellen, Anwenden von komplexen Modellen oder im Experimentieren.		
<b>Inhalte:</b> Lehrveranstaltungen im Umfang von 8 Leistungspunkten gemäß Vorlesungsverzeichnis bzw. Lehrveranstaltungskatalog. Die Prüfung erstreckt sich über thematisch zusammenhängende Lehrveranstaltungen im Umfang von mindestens 8 LP.		
<b>Grundlegende Literatur:</b> Siehe Lehrveranstaltungskatalog		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> Siehe Lehrveranstaltungskatalog		
<b>ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung:</b> Siehe Lehrveranstaltungskatalog		
<b>Verwendbarkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Masterstudiengang Meteorologie (Wahlbereich Meteorologie)</li> </ul>		

<b>Ausgewählte Themen moderner Meteorologie B</b>		2650
Semesterlage	Wintersemester und Sommersemester	
Modulverantwortliche(r)	Gross, Institut für Meteorologie und Klimatologie	
Lehrveranstaltungen (SWS)	Lehrveranstaltungen im Umfang von mindestens 8 LP aus dem Veranstaltungskatalog der Meteorologie	
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP	<b>Studienleistung:</b> nach Wahl der Dozentin oder des Dozenten <b>Prüfungsleistung:</b> mündliche Prüfung	
Notenzusammensetzung	Note der mündlichen Prüfung	
Leistungspunkte (ECTS): Gewicht:	8 1	<b>Präsenz- und Selbststudium (h):</b> 240
<b>Kompetenzziele:</b> Erweiterung der Fachkompetenz, sowie je nach Wahl der Veranstaltungen Vertiefung oder Erwerb neuer Methodenkompetenzen im Rahmen von Praktika zum Beispiel im Programmieren von Modellen, Anwenden von komplexen Modellen oder im Experimentieren.		
<b>Inhalte:</b> Lehrveranstaltungen im Umfang von 8 Leistungspunkten gemäß Vorlesungsverzeichnis bzw. Lehrveranstaltungskatalog. Die Prüfung erstreckt sich über thematisch zusammenhängende Lehrveranstaltungen im Umfang von mindestens 8 LP.		
<b>Grundlegende Literatur:</b> Siehe Lehrveranstaltungskatalog		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> Siehe Lehrveranstaltungskatalog		
<b>ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung:</b> Siehe Lehrveranstaltungskatalog		
<b>Verwendbarkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Masterstudiengang Meteorologie (Wahlbereich Meteorologie)</li> </ul>		

<b>Ausgewählte Themen moderner Meteorologie C</b>		2651
Semesterlage	Wintersemester und Sommersemester	
Modulverantwortliche(r)	Seckmeyer, Institut für Meteorologie und Klimatologie	
Lehrveranstaltungen (SWS)	Lehrveranstaltungen im Umfang von mindestens 8 LP aus dem Veranstaltungskatalog der Meteorologie	
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP	Studienleistung: nach Wahl der Dozentin oder des Dozenten Prüfungsleistung: -	
Notenzusammensetzung	Modul wird nicht benotet	
Leistungspunkte (ECTS):	8	Präsenz- und Selbststudium (h): <span style="float: right;">240</span>
<b>Kompetenzziele:</b> Erweiterung der Fachkompetenz, sowie je nach Wahl der Veranstaltungen Vertiefung oder Erwerb neuer Methodenkompetenzen im Rahmen von Praktika zum Beispiel im Programmieren von Modellen, Anwenden von komplexen Modellen oder im Experimentieren.		
<b>Inhalte:</b> Lehrveranstaltungen im Umfang von 8 Leistungspunkten gemäß Vorlesungsverzeichnis bzw. Lehrveranstaltungskatalog. Es kann auch maximal ein weiteres Seminar zur fortgeschrittenen Meteorologie (5LP) eingebracht werden (siehe Lehrveranstaltungskatalog) In Absprache mit einer Dozentin oder einem Dozenten der Meteorologie kann anstelle einer Lehrveranstaltung eine schriftliche Arbeit im Umfang von 3 LP in das Modul eingebracht werden.		
<b>Grundlegende Literatur:</b> Siehe Lehrveranstaltungskatalog		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> Siehe Lehrveranstaltungskatalog		
<b>ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung:</b> Siehe Lehrveranstaltungskatalog		
<b>Verwendbarkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Masterstudiengang Meteorologie (Wahlbereich Meteorologie)</li> </ul>		

## Abschlussarbeiten und Forschungsphase

Bachelorprojekt		9001
Semesterlage	Beginn ganzjährig möglich	
Modulverantwortliche(r)	Studiendekan/in	
Lehrveranstaltungen (SWS)	Projekt „Bachelorarbeit“ Seminar „Arbeitsgruppenseminar“	
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP	Prüfungsleistung: Bachelorarbeit Studienleistung: Seminarleistung	
Notenzusammensetzung		
Leistungspunkte (ECTS):	15	Präsenz- und Selbststudium (h): 450
<b>Kompetenzziele:</b> Die Studierenden haben die Fähigkeit zur selbständigen Einarbeitung in ein Forschungsthema. Sie können sich eigenständig Wissen aus z.T. englischsprachigen Büchern und Fachzeitschriften aneignen. Sie sind zu einer realistischen Planung, Zeiteinteilung und Durchführung eines wissenschaftlichen Projekts nach wissenschaftlichen Methoden unter Anleitung befähigt. Sie sind in der Lage einen Text gemäß wissenschaftlicher Standards zu schreiben. Sie können ein wissenschaftliches Thema unter Einsatz geeigneter Medien präsentieren und sie sind zur wissenschaftlichen Diskussion der eigenen Arbeit mit Mitstudierenden und Lehrenden fähig. Sie beherrschen die deutsche und z.T. englische Fachsprache in Wort und Schrift.		
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung in das wissenschaftliche Arbeiten</li> <li>• Selbstständige Projektarbeit unter Anleitung</li> <li>• Wissenschaftliches Schreiben</li> <li>• Präsentationstechniken</li> <li>• Wissenschaftlicher Vortrag</li> <li>• Diskussionsführung</li> </ul>		
<b>Grundlegende Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>📖 Aktuelle Literatur zum Thema der Bachelorarbeit</li> <li>📖 Stickel-Wolf, Wolf, <i>Wissenschaftliches Arbeiten und Lerntechniken</i>, 2004, ISBN: 3-409-31826-7</li> <li>📖 Walter Krämer, <i>Wie schreibe ich eine Seminar- oder Examensarbeit?</i>, 1999, ISBN: 3-593-36268-6, Gruppe: Studienratgeber, Reihe: campus concret, Band: 47</li> <li>📖 Abacus communications, <i>The language of presentations</i>, CDROM Lehr- und Trainingsmaterial</li> <li>📖 Alley, <i>The Craft of Scientific Presentation</i>, Springer</li> <li>📖 Day, <i>How to write &amp; publish a scientific paper</i>. Cambridge University Press.</li> </ul>		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> Kernmodul des jeweiligen Bachelorstudiengangs		
<b>ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Physik:</b> Abgeschlossenes Modul „Mathematik für Physiker“ und bestandene Modulübergreifende Prüfungen Experimentalphysik und Theoretische Physik I</li> <li>• <b>Meteorologie:</b> mindestens 90 LP</li> </ul>		
<b>Verwendbarkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bachelorstudiengang Physik (Modul Bachelorprojekt)</li> <li>• Bachelorstudiengang Meteorologie (Modul Bachelorprojekt)</li> </ul>		

**Prüfungsverfahren:** Das Thema der Bachelorarbeit wird von der oder dem Prüfenden nach Rücksprache mit dem Prüfling festgelegt. Die Ausgabe ist aktenkundig zu machen und dem Prüfling sowie dem Studiendekanat schriftlich mitzuteilen. Mit der Ausgabe des Themas wird die oder der Prüfende bestellt. Während der Anfertigung der Arbeit wird der Prüfling von der oder dem Prüfenden betreut.

Forschungspraktikum /Projektplanung		9031
Semesterlage	Winter- und Sommersemester	
Modulverantwortliche(r)	Studiendekan/in	
Lehrveranstaltungen (SWS)	Praktikum „Forschungspraktikum“ Projekt „Projektplanung für die Masterarbeit“ Seminar „Arbeitsgruppenseminar“	
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP	Studienleistung: Seminarleistung	
Notenzusammensetzung	geht nicht in die Masternote ein	
Leistungspunkte (ECTS):	30	Präsenz- und Selbststudium (h): 900
Gewicht	0	
<b>Kompetenzziele:</b> Die Studierenden sind in der Lage, sich in die Messmethoden oder theoretischen Konzepte eines Forschungsgebietes einzuarbeiten. Sie können sich einen Überblick über die Fachliteratur zu einem Forschungsprojekt verschaffen. Die Studierenden sind befähigt in einem (international zusammengesetzten) Team zu arbeiten und problemlos auf Deutsch und Englisch zu kommunizieren. Die Studierenden haben sich soziale Kompetenzen angeeignet, die sie befähigen, sich in ein Forschungs- oder Entwicklungsteam einzugliedern. Sie können selbstständig wissenschaftlich arbeiten und komplexe Projekte planen. Die Studierenden können eigenständig recherchieren und sich einen Überblick über die z.T. englischsprachige Fachliteratur zu einem Forschungsprojekt verschaffen. Die Studierenden können sich einen Überblick über die Fachliteratur zu einem Forschungsprojekt verschaffen. Sie sind in der Lage einen wissenschaftlichen Vortrag zu halten und ihr eigenes Forschungsprojekt im Kontext des aktuellen Stands der Wissenschaft darzustellen.		
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Literaturrecherche</li> <li>• Einarbeitung in theoretische Verfahren bzw. experimentelle Verfahren</li> <li>• Diskussion von Problemstellungen aktueller Forschung im Arbeitsgruppenseminar</li> <li>• Definition einer wissenschaftlichen Problemstellung</li> <li>• Methoden des Projektmanagements</li> <li>• Erstellung, Vorstellung und Diskussion eines Projektplans</li> </ul>		
<b>Grundlegende Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>📖 Aktuelle Literatur zum jeweiligen Forschungsbereich</li> <li>📖 Abacus communications, <i>The language of presentations</i>, CDROM Lehr- und Trainingsmaterial</li> <li>📖 Alley, <i>The Craft of Scientific Presentation</i>, Springer</li> <li>📖 Stickel-Wolf, Wolf, <i>Wissenschaftliches Arbeiten und Lerntechniken</i>, ISBN: 3-409-31826-7, Gabler Verlag</li> <li>📖 Steinle, Bruch, Lawa, (Hrsg.), <i>Projektmanagement: Instrument moderner Dienstleistung</i>, 1995, ISBN 3-929368-27-7, FAZ</li> <li>📖 Little, (Hrsg.), <i>Management der Hochleistungsorganisation</i>, Gabler Verlag, Wiesbaden, 1990</li> </ul>		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fortgeschrittene Vertiefungsmodule des jeweiligen Masterstudiengangs</li> </ul>		
<b>ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung:</b> keine		
<b>Verwendbarkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Masterstudiengang Physik (Module der Forschungsphase)</li> <li>• Masterstudiengang Meteorologie (Module der Forschungsphase)</li> </ul>		

Masterarbeit		9021
Semesterlage	Winter- und Sommersemester	
Modulverantwortliche(r)	Studiendekan/in	
Lehrveranstaltungen (SWS)		
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP	Prüfungsleistung: Masterarbeit	
Notenzusammensetzung	Note der Masterarbeit	
Leistungspunkte (ECTS):	30	
Gewicht Physik:	5	Präsenz- Selbststudium (h): 900
Gewicht Meteorologie:	4	
<b>Kompetenzziele:</b> Die Studierenden können sich selbstständig in ein Forschungsprojekt einarbeiten. Sie sind in der Lage unter Anleitung wissenschaftliche Projekte zu strukturieren, vorzubereiten und durchzuführen. Sie verschaffen sich einen Überblick über die aktuelle Literatur und analysieren und lösen komplexe Probleme. Die Studierenden können kritische Diskussionen über eigene und fremde Forschungsergebnisse führen und konstruktiv mit Fragen und Kritik umgehen. Die Studierenden beherrschen die deutsche und englische Fachsprache. Sie sind in der Lage einen wissenschaftlichen Vortrag zu halten und ihre eigenen Ergebnisse im Kontext des aktuellen Stands der Wissenschaft darzustellen.		
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Selbstständige Bearbeitung einer aktuellen wissenschaftlichen Problemstellung in einem internationalen Forschungsumfeld</li> <li>• Schriftliche Dokumentation und mündliche Präsentation des Forschungsprojekts und der Ergebnisse</li> <li>• Wissenschaftliche Diskussion der Ergebnisse</li> </ul>		
<b>Grundlegende Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>📖 Aktuelle Literatur zur jeweiligen wissenschaftlichen Problemstellung</li> <li>📖 Day, <i>How to write &amp; publish a scientific paper</i>. Cambridge University Press</li> <li>📖 Walter Krämer, <i>Wie schreibe ich eine Seminar- oder Examensarbeit?</i>, 1999, ISBN: 3-593-36268-6, Gruppe: Studienratgeber, Reihe: campus concret, Band: 47.</li> </ul>		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>•</li> </ul>		
<b>ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Physik: Forschungspraktikum/Projektplanung und mind. 40 Leistungspunkte</li> <li>• Meteorologie: Modulübergreifende Prüfung Forschungspraktikum/ Projektplanung</li> </ul>		
<b>Verwendbarkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Masterstudiengang Physik</li> <li>• Masterstudiengang Meteorologie</li> </ul>		

**Prüfungsverfahren:** Das Thema der Masterarbeit wird von der oder dem Erstprüfenden nach Rücksprache mit dem Prüfling festgelegt. Die Ausgabe ist aktenkundig zu machen und dem Prüfling sowie dem Studiendekanat schriftlich mitzuteilen. Mit der Ausgabe des Themas werden die oder der Erstprüfende und die oder der Zweitprüfende bestellt. Während der Anfertigung der Arbeit wird der Prüfling von der oder dem Erstprüfenden betreut.

## Lehrveranstaltungskatalog

<b>Lehrveranstaltungen der Physik .....</b>	<b>93</b>
<b>Institut für Theoretische Physik .....</b>	<b>93</b>
Fortgeschrittene Quantentheorie .....	93
Seminar zu Fortgeschrittene Quantentheorie .....	94
Theoretische Quantenoptik und Quantendynamik .....	95
Computerphysik .....	96
Theoretische Festkörperphysik .....	97
Statistische Feldtheorie .....	98
Seminar zur Theorie der kondensierten Materie .....	99
Fortgeschrittene Computerphysik .....	100
Aktuelle Probleme der Theorie der kondensierten Materie .....	101
Theorie der fundamentalen Wechselwirkungen .....	102
Seminar zu Theorie der fundamentalen Wechselwirkungen .....	103
Ergänzungen zur klassischen Physik .....	104
Einführung in die Teilchenphysik .....	105
<b>Institut für Festkörperphysik .....</b>	<b>106</b>
Festkörperphysik in niedrigen Dimensionen .....	106
Oberflächenphysik .....	107
Vom Atom zum Festkörper .....	108
Seminar zu Vom Atom zum Festkörper .....	109
Grundlagen der Halbleiterphysik .....	110
Halbleitermesstechnik in der Photovoltaik .....	111
Rastersondentechnik .....	112
Molekulare Elektronik .....	113
Methoden der Oberflächenanalytik .....	114
Laborpraktikum Methoden der Oberflächenanalytik .....	115
Physik der Nanostrukturen .....	116
Optische Spektroskopie von Festkörpern .....	117
Quantenstrukturbauelemente .....	118
Physik der Solarzelle .....	119
Seminar „Aktuelle Forschungsfragen der Photovoltaik“ .....	120
Einführung in die elektronische Messdatenerfassung und -verarbeitung mit LabView .....	121
Laborpraktikum Festkörperphysik .....	122
Thermodynamik, Kinetik und Struktur von Defekten in Halbleitern .....	123
Physik in Nanostrukturen .....	124
<b>Institut für Quantenoptik .....</b>	<b>125</b>
Nichtlineare Optik .....	125
Photonik .....	126
Seminar zu Photonik .....	127
Atomoptik .....	128
Laborpraktikum Optik .....	129
Festkörperlaser .....	130
Optische Schichten .....	131
Grundlagen der Lasermedizin und Biomedizinischen Optik .....	132
Physics of Life .....	133
Bionische Oberflächen durch Laserstrahlung .....	134

<b>Institut für Gravitationsphysik.....</b>	<b>135</b>
Data Analysis .....	135
Laborpraktikum Data Analysis.....	136
Neutron Stars and Black Holes .....	137
Seminar Gravitationswellen .....	138
Seminar Gravitationsphysik .....	139
Laserinterferometrie .....	140
Laborpraktikum Laserinterferometrie.....	141
Laserstabilisierung und Kontrolle optischer Experimente .....	142
Nichtklassisches Licht .....	143
Nichtklassische Laserinterferometrie .....	144
Elektronische Metrologie im Optiklabor .....	145
<b>Institut für Radioökologie und Strahlenschutz.....</b>	<b>146</b>
Kernenergie und Brennstoffkreislauf, technische Aspekte und gesellschaftlicher Diskurs	146
Radioaktivität in der Umwelt und Strahlengefährdung des Menschen.....	147
Strahlenschutz und Radioökologie .....	148
Kernphysikalische Anwendungen in der Umweltphysik.....	149
Chemie und physikalische Analyse von Radionukliden .....	150
Einführung in die Massenspektrometrie .....	152
Seminar/Praktikum Strahlenschutz und Radioökologie .....	153
Fachkunde im Strahlenschutz .....	154
<b>Lehrveranstaltungen der Meteorologie .....</b>	<b>155</b>
Numerische Wettervorhersage.....	155
Programmierpraktikum zur Numerischen Wettervorhersage.....	156
Schadstoffausbreitung in der Atmosphäre.....	157
Turbulenz II.....	158
Atmosphärische Konvektion.....	159
Programmierpraktikum zur Simulation der atmosphärischen Grenzschicht.....	160
Simulation turbulenter Strömungen mit LES-Modellen .....	161
Numerisches Praktikum zur Simulation turbulenter Strömungen mit LES-Modellen .....	162
Agrarmeteorologie .....	163
Lokalklimate .....	164
Fernerkundung I.....	165
Fernerkundung II.....	166
Seminar zur fortgeschrittenen Meteorologie .....	167
Meteorologische Exkursion II .....	168
Seminar Strahlung und Fernerkundung .....	169
Wofür braucht man Mathematik und Physik (im Meteorologie Studium)? WOMA.....	170
Externes Praktikum Inland.....	171
Externes Praktikum Ausland .....	172

**Table Zuordnung der Lehrveranstaltungen**

Modulname/ Veranstaltung	Bachelor Physik	Bachelor Meteorologie	Master Physik		Master Meteorologie		
	Moderne Aspekte der Physik	Wahlmodul Meteorologie	Ausgewählte Themen moderner Physik	Seminar	Ausgewählte Themen moderner Meteorologie A	Ausgewählte Themen moderner Meteorologie B	Ausgewählte Themen moderner Meteorologie C
Fortgeschrittene Quantentheorie	X		X				
Seminar zu Fortgeschrittene Quantentheorie	X		X	X			
Theoretische Quantenoptik und Quantendynamik							
Computerphysik	X		X				
Theoretische Festkörperphysik			X				
Statistische Feldtheorie			X				
Seminar zur Theorie der kondensierten Materie			X	X			
Fortgeschrittene Computerphysik	X		X				
Aktuelle Probleme der Theorie der kondensierten Materie			X				
Theorie der fundamentalen Wechselwirkungen			X				
Seminar zu Theorie der fundamentalen Wechselwirkungen			X	X			
Ergänzungen zur klassischen Physik							
Einführung in die Teilchenphysik	X		X				
Festkörperphysik in niedrigen Dimensionen	X		X				
Oberflächenphysik			X				
Vom Atom zum Festkörper	X		X				
Seminar zu Vom Atom zum Festkörper			X	X			
Grundlagen der Halbleiterphysik			X				
Halbleitermesstechnik in der Photovoltaik	X		X				

Modulname/ Veranstaltung	Bachelor Physik	Bachelor Meteorologie	Master Physik		Master Meteorologie		
	Moderne Aspekte der Physik	Wahlmodul Meteorologie	Ausgewählte Themen moderner Physik	Seminar	Ausgewählte Themen moderner Meteorologie A	Ausgewählte Themen moderner Meteorologie B	Ausgewählte Themen moderner Meteorologie C
Rastersondentechnik	X		X				
Molekulare Elektronik	X		X				
Methoden der Oberflächen-analytik	X		X				
Laborpraktikum Methoden der Oberflächenanalytik			X				
Physik der Nanostrukturen			X				
Optische Spektroskopie von Festkörpern			X				
Quantenstrukturbaulemente			X				
Physik der Solarzelle	X		X				
Seminar „Aktuelle Forschungsfragen der Photovoltaik							
Einführung in die elektronische Messdatenerfassung und –verarbeitung mit LabView							
Laborpraktikum Festkörperphysik			X	X			
Thermodynamik, Kinetik und Struktur von Defekten in Halbleitern			X				
Physik in Nanostrukturen	X		X				
Nichtlineare Optik			X				
Photonik			X				
Seminar zu Photonik			X				
Atomoptik			X				
Laborpraktikum Optik			X				
Festkörperlaser			X				

Modulname/ Veranstaltung	Bachelor Physik	Bachelor Meteorologie	Master Physik		Master Meteorologie		
	Moderne Aspekte der Physik	Wahlmodul Meteorologie	Ausgewählte Themen moderner Physik	Seminar	Ausgewählte Themen moderner Meteorologie A	Ausgewählte Themen moderner Meteorologie B	Ausgewählte Themen moderner Meteorologie C
Optische Schichten			X				
Data Analysis			X				
Laborpraktikum Data Analysis							
Grundlagen der Lasermedizin und Biomedizinischen Optik							
Neutron Stars and Black Holes			X	X			
Seminar Gravitationswellen			X	X			
Seminar Gravitationsphysik			X				
Laserinterferometrie			X				
Laborpraktikum Laserinterferometrie			X				
Laserstabilisierung und Kontrolle optischer Experimente	X		X				
Nichtklassisches Licht			X				
Nichtklassische Laserinterferometrie			X				
Elektronische Metrologie im Optiklabor			X				
Physics of Life							
Bionische Oberflächen durch Laserstrahlung							
Kernenergie und Brennstoffkreislauf, technische Aspekte und gesellschaftlicher Diskurs							
Radioaktivität in der Umwelt und Strahlengefährdung des Menschen	X		X				
Strahlenschutz und Radioökologie	X		X				

Modulname/ Veranstaltung	Bachelor Physik	Bachelor Meteorologie	Master Physik		Master Meteorologie		
	Moderne Aspekte der Physik	Wahlmodul Meteorologie	Ausgewählte Themen moderner Physik	Seminar	Ausgewählte Themen moderner Meteorologie A	Ausgewählte Themen moderner Meteorologie B	Ausgewählte Themen moderner Meteorologie C
Kernphysikalische Anwendungen in der Umweltphysik	X		X				
Chemie und physikalische Analyse von Radionukliden							
Einführung in die Massenspektrometrie							
Seminar/Praktikum Strahlenschutz und Radioökologie	X		X				
Fachkunde im Strahlenschutz	X		X				
Numerische Wettervorhersage		X			X	X	X
Programmierpraktikum zur Numerischen Wettervorhersage		X			X	X	X
Schadstoffausbreitung in der Atmosphäre		X			X	X	X
Turbulenz II		X			X	X	X
Atmosphärische Konvektion		X			X	X	X
Programmierpraktikum zur Simulation der atmosphärischen Grenzschicht		X			X	X	X
Simulation turbulenter Strömungen mit LES-Modellen		X			X	X	X
Numerisches Praktikum zur Simulation turbulenter Strömungen mit LES-Modellen		X			X	X	X
Agrarmeteorologie		X			X	X	X
Lokalklimate		X			X	X	X
Fernerkundung I		X			X	X	X
Fernerkundung II		X			X	X	X
Seminar zur fortgeschrittenen Meteorologie							X

Modulname/ Veranstaltung	Bachelor Physik	Bachelor Meteorologie	Master Physik		Master Meteorologie		
	Moderne Aspekte der Physik	Wahlmodul Meteorologie	Ausgewählte Themen moderner Physik	Seminar	Ausgewählte Themen moderner Meteorologie A	Ausgewählte Themen moderner Meteorologie B	Ausgewählte Themen moderner Meteorologie C
Meteorologische Exkursion II							X
Seminar Strahlung und Fernerkundung							
Wofür braucht man Mathematik und Physik (im Meteorologie Studium)? WOMA		X					
Externes Praktikum Inland							X
Externes Praktikum Ausland							X

## Lehrveranstaltungen der Physik

Institut für Theoretische Physik

Fortgeschrittene Quantentheorie		
SWS 3+1	Leistungspunkte: 5	Verantwortung Institut für Theoretische Physik
Regelmäßigkeit: Sommersemester		
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vielteilchensysteme: Identische Teilchen, Fock-Raum, Feldquantisierung</li> <li>• Offene Quantensysteme: Dichtematrix, Messprozess, Bell'sche Ungleichung</li> <li>• Information und Thermodynamik: Zustandssummen, Entropie, thermodynamisches Gleichgewicht</li> <li>• Semiklassische Näherung: Bohr-Sommerfeld, Tunneleffekt, Pfadintegral</li> <li>• Relativistische Quantenmechanik: Raum-Zeit-Symmetrien, Dirac-Gleichung</li> <li>• Streutheorie</li> </ul>		
<b>Grundlegende Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>📖 W. Greiner and J. Reinhardt, <i>Theoretische Physik 7 (Quantenelektrodynamik) und 7a (Feldquantisierung)</i>, Springer</li> <li>📖 R.H. Landau, <i>Quantum Mechanics II, A Second Course in Quantum Theory</i>, Wiley-VCH</li> <li>📖 A. Peres, <i>Quantum Theory: Concepts and Methods</i>, Springer</li> <li>📖 M.E. Peskin &amp; D.V. Schroeder, <i>An Introduction to Quantum Field Theory</i>, Westview Press</li> <li>📖 J.J. Sakurai, <i>Modern Quantum Mechanics</i>, Addison Wesley</li> <li>📖 F. Schwabl, <i>Quantenmechanik für Fortgeschrittene</i>, Springer</li> </ul>		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• „Mathematik für Physiker“</li> <li>• „Einführung in die Quantentheorie“</li> </ul>		
<b>Modulzugehörigkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Moderne Aspekte der Physik</li> <li>• Ausgewählte Themen moderner Physik</li> </ul>		

Seminar zu Fortgeschrittene Quantentheorie		
SWS 2	Leistungspunkte: 3	Verantwortung Institut für Theoretische Physik
Regelmäßigkeit: Sommersemester		
<b>Inhalt:</b> Nach Absprache mit den Dozenten. Das Seminar muss in Zusammenhang mit der Vorlesung Fortgeschrittene Quantentheorie belegt werden.		
<b>Grundlegende Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>📖 W. Greiner and J. Reinhardt, <i>Theoretische Physik 7 (Quantenelektrodynamik) und 7a (Feldquantisierung)</i>, Springer</li> <li>📖 R.H. Landau, <i>Quantum Mechanics II, A Second Course in Quantum Theory</i>, Wiley-VCH</li> <li>📖 A. Peres, <i>Quantum Theory: Concepts and Methods</i>, Springer</li> <li>📖 M.E. Peskin &amp; D.V. Schroeder, <i>An Introduction to Quantum Field Theory</i>, Westview Press</li> <li>📖 J.J. Sakurai, <i>Modern Quantum Mechanics</i>, Addison Wesley</li> <li>📖 F. Schwabl, <i>Quantenmechanik für Fortgeschrittene</i>, Springer</li> </ul>		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• „Mathematik für Physiker“</li> <li>• „Einführung in die Quantentheorie“</li> </ul>		
<b>Modulzugehörigkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Moderne Aspekte der Physik</li> <li>• Ausgewählte Themen moderner Physik</li> <li>• Seminar</li> </ul>		

Theoretische Quantenoptik und Quantendynamik		
SWS 3+1	Leistungspunkte: 5	Verantwortung Institut für Theoretische Physik
Regelmäßigkeit: Winter- oder Sommersemester		
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Feldquantisierung, Casimir-Effekt</li> <li>• Fockzustände, thermische Zustände, kohärente Zustände</li> <li>• Phasenraumverteilungen (P-Funktion, Husimi-Funktion, Wigner-Funktion)</li> <li>• Nichtklassisches Licht</li> <li>• Atom-Feld-Wechselwirkung (Störungstheorie, Rabi-Oszillationen, Jaynes-Cummings-Modell, Floquet-Theorie, Fluoreszenz, spontane Emission)</li> <li>• Stochastische Methoden (Mastergleichung, Fokker-Planck-Gleichung), parametrische Verstärkung</li> <li>• Atomoptik, Cavity-QED, starke Laserfelder</li> </ul>		
<b>Grundlegende Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>📖 C. Gerry und P. Knight, <i>Introductory Quantum Optics</i>, Cambridge University Press</li> <li>📖 S. Barnett, <i>Methods in theoretical quantum optics</i>, Clarendon Press</li> <li>📖 D. Walls und G. Milburn, <i>Quantum Optics</i>, Springer</li> <li>📖 H.-J. Kull, <i>Laserphysik</i>, Oldenbourg</li> <li>📖 W. Schleich, <i>Quantum optics in phase space</i>, Wiley-VCH</li> <li>📖 C. Joachain, N. Kylstra und R. Potvliege, <i>Atoms in intense laser fields</i>, Cambridge University Press</li> <li>📖 R. Loudon, <i>The Quantum Theory of Light</i>, Oxford Science Publications</li> </ul>		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• „Theoretische Elektrodynamik“</li> <li>• „Einführung in die Quantentheorie“</li> </ul>		
<b>Modulzugehörigkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Moderne Aspekte der Physik</li> <li>• Ausgewählte Themen moderner Physik</li> </ul>		

<b>Computerphysik</b>		
<b>SWS</b> 2+2	<b>Leistungspunkte:</b> 6	<b>Verantwortung</b> Institut für Theoretische Physik
<b>Regelmäßigkeit:</b> Sommersemester		
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlegende numerische Methoden (Differentiation, Integration, Interpolation, Lösung einer nicht-linearen Gleichung, Systeme linearer algebraischer Gleichungen, Monte Carlo-Methoden)</li> <li>• Numerische Lösung gebräuchlicher Probleme der Physik (Differentialgleichungen, Eigenwertprobleme, Optimierung, Integration und Summen vieler Variablen)</li> <li>• Anwendungen aus der Mechanik, Elektrodynamik, Thermodynamik und Quantenmechanik</li> <li>• Datenanalyse (statistische Analyse, Ausgleichsrechnung, Extrapolation, spektrale Analyse)</li> <li>• Visualisierung (graphische Darstellung von Daten)</li> <li>• Einführung in die Simulation physikalischer Systeme (dynamische Systeme, einfache Molekulardynamik)</li> <li>• Computer-Algebra</li> </ul>		
<b>Grundlegende Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>📖 Wolfgang Kinzel und Georg Reents, „<i>Physik per Computer</i>“, Spektrum Akademischer Verlag</li> <li>📖 S.E. Koonin and D.C. Meredith, „<i>Computational Physics</i>“, Addison-Wesley</li> <li>📖 W.H. Press, S.A. Teukolsky, W.T. Vetterling, B.P. Flannery, „<i>Numerical Recipes in C++</i>“, Cambridge University Press</li> <li>📖 J.M. Thijssen, „<i>Computational Physics</i>“, Cambridge University Press</li> <li>📖 Tao Pang, „<i>An Introduction to Computational Physics</i>“, Cambridge University Press</li> <li>📖 S. Brandt, „<i>Datenanalyse</i>“, Spektrum Akademischer Verlag</li> <li>📖 V. Blobel und E. Lohrmann, „<i>Statistische und numerische Methoden der Datenanalyse</i>“, Teubner Verlag</li> <li>📖 R.H. Landau, M.J. Paez, and C.C. Bordeianu, <i>Computational Physics</i>, Wiley-VCH, 2007</li> </ul>		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erfahrung mit dem Computer und Grundlagen der Programmierung.</li> <li>• „Analysis I+II“</li> <li>• „Theoretische Elektrodynamik“</li> <li>• „Analytische Mechanik“ und „Spezielle Relativitätstheorie“</li> <li>• „Einführung in die Quantentheorie“</li> </ul>		
<b>Modulzugehörigkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Moderne Aspekte der Physik</li> <li>• Naturwissenschaftlich- technischer Wahlbereich</li> <li>• Ausgewählte Themen moderner Physik</li> </ul>		

Theoretische Festkörperphysik		
SWS 3+1	Leistungspunkte: 5	Verantwortung Institut für Theoretische Physik
Regelmäßigkeit: Winter – oder Sommersemester (im Wechsel mit Statistischer Feldtheorie)		
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Transportphänomene</li> <li>• Elektronische Korrelationen</li> <li>• niedrigdimensionale Systeme</li> <li>• Magnetismus</li> <li>• Supraleitung</li> <li>• Unordnung und Störstellen</li> <li>• Mesoskopische Systeme</li> </ul>		
<b>Grundlegende Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>📖 P.G. deGennes, <i>Superconductivity of Metals and Alloys</i>, Perseus Publishing, 1999, Westview Press</li> <li>📖 C. Kittel: <i>Quantum Theory of Solids</i>, Wiley</li> <li>📖 W. Nolting: <i>Quantentheorie des Magnetismus, Band I + II</i>, Teubner Verlag</li> <li>📖 J.M. Ziman, <i>Electrons and Phonons</i>, Oxford University Press, 2000</li> <li>📖 H. Bruus and K. Flensberg, <i>Many Body Quantum Theory in Condensed Matter Physics</i> (Oxford University Press, 2004)</li> </ul>		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• „Fortgeschrittene Quantentheorie“</li> <li>• „Quantenfeldtheorie“</li> </ul>		
<b>Modulzugehörigkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausgewählte Themen moderner Physik</li> </ul>		

Statistische Feldtheorie		
SWS 3+1	Leistungspunkte: 5	Verantwortung Institut für Theoretische Physik
Regelmäßigkeit: Winter – oder Sommersemester (im Wechsel mit Theoretischer Festkörperphysik)		
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zustandssumme als Pfadintegral</li> <li>• kritische Phänomene</li> <li>• kondensierte Materie in zwei Dimensionen</li> <li>• Quantenspinnketten</li> <li>• Nichtgleichgewichtsphänomene</li> </ul>		
<b>Grundlegende Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>📖 A. Altland and B. Simons, <i>Condensed Matter Field Theory</i> (Cambridge University Press, 2006)</li> <li>📖 H. Bruus and K. Flensberg, <i>Many Body Quantum Theory in Condensed Matter Physics</i> (Oxford University Press, 2004)</li> <li>📖 J.M. Thijssen, <i>Computational Physics</i> (Cambridge University Press, 2007)</li> <li>📖 D. J. Amit &amp; V. Martin-Mayor: <i>Field theory, the renormalization, group, and critical phenomena</i> (World Scientific 2005)</li> <li>📖 G. Mussardo: <i>Statistical field theory: An introduction to exactly solved models in statistical physics</i>, (Oxford 2010)</li> <li>📖 A. M. Tsvelik: <i>Quantum field theory in condensed matter physics</i>, (Cambridge 2003)</li> </ul>		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• „Fortgeschrittene Quantentheorie“</li> <li>• „Quantenfeldtheorie“</li> </ul>		
<b>Modulzugehörigkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausgewählte Themen moderner Physik</li> </ul>		

Seminar zur Theorie der kondensierten Materie		
SWS 2	Leistungspunkte: 3	Verantwortung Institut für Theoretische Physik
Regelmäßigkeit: Winter – und Sommersemester		
<b>Inhalt:</b> Nach Absprache mit den Dozenten. Das Seminar muss in Zusammenhang mit der Vorlesung Theoretische Festkörperphysik oder Statistische Feldtheorie belegt werden.		
<b>Grundlegende Literatur:</b>  Siehe Theoretische Festkörperphysik und Statistische Feldtheorie sowie aktuelle Forschungspublikationen		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• „Fortgeschrittene Quantentheorie“</li> <li>• „Quantenfeldtheorie“</li> </ul>		
<b>Modulzugehörigkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausgewählte Themen moderner Physik</li> <li>• Seminar</li> </ul>		

<b>Fortgeschrittene Computerphysik</b>		
<b>SWS</b> 4+2	<b>Leistungspunkte:</b> 8	<b>Verantwortung</b> Prof. Jeckelmann, Institut für Theoretische Physik
<b>Regelmäßigkeit:</b> Winter – oder Sommersemester		
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Exakte Diagonalisierung</li> <li>• Monte Carlo Simulationen</li> <li>• numerische Renormierungsgruppe</li> <li>• Dichtefunktionaltheorie</li> <li>• Moleküldynamik</li> <li>• Quantendynamik</li> <li>• Künstliche Intelligenz und Maschinelles Lernen</li> <li>• Quantencomputer</li> </ul>		
<b>Grundlegende Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>📖 J.M. Thijssen, <i>Computational Physics</i> (Cambridge University Press, 2007)</li> <li>📖 S.E. Koonin and D.C Meredith, <i>Computational Physics</i>, Addison-Wesley, 1990.</li> <li>📖 T. Pang, <i>Computational Physics</i>, Cambridge University Press, 2006</li> <li>📖 H. Gould, J. Tobochnik, and W. Christian, <i>Computer Simulation Methods</i>, Pearson Education, 2007</li> </ul>		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• „Einführung in die Quantentheorie“</li> <li>• „Statistische Physik“</li> <li>• „Computerphysik“</li> </ul>		
<b>Modulzugehörigkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausgewählte Themen moderner Physik</li> <li>• Moderne Aspekte der Physik</li> </ul>		

<b>Aktuelle Probleme der Theorie der kondensierten Materie</b>		
<b>SWS</b> 2	<b>Leistungspunkte:</b> 2	<b>Verantwortung</b> Institut für Theoretische Physik
<b>Regelmäßigkeit:</b> Winter – oder Sommersemester		
<b>Inhalt:</b> Aktuelles Thema nach Wahl der Dozentin oder des Dozenten, z.B. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Theorie des Magnetismus</li> <li>• Theorie der Supraleitung</li> <li>• Theorie des Quanten Hall Effekt</li> <li>• Theorie stark korrelierter Elektronen</li> <li>• Integrierte Quantensysteme</li> <li>• Systeme außerhalb des Gleichgewichts</li> </ul>		
<b>Grundlegende Literatur:</b> wird vom Dozenten angegeben		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• „Fortgeschrittene Quantentheorie“</li> <li>• „Fortgeschrittene Festkörperphysik“</li> </ul>		
<b>Modulzugehörigkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausgewählte Themen moderner Physik</li> </ul>		

Theorie der fundamentalen Wechselwirkungen		
SWS 3+1	Leistungspunkte: 5	Verantwortung Institut für Theoretische Physik
Regelmäßigkeit: Winter- oder Sommersemester		
<b>Inhalt:</b> Das Standardmodell der Teilchenphysik <ul style="list-style-type: none"> <li>• eine heuristische Darstellung der Theorie und Anwendungen</li> <li>• Lagrangedichten in der Feldtheorie</li> <li>• Eichinvarianz, nichtabelsche Eichtheorie</li> <li>• Dirac-Fermionen</li> <li>• die elektroschwache Theorie</li> <li>• Massen und Higgs-Mechanismus</li> <li>• QCD, Quark-Confinement, Jets, Glueballs</li> <li>• Flavor-Physik, SU(3), schwere Quarks</li> <li>• Wirkungsquerschnitte, Zerfallsbreiten, Lebensdauern</li> <li>• Tests des Standardmodells</li> <li>• weiterführende Themen</li> </ul>		
<b>Grundlegende Literatur:</b>  G. Kane, <i>Modern Elementary Particle Physics</i> , Perseus Publishing 1993		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• „Fortgeschrittene Quantentheorie“</li> </ul>		
<b>Modulzugehörigkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausgewählte Themen moderner Physik</li> </ul>		

Seminar zu Theorie der fundamentalen Wechselwirkungen		
SWS 2	Leistungspunkte: 3	Verantwortung Institut für Theoretische Physik
Regelmäßigkeit: Winter- oder Sommersemester		
<b>Inhalt:</b> Nach Absprache mit den Dozenten. Das Seminar muss in Zusammenhang mit der Vorlesung Theorie der fundamentalen Wechselwirkungen belegt werden		
<b>Grundlegende Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li> Peskin, Schröder, <i>Quantum Field Theory</i>, Westview Press</li> <li> Wess, Bagger, <i>Supersymmetry and Supergravity</i>, Princeton University Press</li> <li> Galperin, Ivanov, Ogievetsky, Sokatchev, <i>Harmonic Superspace</i>, Cambridge University Press</li> <li> Green, Schwarz, Witten, <i>Superstring Theory</i>, Cambridge University Press</li> <li> und aktuelle Forschungspublikationen</li> </ul>		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• „Fortgeschrittene Quantentheorie“</li> </ul>		
<b>Modulzugehörigkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausgewählte Themen moderner Physik</li> <li>• Seminar</li> </ul>		

Ergänzungen zur klassischen Physik		
SWS 3+1	Leistungspunkte: 5	Verantwortung Institut für Theoretische Physik
Regelmäßigkeit: Winter – oder Sommersemester		
<p><b>Inhalt:</b></p> <p>Ausgewählte Bereiche der klassischen Physik nach Wahl der Dozentin oder des Dozenten, z.B.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Relativitätstheorie</u>: Minkowski-Raum, Lorentzgruppe, Darstellungen der Lorentzgruppe, Relativistische Teilchen, Ankopplung des elektromagnetischen Feldes, Liénard-Wiechert Potentiale, Schwarzschild-Metrik, Tests der Allgemeinen Relativitätstheorie im Sonnensystem, Thirring-Lense-Effekt, Lichtablenkung, Einstein-Hilbert-Wirkung, kovariante Energie-Impuls-Erhaltung, Gravitationswellen: Erzeugung und Nachweis, Kosmologie</li> <li>• <u>Eichtheorien</u>: Parallelverschiebung, kovariante Ableitung, Feldstärken, Holonomie-Gruppe, Bianchi-Identitäten, Wirkungsprinzip, Noetheridentitäten, Algebraisches Poincaré-Lemma, Standard-Modell der fundamentalen Wechselwirkungen, Monopole, spontane Symmetriebrechung, BRS-Symmetrie, Anomalien</li> <li>• <u>Integrierte und chaotische Bewegung</u>: Hamiltonsche Bewegungsgleichungen, kanonische Transformationen, Poincarés Integralinvarianten, Wirkungs-Winkel-Variable, Störungstheorie, Kolmogorov-Arnol'd-Moser Theorem, Poincarés Wiederkehrabbildung, Birkhoffs Fixpunktsatz, Selbstähnlicher Hamiltonscher Fluss</li> </ul>		
<p><b>Grundlegende Literatur:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>📖 B. F. Schutz, <i>A first course in general relativity</i>, Cambridge University Press</li> <li>📖 W. Rindler, <i>Relativity</i>, Oxford University Press</li> <li>📖 V. Mukhanov, <i>Physical Foundations of Cosmology</i>, Cambridge University Press</li> <li>📖 L. O'Raiheartaigh, <i>Group Structure of Gauge Theories</i>, Cambridge University Press</li> <li>📖 V. Arnol'd, <i>Mathematical Methods of Classical Mechanics</i>, Springer</li> <li>📖 A. J. Lichtenberg and M. A. Liebermann, <i>Regular and Stochastic Motion</i>, Springer</li> <li>📖 J. Moser, <i>Stable and Random Motion in Dynamical Systems</i>, Princeton University Press</li> </ul>		
<p><b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• „Analytische Mechanik“ und „Spezielle Relativitätstheorie“</li> </ul>		
<p><b>Modulzugehörigkeit:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Moderne Aspekte der Physik</li> <li>• Ausgewählte Themen moderner Physik</li> </ul>		

Einführung in die Teilchenphysik		
SWS 3+1	Leistungspunkte: 5	Verantwortung Institut für Theoretische Physik
Regelmäßigkeit: Sommersemester		
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fundamentale Teilchen und ihre Wechselwirkungen</li> <li>• Symmetrien und Erhaltungssätze</li> <li>• Hadronen, Quarks, Partonen</li> <li>• QCD</li> <li>• elektromagnetische und schwache Wechselwirkungen und ihre Vereinigung</li> <li>• Standardmodell der Teilchenphysik</li> <li>• Beschleuniger und Detektoren</li> <li>• Neutrino-physik</li> <li>• Offene Fragen und Zukunftsprojekte der Teilchenphysik</li> </ul>		
<b>Grundlegende Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>📖 F. Halzen und A.D. Martin, <i>Quarks and Leptons</i>, Wiley</li> <li>📖 D.H. Perkins, <i>Introduction to High Energy Physics</i>, Cambridge University Press</li> <li>📖 B.R. Martin and G. Shaw, <i>Particle Physics</i>, Wiley</li> <li>📖 E. Lohrmann, <i>Hochenergiephysik</i>, Teubner Verlag</li> <li>📖 C. Berger, <i>Elementarteilchenphysik</i>, Springer</li> </ul>		
Empfohlene Vorkenntnisse:		
<b>Modulzugehörigkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Moderne Aspekte der Physik</li> <li>• Ausgewählte Themen moderner Physik</li> </ul>		

Institut für Festkörperphysik

Festkörperphysik in niedrigen Dimensionen		
SWS 3+1	Leistungspunkte: 5	Verantwortung Institut für Festkörperphysik
Regelmäßigkeit: Sommersemester		
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Herstellung von Strukturen niedriger Dimension, Epitaxie</li> <li>• Elektronische Eigenschaften in 0 bis 2 Dimensionen</li> <li>• Auswirkungen der Korrelation von Elektronen</li> <li>• Resonante Bauelemente</li> <li>• Magnetische Eigenschaften</li> <li>• Eindimensionale Ketten: Dispersion, Instabilitäten, Defekte</li> <li>• Solitonen</li> <li>• Supraleitung in stark anisotropen Systemen</li> <li>• Ladungs- und Spindichtewellen</li> </ul>		
<b>Grundlegende Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li> Roth, Carroll, <i>One-dimensional metals</i>, VCH</li> <li> I. Markov, <i>Crystal growth for beginners</i>, World Scientific</li> <li> R. Waser, <i>Nanotechnology</i>, Wiley-VCH</li> </ul>		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• „Einführung in die Festkörperphysik“</li> </ul>		
<b>Modulzugehörigkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Moderne Aspekte der Physik</li> <li>• Ausgewählte Themen moderner Physik</li> </ul>		

<b>Oberflächenphysik</b>		
<b>SWS</b> 3+1	<b>Leistungspunkte:</b> 5	<b>Verantwortung</b> Institut für Festkörperphysik
<b>Regelmäßigkeit:</b> Sommersemester		
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Struktur von Festkörperoberflächen und zugehörige Messmethoden</li> <li>• Elektronische Eigenschaften von Grenzflächen und zugehörige Messmethoden</li> <li>• Bindung von Atomen und Molekülen and Grenzflächen</li> <li>• einfache Reaktionskinetik</li> <li>• Strukturierung und Selbstorganisation</li> <li>• Defekte und deren physikalische Auswirkungen</li> </ul>		
<b>Grundlegende Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>📖 Zangwill, <i>Physics at Surfaces</i>, Cambridge University Press</li> <li>📖 M. Henzler, M. Göpel, <i>Oberflächenphysik des Festkörpers</i>, Teubner</li> <li>📖 F. Bechstedt, <i>Principles of surface physics</i>, Springer</li> <li>📖 Ph. Hoffmann, Wiley</li> </ul>		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• „Einführung in die Festkörperphysik“</li> <li>• „Fortgeschrittene Festkörperphysik“</li> </ul>		
<b>Modulzugehörigkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausgewählte Themen moderner Physik</li> </ul>		

<b>Vom Atom zum Festkörper</b>		
<b>SWS</b> 3+1	<b>Leistungspunkte:</b> 5	<b>Verantwortung</b> Institut für Festkörperphysik
<b>Regelmäßigkeit:</b> Sommersemester		
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Herstellung von Strukturen niedriger Dimension, Epitaxie</li> <li>• Elektronische Eigenschaften in 0 bis 2 Dimensionen</li> <li>• Auswirkungen der Korrelation von Elektronen</li> <li>• Resonante Bauelemente</li> <li>• Magnetische Eigenschaften</li> <li>• Eindimensionale Ketten: Dispersion, Instabilitäten, Defekte</li> <li>• Solitonen</li> <li>• Supraleitung in stark anisotropen Systemen</li> <li>• Ladungs- und Spindichtewellen</li> </ul>		
<b>Grundlegende Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li> Roth, Carroll, <i>One-dimensional metals</i>, VCH</li> <li> R. Waser, <i>Nanotechnology</i>, Wiley-VCH</li> <li> Bovensiepen, Wolf</li> </ul>		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• „Einführung in die Festkörperphysik“</li> </ul>		
<b>Modulzugehörigkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausgewählte Themen moderner Physik</li> <li>• Ausgewählte Themen der Nanoelektronik</li> <li>• Moderne Aspekte der Physik</li> </ul>		

Seminar zu Vom Atom zum Festkörper		
SWS 2	Leistungspunkte: 3	Verantwortung Institut für Festkörperphysik
Regelmäßigkeit: Sommersemester		
<b>Inhalt:</b> Nach Absprache mit den Dozenten. Das Seminar muss in Zusammenhang mit der Vorlesung Vom Atom zum Festkörper belegt werden.		
<b>Grundlegende Literatur:</b>  Roth, Carroll, <i>One-dimensional metals</i> , VCH  I. Markov, <i>Crystal growth for beginners</i> , World Scientific  R. Waser, <i>Nanotechnology</i> , Wiley-VCH		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• „Einführung in die Festkörperphysik“</li> </ul>		
<b>Modulzugehörigkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausgewählte Themen moderner Physik</li> <li>• Ausgewählte Themen der Nanoelektronik</li> <li>• Seminar</li> </ul>		

<b>Grundlagen der Halbleiterphysik</b>		
<b>SWS</b> 2+1	<b>Leistungspunkte:</b> 4	<b>Verantwortung</b> Institut für Festkörperphysik
<b>Regelmäßigkeit:</b> Wintersemester		
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bändertheorie</li> <li>• Eigen- und Störstellenleitung</li> <li>• Defekte in Halbleitern</li> <li>• p-n-Übergänge</li> <li>• Rekombinationsprozesse</li> <li>• Ladungsträgertransport</li> <li>• Heteroübergänge</li> <li>• Metall-Halbleiter-Kontakte</li> <li>• Halbleiterbauelemente (Dioden, Transistoren, Photodioden)</li> </ul>		
<b>Grundlegende Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li> P.Y. Yu, M. Cardona, <i>Fundamentals of Semiconductors</i>, Springer</li> <li> S.M. Sze, <i>Semiconductor devices, Physics and Technology</i>, Wiley, New York</li> </ul>		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• „Einführung in die Festkörperphysik“</li> </ul>		
<b>Modulzugehörigkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausgewählte Themen moderner Physik</li> <li>• Ausgewählte Themen der Nanoelektronik</li> </ul>		

Halbleitermesstechnik in der Photovoltaik		
SWS 2	Leistungspunkte: 3	Verantwortung Institut für Festkörperphysik
Regelmäßigkeit: Wintersemester (ausgenommen Wintersemester 2018/19)		
<p><b>Inhalt:</b></p> <p>In der Vorlesung wird der Herstellungsprozess einer kristallinen Siliziumsolarzelle vom Siliziumblock bis zur Solarzelle betrachtet. Die jeweiligen Analyseverfahren zur Beurteilung der einzelnen Prozesse werden vorgestellt und erklärt. Dieses sind insbesondere Analyseverfahren zur:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Material Charakterisierung: Leitfähigkeit, Ladungsträgerdichte, Ladungsträgerlebensdauer (Photolumineszenz, Photoleitfähigkeit, Thermografie), Defekte (Deep Level Transient Spectroscopy, Ladungsträgerlebensdauerspektroskopie, Infrarot-Spektroskopie), Kristallorientierung (Electron Back Scattering Diffraction)</li> <li>• Prozess Charakterisierung: Dotierprofile (Electrochemical Capacitance Voltage Profiling), Textur (Rasterelektronenmikroskopie, Reflexion), Ladungsträgerlebensdauer (Photolumineszenz, Photoleitfähigkeit, Thermografie), Schichtdicke und Brechungsindex (Ellipsometrie, Infrarot-Spektroskopie)</li> <li>• Solarzellen Charakterisierung: Strom-Spannungs-Kennlinie, Quanteneffizien, Reflexion, Shuntanalyse (Thermografie), Serienwiderstand (Transmission Line Method, Photolumineszenz)</li> </ul>		
<p><b>Grundlegende Literatur:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>📖 D.K. Schroder, <i>Semiconductor Material and Device Characterization (2<sup>nd</sup> ed.)</i>, Wiley (1998)</li> <li>📖 S. M. Sze, <i>Semiconductor Devices: Physics and Technology</i>, Wiley (1985)</li> <li>📖 Bergmann, Schaefer, <i>Lehrbuch der Experimentalphysik Bd. 6: Festkörper</i>, de Gruyter (1992)</li> </ul>		
<p><b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• „Einführung in die Festkörperphysik“</li> <li>• „Halbleiterphysik“</li> <li>• „Physik der Solarzelle“</li> </ul>		
<p><b>Modulzugehörigkeit:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausgewählte Themen moderner Physik</li> <li>• Ausgewählte Themen der Nanoelektronik</li> <li>• Moderne Aspekte der Physik</li> </ul>		

<b>Rastersondentechnik</b>		
<b>SWS</b> 2	<b>Leistungspunkte:</b> 2	<b>Verantwortung</b> Institut für Festkörperphysik
<b>Regelmäßigkeit:</b> Wintersemester		
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rastertunnelmikroskopie</li> <li>• Zustandsdichten und Transmissionswahrscheinlichkeiten</li> <li>• Rastertunnelspektroskopie</li> <li>• Kraftmikroskopie</li> <li>• auftretende Kräfte an Oberflächen</li> <li>• Detektion lokaler elektrischer und magnetischer Felder,</li> <li>• Reibungsbilder</li> <li>• Rasterelektronenmikroskopie</li> </ul>		
<b>Grundlegende Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li> E. Meyer; H. J. Hug, R. Bennewitz, <i>Scanning probe microscopy : the lab on a Tipp</i>, Springer</li> <li> B. Bushan, <i>Applied scanning probe methods</i>, Springer</li> </ul>		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• „Einführung in die Festkörperphysik“</li> </ul>		
<b>Modulzugehörigkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausgewählte Themen moderner Physik</li> <li>• Ausgewählte Themen der Nanoelektronik</li> <li>• Moderne Aspekte der Physik</li> </ul>		

<b>Molekulare Elektronik</b>		
<b>SWS</b> 2+1	<b>Leistungspunkte:</b> 2	<b>Verantwortung</b> Institut für Festkörperphysik
<b>Regelmäßigkeit:</b> Sommersemester		
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufbau von Molekülen und elektronische Struktur</li> <li>• Molekulare Kristalle</li> <li>• Organische Filme, Dotierung, elektronischer Transport</li> <li>• Moleküle auf Oberflächen</li> <li>• Kontaktierung von Molekülen</li> </ul>		
<b>Grundlegende Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li> J. Tour, <i>Molecular electronics</i>, World scientific 2002</li> <li> Schwoerer, Wolf, <i>Organische Festkörper</i>, Wiley</li> </ul>		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• „Einführung in die Festkörperphysik“</li> </ul>		
<b>Modulzugehörigkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausgewählte Themen moderner Physik</li> <li>• Ausgewählte Themen der Nanoelektronik</li> <li>• Moderne Aspekte der Physik</li> </ul>		

Methoden der Oberflächenanalytik		
SWS 2	Leistungspunkte: 2	Verantwortung Institut für Festkörperphysik
Regelmäßigkeit: Sommersemester		
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vakuumtechnik und Probenpräparation</li> <li>• Methoden der chemischen Analyse: XPS, UPS, AES, EELS, ISS, TDS, ESD</li> <li>• Bestimmung der geometrischen Struktur: STM, AFM, FIM, LEED, SEM</li> <li>• Analyse der Elektronenstruktur: UPS, XPS, IPES, NEXAFS</li> </ul>		
<b>Grundlegende Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li> D.P. Woodruff, T.A. Delchar, <i>Modern Techniques of Surface Scienccem</i>, Cambridge University Press</li> <li> H. Bubern , H. Jenett, <i>Surface and Thin Film Analysis</i>, Wiley-VCH</li> <li> Springer Series in Surface Science</li> </ul>		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• „Einführung in die Festkörperphysik“</li> </ul>		
<b>Modulzugehörigkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausgewählte Themen moderner Physik</li> <li>• Ausgewählte Themen der Nanoelektronik</li> <li>• Moderne Aspekte der Physik</li> </ul>		

Laborpraktikum Methoden der Oberflächenanalytik		
SWS 3	Leistungspunkte: 3	Verantwortung Institut für Festkörperphysik
Regelmäßigkeit: Sommersemester		
<b>Inhalt:</b> Passende Versuche, z.B. mit XPS, UPS, LEED, EELS. Das Praktikum muss in Zusammenhang mit der Vorlesung Methoden der Oberflächenanalytik belegt werden.		
<b>Grundlegende Literatur:</b> 📖 D.P. Woodruff, T.A. Delchar, <i>Modern Techniques of Surface Science</i> , Cambridge University Press 📖 H. Bubert, H. Jenett, <i>Surface and Thin Film Analysis</i> , Wiley-VCH 📖 Springer Series in Surface Science		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• „Einführung in die Festkörperphysik“</li> </ul>		
<b>Modulzugehörigkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausgewählte Themen moderner Physik</li> <li>• Ausgewählte Themen der Nanoelektronik</li> <li>• Moderne Aspekte der Physik</li> </ul>		

<b>Physik der Nanostrukturen</b> <b>Stand: Modulkatalog 2018</b>		
<b>SWS</b> 2+1	<b>Leistungspunkte:</b> 5	<b>Verantwortung</b> Institut für Festkörperphysik
<b>Regelmäßigkeit:</b> nicht regelmäßig		
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Grundlagen Nanostrukturen</li><li>• Moderne ein- und zweidimensionale Strukturen</li><li>• Spektroskopiemethoden</li></ul>		
<b>Grundlegende Literatur:</b>  Wird in der Vorlesung bekannt gegeben		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• „Einführung in die Festkörperphysik“</li></ul>		
<b>Modulzugehörigkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Ausgewählte Themen moderner Physik</li><li>• Ausgewählte Themen der Nanoelektronik</li></ul>		

Optische Spektroskopie von Festkörpern		
SWS 2	Leistungspunkte: 2	Verantwortung Institut für Festkörperphysik
Regelmäßigkeit: Wintersemester		
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kurzpuls laser</li> <li>• Licht-Materie-Wechselwirkung</li> <li>• Pump-Abfrage Techniken</li> <li>• Zeitaufgelöste Photolumineszenz</li> <li>• Polarisation (Jones-Matrix, Stokes-Vektor)</li> <li>• Halbleiteroptik</li> <li>• Physikalische Grenzen der Zeitauflösung und Messempfindlichkeit</li> <li>• Rauschen als Messgröße</li> </ul>		
<b>Grundlegende Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li> Jean-Claude Diels, Wolfgang Rudolph, „<i>Ultrashort Laser Pulse Phenomena</i>“, Academic Press</li> <li> C. Klingshirn, „<i>Semiconductor Optics</i>“ Second Edition, Springer</li> </ul>		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• „Einführung in die Festkörperphysik“</li> </ul>		
<b>Modulzugehörigkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausgewählte Themen moderne Physik</li> <li>• Ausgewählte Themen der Nanoelektronik</li> </ul>		

<b>Quantenstrukturbauelemente</b>		
<b>SWS</b> 3+1	<b>Leistungspunkte:</b> 5	<b>Verantwortung</b> Institut für Festkörperphysik
<b>Regelmäßigkeit:</b> Sommersemester		
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Quanteneffekte in Halbleiterstrukturen</li> <li>• Physik zweidimensionaler Elektrongase</li> <li>• Quantendrähte</li> <li>• Quantenpunkte</li> <li>• Kohärenz- und Wechselwirkungseffekte</li> <li>• Einzelelektronentunneltransistor</li> <li>• Quantencomputing</li> </ul>		
<b>Grundlegende Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li> C. Weisbuch, B. Vinter, <i>Quantum Semiconductor Structures</i>, Academic Pr Inc</li> <li> S.M. Sze, <i>Semiconductor Devices: Physics and Technology</i>, Wiley</li> <li> M.J. Kelly, <i>Low-Dimensional Semiconductors: Materials, Physics, Technology, Devices</i>, Oxford University Press</li> </ul>		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• „Einführung in die Festkörperphysik“</li> <li>• „Fortgeschrittene Festkörperphysik“</li> </ul>		
<b>Modulzugehörigkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausgewählte Themen moderner Physik</li> <li>• Ausgewählte Themen der Nanoelektronik</li> <li>• Quantenstrukturbauelemente (Pflichtbereich Master Nanotechnologie)</li> </ul>		

Physik der Solarzelle		
SWS 2+2	Leistungspunkte: 5	Verantwortung Institut für Festkörperphysik
Regelmäßigkeit: Sommersemester		
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Halbleitergrundlagen</li> <li>• Optische Eigenschaften von Halbleitern</li> <li>• Transport von Elektronen und Löchern</li> <li>• Mechanismen der Ladungsträger-Rekombination</li> <li>• Herstellungsverfahren für Solarzellen</li> <li>• Charakterisierungsmethoden für Solarzellen</li> <li>• Möglichkeiten und Grenzen der Wirkungsgradverbesserung</li> </ul>		
<b>Grundlegende Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>📖 P. Würfel, „<i>Physik der Solarzellen</i>“ (Spektrum Akademischer Verlag, 2000).</li> <li>📖 A. Goetzberger, B. Voß, J. Knobloch, „<i>Sonnenenergie: Photovoltaik</i>“ (Teubner 1994).</li> </ul>		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• „Einführung in die Festkörperphysik“</li> </ul>		
<b>Modulzugehörigkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Moderne Aspekte der Physik</li> <li>• Ausgewählte Themen moderner Physik</li> <li>• Ausgewählte Themen der Nanoelektronik</li> <li>• Wahlveranstaltung im Masterstudiengang Nanotechnologie</li> </ul>		

Seminar „Aktuelle Forschungsfragen der Photovoltaik“		
SWS 2	Leistungspunkte: 3	Verantwortung Institut für Festkörperphysik
Regelmäßigkeit: Wintersemester		
Inhalt: <ul style="list-style-type: none"><li>• Aktuelle Themen der Photovoltaik-Forschung</li></ul>		
Grundlegende Literatur:  Wird im Seminar bereitgestellt		
Empfohlene Vorkenntnisse: <ul style="list-style-type: none"><li>• Vorlesungen „Einführung in die Festkörperphysik“</li><li>• „Physik der Solarzelle“</li></ul>		
Modulzugehörigkeit: <ul style="list-style-type: none"><li>• Moderne Aspekte der Physik</li></ul>		

Einführung in die elektronische Messdatenerfassung und –verarbeitung mit LabView		
SWS 4	Leistungspunkte: 5	Verantwortung Institut für Festkörperphysik
Regelmäßigkeit: Wintersemester		
<b>Kompetenzziele:</b> <p>Die Studierenden erlernen experimentelle Methoden der computergestützten elektronischen Messdatenerfassung sowie die Weiterverarbeitung dieser Daten mit der grafischen Programmierumgebung LabView, die vielfach in Forschung und Industrie eingesetzt wird. Sie kennen die physikalischen Funktionsprinzipien der verwendeten Sensoren und sind in der Lage, damit messtechnische Aufgabenstellungen selbständig zu lösen, die Daten mit dem Computer weiterzuverarbeiten und die Unsicherheit der Ergebnisse zu analysieren.</p>		
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlagen der Programmierung in LabView</li> <li>• Grundlagen der elektronischen Messdatenerfassung mit LabView</li> <li>• Physikalische Grundlagen der Funktionsweise ausgewählter Sensoren</li> <li>• Grundlagen der systematischen Betrachtung von Messunsicherheiten</li> <li>• Begleitende Versuche zu den Vorlesungsinhalten</li> </ul>		
<b>Grundlegende Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>📖 W. Georgi, P. Hohl, <i>Einführung in LabView</i>, Hanser-Verlag</li> <li>📖 W. Demtröder, <i>Experimentalphysik 1: Mechanik und Wärme</i>, Springer Verlag</li> <li>📖 W. Demtröder, <i>Experimentalphysik 2: Elektrizität und Optik</i>, Springer Verlag</li> <li>📖 E. Hering, K. Bressler, J. Gutekunst, <i>Elektronik für Ingenieure und Naturwissenschaftler</i>, Springer Verlag</li> </ul>		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesungen „Mechanik und Wärme“ sowie „Elektrizität und Relativität“</li> </ul>		
<b>Eingangsvoraussetzungen/Teilnehmerbegrenzung:</b> 20 TeilnehmerInnen, Anmeldung über Stud.IP erbeten		
<b>Modulzugehörigkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Moderne Aspekte der Physik</li> <li>• Ausgewählte Themen moderner Physik</li> <li>• Elektronik und Messtechnik</li> <li>• Naturwissenschaftlich-Technischer Wahlbereich Meteorologie</li> </ul>		

<b>Laborpraktikum Festkörperphysik</b>		
<b>SWS</b> 6	<b>Leistungspunkte:</b> 6	<b>Verantwortung</b> Institut für Festkörperphysik
<b>Regelmäßigkeit:</b> Winter- und Sommersemester		
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Quantenhalleffekt</li> <li>• Epitaxie</li> <li>• Vakuumtechnik</li> <li>• Bindungszustände an Oberflächen und Grenzflächen</li> <li>• Beugungsverfahren mit Röntgenstrahlen und langsamen Elektronen</li> <li>• Tunnelmikroskopie und –spektroskopie</li> <li>• Nanostrukturierung, Elektronenstrahlolithographie</li> <li>• Elektronenmikroskopie</li> <li>• Resonantes Tunneln</li> </ul>		
<b>Grundlegende Literatur:</b>  wird im Praktikum angegeben		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• „Einführung in die Festkörperphysik“</li> </ul>		
<b>Modulzugehörigkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausgewählte Themen moderner Physik</li> <li>• Ausgewählte Themen der Nanoelektronik</li> </ul>		

Thermodynamik, Kinetik und Struktur von Defekten in Halbleitern		
SWS 2	Leistungspunkte: 2	Verantwortung Institut für Festkörperphysik
Regelmäßigkeit: Wintersemester		
<b>Inhalt:</b>  Die elektronischen und optischen Eigenschaften von Halbleitern werden vielfach von Defekten bestimmt, die unabsichtlich (z.B. durch Kristallzucht und Prozessierung) oder auch absichtlich (z.B. als Dotierung) eingebracht werden. Diese Lehrveranstaltung behandelt die Thermodynamik, Kinetik und Struktur solcher Defekte unter besonderer Berücksichtigung halbleiterspezifischer Probleme, Konzepte und Methoden. Neben grundlegender Behandlung der relevanten Ansätze werden Querverbindungen zu technologischen Anwendungen in der Photovoltaik, Mikro- und Optoelektronik besprochen.		
<b>Grundlegende Literatur:</b>  Wird in der Vorlesung bekannt gegeben		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• „Grundlagen der Halbleiterphysik“, z.B. im Rahmen der Festkörperphysik-Vorlesungen.</li> </ul>		
<b>Modulzugehörigkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausgewählte Themen moderner Physik</li> <li>• Ausgewählte Themen der Nanoelektronik</li> </ul>		

Physik in Nanostrukturen		
Stand: Modulkatalog 2018		
SWS 2+1	Leistungspunkte: 4	Verantwortung Institut für Festkörperphysik
Regelmäßigkeit: Sommersemester		
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Herstellung von Nanostrukturen durch Lithographie und Selbstorganisation</li> <li>• Elektronische Struktur, Grenzflächenzustände</li> <li>• Quantensize Effekte</li> <li>• Transportsignaturen in mesoskopischen Systemen</li> <li>• Magnetowiderstandseffekte</li> <li>• Quantenhal Effekt, u.a. in Graphen</li> <li>• Instabilitäten 1-dimensionaler Strukturen</li> <li>• Einzelelektronen Transistoren</li> <li>• Molekulare Elektronik</li> <li>• Experimentelle Methoden</li> </ul>		
<b>Grundlegende Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li> Ivan V Markov, <i>Crytsal Growth for Beginners</i>, (World Scientific)</li> <li> Thomas Heinzel, <i>Mesoscopic Electronics in Solid State Nanostructure</i>, (Wiley)</li> <li> Philip Hofmann, <i>Surface Science: An Introduction</i>, (kindle.edition)</li> <li> Rainer Waser, <i>Nanoelectronics and Information Technology</i>, (Wiley)</li> </ul>		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• „Einführung in die Festkörperphysik“</li> <li>• „Oberflächenphysik“</li> </ul>		
<b>Modulzugehörigkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Moderne Aspekte der Physik</li> <li>• Ausgewählte Themen moderner Physik</li> </ul>		

## Institut für Quantenoptik

Nichtlineare Optik		
SWS 3+1	Leistungspunkte: 5	Verantwortung Institut für Quantenoptik
Regelmäßigkeit: Sommersemester		
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nichtlineare optische Suszeptibilität</li> <li>• Kristalloptik, Tensoroptik</li> <li>• Wellengleichung mit nichtlinearen Quelltermen</li> <li>• Frequenzverdopplung, Summen-, Differenzfrequenzerzeugung</li> <li>• Optisch parametrischer Verstärker, Oszillator</li> <li>• Phasenanpassungs-Schemata, Quasiphasenanpassung</li> <li>• Elektro-optischer Effekt</li> <li>• Elektro-akustischer Modulator</li> <li>• Frequenzverdreifung, Kerr-Effekt, Selbstphasenmodulation, Selbstfokussierung</li> <li>• Raman-, Brillouinstreuung, Vierwellenmischung</li> <li>• Nichtlineare Propagation, Solitonen</li> </ul>		
<b>Grundlegende Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li> Agrawal, <i>Nonlinear Fiber optics</i>, Academic Press</li> <li> Boyd, <i>Nonlinear Optics</i>, Academic Press</li> <li> Shen, <i>Nonlinear Optics</i>, Wiley-Interscience</li> <li> Dmitriev, <i>Handbook of nonlinear crystals</i>, Springer</li> <li> Originalliteratur</li> </ul>		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• „Atom- und Molekülphysik“</li> </ul>		
<b>Modulzugehörigkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Moderne Aspekte der Physik</li> <li>• Ausgewählte Themen moderner Physik</li> <li>• Ausgewählte Themen der Photonik</li> </ul>		

<b>Photonik</b>		
<b>SWS</b> 2+1	<b>Leistungspunkte:</b> 4	<b>Verantwortung</b> Institut für Quantenoptik
<b>Regelmäßigkeit:</b> Wintersemester		
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wellen in Materie</li> <li>• Dielektrische Wellenleiter (planar, Glasfaser), integrierte Wellenleiter</li> <li>• Photonische Kristalle</li> <li>• Wellenleiter – Moden</li> <li>• Nichtlineare Faseroptik</li> <li>• Faseroptische Komponenten (Zirkulatoren, AWG, Fiber-Bragg-Gratings, Modulatoren)</li> <li>• Faserlaser</li> <li>• Laserdioden, Photodetektoren</li> <li>• Optische Nachrichtentechnik (RZ, NRZ, WDM/TDM)</li> <li>• Netzwerke</li> </ul>		
<b>Grundlegende Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li> Reider, <i>Photonik</i>, Springer</li> <li> Menzel, <i>Photonik</i>, Springer</li> <li> Agrawal, <i>Nonlinear Fiber optics</i>, Academic Press</li> <li> Originalliteratur</li> </ul>		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• „Kohärente Optik“</li> <li>• „Nichtlineare Optik“</li> </ul>		
<b>Modulzugehörigkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausgewählte Themen moderner Physik</li> <li>• Ausgewählte Themen der Photonik</li> </ul>		

Seminar zu Photonik		
SWS 2	Leistungspunkte: 3	Verantwortung Institut für Quantenoptik
Regelmäßigkeit: Wintersemester		
<b>Inhalt:</b> Nach Absprache mit den Dozenten. Das Seminar muss in Zusammenhang mit der Vorlesung Photonik belegt werden.		
<b>Grundlegende Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li> Reider, <i>Photonik</i>, Springer</li> <li> Menzel, <i>Photonik</i>, Springer</li> <li> Agrawal, <i>Nonlinear Fiber optics</i>, Academic Press</li> <li> Originalliteratur</li> </ul>		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• „Kohärente Optik“</li> <li>• „Nichtlineare Optik“</li> </ul>		
<b>Modulzugehörigkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausgewählte Themen moderner Physik</li> <li>• Ausgewählte Themen der Photonik</li> <li>• Seminar</li> <li>• Seminar zu Photonik (Wahlbereich Master Nanotechnologie)</li> </ul>		

<b>Atomoptik</b>		
<b>SWS</b> 2+1	<b>Leistungspunkte:</b> 4	<b>Verantwortung</b> Institut für Quantenoptik
<b>Regelmäßigkeit:</b> Sommersemester		
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Atom-Licht Wechselwirkung</li> <li>• Strahlungsdruckkräfte</li> <li>• Atom- und Ionenfallen</li> <li>• Kühlung durch Evaporation</li> <li>• Bose-Einstein-Kondensation</li> <li>• Ultrakalte Fermi-Gase</li> <li>• Experimente mit ultrakalten und entarteten Quantengasen</li> <li>• Atome in optischen periodischen Gittern</li> <li>• Atominterferometrie und Frequenzstandards</li> </ul>		
<b>Grundlegende Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li> B. Bransden, C. Joachain, <i>Physics of Atoms and Molecules</i>, Longman 1983</li> <li> R. Loudon, <i>The Quantum Theory of Light</i>, OUP, 1973</li> <li> Aktuelle Publikationen</li> </ul>		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• „Atom- und Molekülphysik“</li> <li>• „Quantenoptik“</li> </ul>		
<b>Modulzugehörigkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausgewählte Themen moderner Physik</li> <li>• Ausgewählte Themen der Photonik</li> </ul>		

<b>Laborpraktikum Optik</b>		
<b>SWS</b> 6 (Praktikum)	<b>Leistungspunkte:</b> 6	<b>Verantwortung</b> Institut für Quantenoptik
<b>Regelmäßigkeit:</b> Winter- und Sommersemester		
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Resonante Leistungsüberhöhung („Power-Recycling“)</li> <li>• Interferometrische Gasdichtebestimmung</li> <li>• Magnetooptische Falle</li> <li>• Faserlaser</li> <li>• Dielektrische Schichten für die Optik</li> <li>• Sättigungsspektroskopie mit Diodenlaser</li> <li>• optische Pinzette</li> <li>• Ultrakurzpuls laser</li> </ul>		
<b>Grundlegende Literatur:</b>  wird im Praktikum angegeben		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• „Kohärente Optik“</li> </ul>		
<b>Modulzugehörigkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Moderne Aspekte der Physik</li> <li>• Ausgewählte Themen moderner Physik</li> </ul>		

<b>Festkörperlaser</b>		
<b>SWS</b> 2	<b>Leistungspunkte:</b> 2	<b>Verantwortung</b> Institut für Quantenoptik
<b>Regelmäßigkeit:</b> Sommersemester		
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Festkörperlasermedien</li> <li>• Optische Resonatoren</li> <li>• Betriebsregime von Lasern</li> <li>• Diodengepumpte Festkörperlaser</li> <li>• Bauformen: Faser, Stab, Scheibe</li> <li>• Durchstimmbare Laser</li> <li>• Single-frequency Laser</li> <li>• Ultrakurzpuls laser</li> <li>• Frequenzkonversion</li> </ul>		
<b>Grundlegende Literatur (Literaturempfehlung):</b> <ul style="list-style-type: none"> <li> W. Koechner: <i>Solid-State Laser Engineering</i></li> <li> A.E. Siegman: <i>Lasers</i></li> <li> O. Svelto: <i>Principles of Lasers</i></li> </ul>		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Veranstaltungen „Kohärente Optik“ bzw. „Nichtlineare Optik“</li> </ul>		
<b>Modulzugehörigkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausgewählte Themen moderner Physik</li> <li>• Ausgewählte Themen der Photonik</li> </ul>		

<b>Optische Schichten</b>		
<b>SWS</b> 2 + 1	<b>Leistungspunkte:</b> 4	<b>Verantwortung</b> Institut für Quantenoptik
<b>Regelmäßigkeit:</b> Wintersemester		
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bedeutung, Funktionsprinzip und Anwendungsbereiche optischer Schichten, gegenwärtiges Qualitätsniveau von Schichtsystemen für die Lasertechnik)</li> <li>• Theoretische Grundlagen (Sammlung bekannter Formeln und Phänomene, Berechnung von Schichtsystemen)</li> <li>• Herstellung optischer Komponenten (Substrate, Beschichtungsmaterialien, Beschichtungsprozesse, Kontrolle von Beschichtungsvorgängen)</li> <li>• Optikcharakterisierung (Messungen des Übertragungsverhaltens: Verluste: Totale Streuung, optische Absorption, Zerstörschwellen optische Laserkomponenten, nichtoptische Eigenschaften)</li> </ul>		
<b>Grundlegende Literatur (Literaturempfehlung):</b> Wird in der Vorlesung bekannt gegeben, zur Einführung in das Thema: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Macleod, H.A.: <i>Thin Film Optical Filters</i>, Fourth Edition, CRC Press 2010</li> </ul>		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Veranstaltungen „Kohärente Optik“ bzw. „Nichtlineare Optik“</li> </ul>		
<b>Modulzugehörigkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausgewählte Themen moderner Physik</li> <li>• Ausgewählte Themen der Photonik</li> </ul>		

<b>Grundlagen der Lasermedizin und Biomedizinischen Optik</b>		
<b>SWS</b> ?	<b>Leistungspunkte:</b> 4	<b>Verantwortung</b> Alexander Heisterkamp, Holger Lubatschowski; Institut für Quantenoptik
<b>Regelmäßigkeit:</b> Wintersemester		
<p><b>Inhalt:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lasersysteme für den Einsatz in Medizin und Biologie</li> <li>• Strahlführungssysteme und optische medizinische Geräte</li> <li>• Optische Eigenschaften von Gewebe</li> <li>• Thermische Eigenschaften von Gewebe</li> <li>• Photochemische Wechselwirkung</li> <li>• Vaporisation/Koagulation</li> <li>• Photoablation, Optoakustik</li> <li>• Photodisruption, nichtlineare Optik</li> <li>• Anwendungen in der Augenheilkunde, refraktive Chirurgie</li> <li>• Laser-basierte Diagnostik, optische Biopsie</li> <li>• Optische Kohärenztomographie, Theragnostics</li> <li>• klinische Anwendungsbeispiele</li> </ul> <p>Die Studierenden werden an die Grundlagen der Laser-Gewebe-Wechselwirkung herangeführt und lernen diese an klinisch relevanten Anwendungsbeispielen umzusetzen. In Tutorien und im Blockseminar (am Ende des Semesters) werden aktuelle Originalartikel erarbeitet und diskutiert. Am Ende der Veranstaltung findet eine Exkursion in die Forschungslabore des LZH und der Firma Rowiak statt.</p>		
<p><b>Grundlegende Literatur:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>📖 Eichler, Seiler: <i>Lasertechnik in der Medizin</i>. Springer-Verlag</li> <li>📖 Berlien: <i>Applied Laser Medicine</i></li> <li>📖 Bille, Schlegel: <i>Medizinische Physik. Bd. 2: Medizinische Strahlphysik</i>, Springer</li> <li>📖 Welch, van Gemert: <i>Optical-Thermal Response of Laser-Irradiated Tissue</i>. Plenum Press</li> <li>📖 Originalliteratur</li> </ul>		
<p><b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modul „Kohärente Optik“</li> </ul>		
<p><b>Modulzugehörigkeit:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bachelorstudiengang Physik/Techn. Physik (Vertiefungsphase, Moderne Aspekte der Physik)</li> <li>• Masterstudiengang Physik/Technische Physik (Fortgeschrittene Vertiefungsphase, Moderne Aspekte der Physik)</li> </ul>		

ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung: begrenzte Anzahl von Vorträgen im Blockseminar (20 Plätze, 5 ECTS), Teilnahme an Vorlesung und Blockseminar unbegrenzt (4ECTS)

Physics of Life		
SWS 2	Leistungspunkte: 2	Verantwortung Institut für Quantenoptik
Regelmäßigkeit: Sommersemester		
<b>Kompetenzziele:</b> <p>Die Studenten erwerben ein interdisziplinäres Verständnis der komplexen physikalischen und chemischen Prozesse in lebendigen Objekten. Sie erlernen die Fähigkeit, biologische Prozesse aus den verschiedenen naturwissenschaftlichen Blickwinkeln zu betrachten und zu analysieren. Sie sind in der Lage, die zunehmend wichtigere Rolle der Biologie in der Forschung mit anderen Forschungsdisziplinen zu verknüpfen.</p>		
<b>Inhalt:</b> <p>Die Vorlesung richtet sich an alle Studierenden, die Interesse an der Schnittstelle zwischen Physik, Biologie und Medizin haben. Die klassischen Disziplinen (Physik, Chemie) werden durch interdisziplinäre Forschung zunehmend mit den Lebenswissenschaften verbunden. Das erfordert, über den Tellerrand der einzelnen Disziplinen zu schauen. Diese Spezialvorlesung bietet einen Einblick in die Physik lebendiger Materie und stellt existierende und zukünftige interdisziplinäre Forschungsziele dar.</p>		
<b>Grundlegende Literatur:</b> <p> wird in der Vorlesung angegeben</p>		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesungen „Experimentalphysik“</li> </ul>		
<b>Modulzugehörigkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausgewählte Themen moderner Physik</li> <li>• Moderne Aspekte der Physik</li> </ul>		

<b>Bionische Oberflächen durch Laserstrahlung</b>		
<b>SWS</b> 2+1	<b>Leistungspunkte:</b> 4	<b>Verantwortung</b> Fadeeva, Institut für Quantenoptik
<b>Regelmäßigkeit:</b> Wintersemester		
<p><b>Kompetenzziele:</b></p> <p>Am Ende des Kurses werden Studierende mit dem Prozess des bionischen Arbeitens vertraut sein und können diesen für die Ideenfindung in der Forschung anwenden.</p> <p>Die Studierende lernen das Arbeiten mit aktueller wissenschaftlicher Literatur mithilfe verschiedener Datenbanken und der Systematisierung von Rechercheergebnissen mit einem Literaturverwaltungsprogramm.</p> <p>Die Studierende lernen die Präsentation der Ergebnisse und die Führung von wissenschaftlicher Diskussionen.</p>		
<p><b>Inhalt:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung in die Bionik: Wesen der Bionik, Abgrenzung zwischen bionischen und konventionalen Verfahren, bionische Produkte und Prozesse</li> <li>• Prozess des bionischen Arbeitens: Ideenfindung, Analyse, Abstraktion und Analogie, von der Planung zur Invention</li> <li>• Bionische Oberflächen: gezielter Flüssigkeitstransport, Benetzungsoptimierung, Adhäsion, optische Effekte</li> <li>• Laserbasierte Verfahren zur Herstellung bionischer Oberflächen: Ablation, Zweiphotonenpolymerisation, Laser Induced Forward Transfer (LIFT), Nanopartikel-Generierung</li> <li>• Anwendung bionischer Oberflächen in der Biomedizintechnik: Optimierung der Grenzflächen Gewebe/Implantaten.</li> </ul>		
<p><b>Grundlegende Literatur:</b></p> <p> Wird während der Vorlesung bekanntgegeben</p>		
<p><b>Eingangsvoraussetzungen/Teilnehmerzahlbegrenzung:</b></p> <p>begrenzte Anzahl von Vorträgen im Blockseminar (20 Plätze), Teilnahme an Vorlesung und Blockseminar unbegrenzt</p>		
<p><b>Modulzugehörigkeit:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausgewählte Themen moderner Physik</li> <li>• Naturwissenschaftlich-technischer Wahlbereich (Meteorologie)</li> </ul>		

## Institut für Gravitationsphysik

Data Analysis		
SWS 2	Leistungspunkte: 2	Verantwortung Institut für Gravitationsphysik
Regelmäßigkeit: Sommersemester		
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Detektoren (Interferometer und „resonant mass“-Detektoren)</li> <li>• Datenanalyse</li> <li>• Templates</li> <li>• Vetos</li> </ul>		
<b>Grundlegende Literatur:</b>  wird in der Vorlesung bekannt gegeben.		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• „Grundlagen der Speziellen Relativitätstheorie“</li> <li>• „Kohärente Optik“</li> </ul>		
<b>Modulzugehörigkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausgewählte Themen moderner Physik</li> </ul>		

<b>Laborpraktikum Data Analysis</b>		
<b>SWS</b> 4	<b>Leistungspunkte:</b> 4	<b>Verantwortung</b> Institut für Gravitationsphysik
<b>Regelmäßigkeit:</b> Sommersemester und Wintersemester		
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• basics of matched filtering search method</li> <li>• template banks and different search algorithms</li> <li>• mismatch statistic and roc curves</li> <li>• handle cluster resources using HTCondor</li> <li>• computation time versus sensitivity of the analysis</li> </ul>		
<b>Grundlegende Literatur:</b>  Wird im Praktikum angegeben		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erfahrung mit Linux</li> </ul>		
<b>Modulzugehörigkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Moderne Aspekte der Physik</li> <li>• Ausgewählte Themen moderner Physik</li> </ul>		

Neutron Stars and Black Holes		
SWS 2	Leistungspunkte: 2	Verantwortung Institut für Gravitationsphysik
Regelmäßigkeit: Sommersemester		
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Quellen und Ausbreitung von Gravitationswellen</li> <li>• Neutronensterne und Schwarze Löcher</li> </ul>		
<b>Grundlegende Literatur:</b>  wird in der Vorlesung bekannt gegeben.		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• „Grundlagen der Speziellen Relativitätstheorie“</li> <li>• „Kohärente Optik“</li> </ul>		
<b>Modulzugehörigkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausgewählte Themen moderner Physik</li> </ul>		

Seminar Gravitationswellen		
SWS 2	Leistungspunkte: 3	Verantwortung Institut für Gravitationsphysik
Regelmäßigkeit: Sommersemester		
Inhalt: Nach Absprache mit den Dozenten		
Grundlegende Literatur:  wird in den Vorlesungen und dem Seminar bekannt gegeben.		
Empfohlene Vorkenntnisse: <ul style="list-style-type: none"><li>• „Grundlagen der Speziellen Relativitätstheorie“</li><li>• „Kohärente Optik“</li></ul>		
Modulzugehörigkeit: <ul style="list-style-type: none"><li>• Ausgewählte Themen moderner Physik</li></ul>		

Seminar Gravitationsphysik		
SWS 3	Leistungspunkte: 3	Verantwortung Institut für Gravitationsphysik
Regelmäßigkeit: Sommersemester und Wintersemester		
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Allgemeine Relativitätstheorie</li> <li>• Quellen von Gravitationswellen</li> <li>• Gravitationswellendetektoren</li> <li>• Astrophysik und Kosmologie</li> </ul>		
<b>Grundlegende Literatur:</b>  wird im Seminar bekannt gegeben.		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• „Gravitationsphysik“</li> </ul>		
<b>Modulzugehörigkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausgewählte Themen moderner Physik</li> <li>• Seminar</li> </ul>		

<b>Laserinterferometrie</b>		
<b>SWS</b> 3	<b>Leistungspunkte:</b> 3	<b>Verantwortung</b> Institut für Gravitationsphysik
<b>Regelmäßigkeit:</b> Sommersemester oder Wintersemester (unregelmäßig)		
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Michelson-, Mach-Zehnder-, und Fary-Perot Interferometer,</li> <li>• thermisches Rauschen, ...)</li> <li>• Mechanische Güten von aufgehängten Optiken</li> <li>• Michelson-, Mach-Zehnder- und Fary-Perot Interferometer</li> <li>• Anwendungen zur Messung von Gravitationswellen und des Erdschwerefeldes</li> <li>• Beschreibung Gauss'scher Strahlen und höherer Moden</li> <li>• Transformation Gauss'scher Strahlen</li> <li>• Auslesemethoden: interne, externe und Schnuppmodulation; Pound-Drever-Hall Verfahren</li> <li>• Polarisierung</li> <li>• Transferfunktionen und Regelkreise</li> </ul>		
<b>Grundlegende Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li> Saulson, <i>Fundamentals of Interferometric GW detectors</i>, World Scientific Pub Co Inc</li> <li> Siegman: <i>Lasers</i></li> <li> Yariv: <i>Quantum Electronics</i></li> </ul>		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> Optik, Komplexe lineare Algebra		
<b>Modulzugehörigkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausgewählte Themen moderner Physik</li> <li>• Ausgewählte Themen der Photonik</li> </ul>		

<b>Laborpraktikum Laserinterferometrie</b>		
<b>SWS</b> 4	<b>Leistungspunkte:</b> 4	<b>Verantwortung</b> Institut für Gravitationsphysik
<b>Regelmäßigkeit:</b> Sommersemester oder Wintersemester (unregelmäßig)		
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Michelson-, Mach-Zehnder-, Sagnac-, Polarisationsinterferometer,</li> <li>• "Power-u. Signalrecycling", "Resonant Sideband Extraction", „Delaylines"</li> <li>• Modulationsfelder, Schnuppmodulation, externe Modulation</li> <li>• Homodyn und Heterodyndetektion</li> <li>• Spektrale Rauschdichte</li> <li>• Interferometerrauschen und Empfindlichkeit (Quanten-, thermisches Rauschen, ...)</li> <li>• Mechanische Güten von aufgehängten Optiken</li> </ul>		
<b>Grundlegende Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li> Saulson, <i>Fundamentals of Interferometric GW detectors</i>, World Scientific Pub Co Inc</li> <li> Originalliteratur</li> </ul>		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• „Kohärente Optik"</li> <li>• „Nichtlineare Optik"</li> </ul>		
<b>Modulzugehörigkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausgewählte Themen moderner Physik</li> <li>• Ausgewählte Themen der Photonik</li> </ul>		

<b>Laserstabilisierung und Kontrolle optischer Experimente</b>		
<b>SWS</b> 2	<b>Leistungspunkte:</b> 2	<b>Verantwortung</b> Institut für Gravitationsphysik
<b>Regelmäßigkeit:</b> Sommersemester /Wintersemester (unregelmäßig)		
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Laser und die Ursache von Leistungs-, Frequenz- und Strahllagefluktuationen</li> <li>• Grundlagen der Regelungstechnik</li> <li>• Längenkontrolle von Interferometern und optischen Resonatoren</li> <li>• Detektion von Frequenzfluktuationen und deren Unterdrückung</li> <li>• Detektion von Leistungsfluktuationen und deren Unterdrückung</li> <li>• Strahllagekontrolle</li> </ul>		
<b>Grundlegende Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>📖 Siegman, <i>Lasers</i>, University Science Books</li> <li>📖 Yarif, <i>Optical Electronics in Modern Communications</i>, Oxford University Press</li> <li>📖 Abramovici, <i>Chapsky</i>, Feedback Control Systems</li> </ul>		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• „Kohärente Optik“</li> </ul>		
<b>Modulzugehörigkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausgewählte Themen moderner Physik</li> <li>• Ausgewählte Themen der Photonik</li> </ul>		

Nichtklassisches Licht		
SWS 2	Leistungspunkte: 2	Verantwortung Institut für Gravitationsphysik
Regelmäßigkeit: Wintersemester, (unregelmäßig)		
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Klassische und nichtklassische Zustände des Licht</li> <li>• Kriterien für „Nichtklassizität“</li> <li>• Detektion und Erzeugung von Fock-Zuständen</li> <li>• Detektion und Erzeugung von gequetschtem Licht</li> <li>• Quantenzustandstomographie</li> <li>• EPR-verschränktes (zwei-Moden gequetschtes) Licht</li> <li>• Optischer Test der Nichtlokalität</li> </ul>		
<b>Grundlegende Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>📖 C.C. Gerry und P.L. Knight, <i>Introductory Quantum Optics</i>, University Press, Cambridge (2005).</li> <li>📖 H.-A. Bachor und T.C. Ralph, <i>A guide to experiments in quantum optics</i>, Wiley, 2nd edition (2003).</li> </ul>		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• „Kohärente Optik“</li> <li>• „Quantenoptik“</li> <li>• „Nichtlineare Optik“</li> </ul>		
<b>Modulzugehörigkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausgewählte Themen moderner Physik</li> <li>• Ausgewählte Themen der Photonik</li> </ul>		

Nichtklassische Laserinterferometrie		
SWS 2	Leistungspunkte: 2	Verantwortung Institut für Gravitationsphysik
Regelmäßigkeit: Sommersemester (unregelmäßig)		
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schrotrauschen und Strahlungsdruckrauschen im Interferometer</li> <li>• Quadraturoperatoren und „Input-output“-Relationen von Interferometern</li> <li>• Das Standard Quantenlimit der Positionsmessung</li> <li>• „Quantum-Nondemolition“ Techniken</li> <li>• Interferometer mit gequetschtem Licht und anderen nichtklassischen Zuständen des Lichts</li> <li>• Opto-mechanische Kopplung und optische Federn</li> <li>• Quantenzustände mechanischer Oszillatoren</li> <li>• Kühlung mechanischer Oszillatoren in ihren quantenmechanischen Grundzustand</li> <li>• Verschränkung von Spiegeln und Licht</li> </ul>		
<b>Grundlegende Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li> Saulson, <i>Fundamentals of Interferometric GW detectors</i>, World Scientific Pub Co Inc</li> <li> Originalliteratur</li> </ul>		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• „Kohärente Optik“</li> <li>• „Nichtlineare Optik“</li> <li>• „Nichtklassisches Licht“</li> <li>• „Quantenoptik“</li> </ul>		
<b>Modulzugehörigkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausgewählte Themen moderner Physik</li> <li>• Ausgewählte Themen der Photonik</li> </ul>		

Elektronische Metrologie im Optiklabor		
SWS 2	Leistungspunkte: 2	Verantwortung Institut für Gravitationsphysik
Regelmäßigkeit: Sommersemester oder Wintersemester (unregelmäßig)		
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektronik-Grundlagen: Kirchhoffsche Regeln, Impedanz, Phasorendiagramme</li> <li>• Operationsverstärker: Funktionsweise und Grundsaltungen</li> <li>• Schwingkreise und Filter (aktiv / passiv)</li> <li>• Spectrum Analyser und Network Analyser</li> <li>• Messung und Interpretation von Transferfunktionen</li> <li>• Grundlagen der Regelungstechnik</li> <li>• Photodetektion</li> <li>• Sensoren und Aktuatoren in optischen Experimenten</li> <li>• Rauschmessungen</li> </ul>		
<b>Grundlegende Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li> Horowitz &amp; Hill, <i>The Art of Electronics</i>, Cambridge University Press</li> <li> Abramovici &amp; Chapsky, <i>Feedback Control Systems</i>, Kluwer Academic Publishers</li> <li> Yariv, <i>Quantum Electronics</i>, Wiley</li> <li> Originalliteratur</li> </ul>		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• „Kohärente Optik“</li> </ul>		
<b>Modulzugehörigkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausgewählte Themen moderner Physik</li> </ul>		

Institut für Radioökologie und Strahlenschutz

Kernenergie und Brennstoffkreislauf, technische Aspekte und gesellschaftlicher Diskurs		
SWS 2	Leistungspunkte: 2	Verantwortung Institut für Radioökologie und Strahlenschutz
Regelmäßigkeit: Wintersemester		
<p><b>Inhalt:</b></p> <p>Trotz oder gerade wegen des Ausstiegs aus der Kernenergienutzung in Deutschland ist dieses Thema weiterhin Gegenstand der gesellschaftlichen Diskussion. In dieser Veranstaltung werden die technischen Grundlagen von Kernenergienutzung, von der Urangewinnung über die Funktionsweise heutiger und zukünftiger Reaktoren bis zur Entsorgung abgebrannten Kernbrennstoffs behandelt. Neben den technischen Aspekten wird begleitend die Problematik aus sozialwissenschaftlichen/ethischen und rechtlichen Gesichtspunkten erläutert und diskutiert (eigene Meinung erwünscht!)</p>		
<p><b>Grundlegende Literatur:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li> Streffer, <i>Radioactive Waste</i>, Springer</li> <li> Michaelis, <i>Handbuch Kernenergie</i></li> <li> Heinloth, <i>Die Energiefrage</i>, Vieweg</li> <li> Weitere Literatur wird in der Veranstaltung bekannt gegeben</li> </ul>		
<p><b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Von Vorteil: Vorlesung "Kerne, Teilchen, Festkörper" und „Strahlenschutz und Radioökologie“</li> <li>• „Mechanik und Wärme“</li> <li>• „Elektrodynamik“</li> <li>• „Kerne, Teilchen, Festkörper“</li> </ul>		
<p><b>Modulzugehörigkeit:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Moderne Aspekte der Physik</li> <li>• Ausgewählte Themen moderner Physik</li> </ul>		

Radioaktivität in der Umwelt und Strahlengefährdung des Menschen		
SWS 2	Leistungspunkte: 2	Verantwortung Institut für Radioökologie und Strahlenschutz
Regelmäßigkeit: Sommersemester		
<p><b>Inhalt:</b></p> <p>Die Vorlesung behandelt die Vorkommen natürlicher und künstlicher Radionuklide in der Umwelt, beschreibt die Pfade radioaktiver Stoffe durch die Umwelt zum Menschen und gibt eine Bewertung der resultierenden Strahlenexposition und der mit ihnen verbundenen Risiken. Im einzelnen werden folgende Themen behandelt: Strahlenexposition aufgrund der Kernwaffenexplosionen in Hiroshima und Nagasaki sowie den folgenden Jahrzehnten der Kernwaffentests, bei Unfällen in der Kerntechnik: Windscale, Three Mile Island, Chernobyl, Fukushima, Kystym, Kritikalitätsunfälle, verlorene Quellen (Goiania) . Folgen des Uranbergbaus für Beschäftigte und Umwelt. Exposition von Patienten bei Radium- und Radontherapie.</p>		
<p><b>Grundlegende Literatur:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>📖 Richard Rhodes, <i>The making of the Atomic Bomb</i></li> <li>📖 Warner, Kirchmann <i>Nuclear Test Explosions</i></li> <li>📖 Mosey, <i>Reactor Accidents Nuclear Engineering</i> International Special Publications (2006)</li> <li>📖 Shaw <i>Radioactivity in the terrestrial environment</i>, Elsevier, Amsterdam (2007)</li> <li>📖 Eisenbud, <i>Environmental Radioactivity</i></li> <li>📖 David Atwood, <i>Radionuclides in the Environment</i>, Wiley and Sons, 2010</li> <li>📖 Weitere Literatur in der Vorlesung (Originalveröffentlichungen und web links)</li> </ul>		
<p><b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesung "Kerne, Teilchen, Festkörper" und „Strahlenschutz und Radioökologie"</li> </ul>		
<p><b>Modulzugehörigkeit:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Moderne Aspekte der Physik</li> <li>• Ausgewählte Themen moderner Physik</li> </ul>		

<b>Strahlenschutz und Radioökologie</b>		
<b>SWS</b> 2	<b>Leistungspunkte:</b> 2	<b>Verantwortung</b> Institut für Radioökologie und Strahlenschutz
<b>Regelmäßigkeit:</b> Wintersemester		
<p><b>Inhalt:</b></p> <p>Die Vorlesung behandelt ionisierende Strahlung, den radioaktiven Zerfall, die Wechselwirkung von Strahlung mit Materie, natürliche Radioaktivität, biologische Strahlenwirkungen, Konsequenzen für Dosis-Risiko Zusammenhänge, Einwirkung von radioaktiven Stoffen und ionisierender Strahlung auf den Menschen, Epidemiologie, Belastungspfade, radioökologische Modellierung der Wege radioaktiver Stoffe zum Menschen, Abschätzung von Strahlenrisiken, Strahlendosis und Strahlenrisiko, Dosis-Wirkungsbeziehungen, Konzept der Kollektivdosis, Strahlenschutzgrundsätze, Festlegung von Dosiswerten, Strahlenschutzmaßnahmen, gesetzliche Strahlenschutzregelungen, EURATOM Grundnormen, Grundsatzfragen des Strahlenschutz</p> <p>(mit der Möglichkeit zum Erwerb der Fachkunde (für SSB S 4.1) beim Umgang mit offenen radioaktiven Stoffen nach StrlSchV)</p>		
<p><b>Grundlegende Literatur:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li> Vogt, <i>Grundzüge des praktischen Strahlenschutzes</i> 6. Auflage 2011, Hanser Verlag</li> <li> Siehl, <i>Umweltradioaktivität</i>, Ernst &amp; Sohn Verlag Berlin (1996)</li> <li> Ahrens, Pigeot <i>Handbook of Epidemiology</i>, Springer Berlin Heidelberg New York (2205)</li> <li> <i>Strahlenschutzverordnung</i> vom 20. Juli 2001 (BGBl. I S. 1714; 2002 I S. 1459), zuletzt geändert durch Artikel 5 Absatz 7 des Gesetzes vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212)</li> <li> Allgemeine Verwaltungsvorschrift zu § 47 Strahlenschutzverordnung: <i>Ermittlung der Strahlenexposition durch die Ableitung radioaktiver Stoffe aus Anlagen oder Einrichtungen</i>, Drucksache 88/12 15.02.12</li> <li> Weitere Literatur wird in der Veranstaltung bekannt gegeben</li> </ul>		
<p><b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Notwendige Voraussetzung: Vorlesung "Kerne, Teilchen, Festkörper" und „Strahlenschutz und Radioökologie“</li> </ul>		
<p><b>Modulzugehörigkeit:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Moderne Aspekte der Physik</li> <li>• Ausgewählte Themen moderner Physik</li> </ul>		

Kernphysikalische Anwendungen in der Umweltphysik		
SWS 2	Leistungspunkte: 2	Verantwortung Institut für Radioökologie und Strahlenschutz
Regelmäßigkeit: Sommersemester (derzeit unregelmäßig)		
<p><b>Inhalt:</b></p> <p>Die kernphysikalischen Grundlagen der stellaren Nukleosynthese und die Entstehung der Elemente in Brennprozessen in Sternen sowie Supernova Explosionen (r- und s-Prozess) werden behandelt. Der Begriff der Isotopie wird eingeführt und physikalische und chemische Isotopie-Effekte besprochen. Sowohl natürliche Isotopie-Effekte als auch ihre technische Anwendung in der Isotopentrennung werden behandelt. Allgemein werden stabile und radioaktive Isotope als Tracer und Uhren in Geosphäre, Atmosphäre, Hydrosphäre, Pedosphäre und Biosphäre behandelt. Primäre, radiogene, kosmogene und nukleogene Anomalien der Isotopenhäufigkeiten werden vorgestellt im Hinblick auf Altersbestimmungen, z.B. das Alter der chemischen Elemente, die Formation des Sonnensystems und die Kollisionsgeschichte kleiner Körper im Sonnensystem. Die Kreisläufe von Elementen in der Umwelt werden mit Kompartimentmodellen behandelt und auf das Verhalten spezieller Nuklide wie H-3, Be-10, C-14, Cl-36 und I-129 in der Umwelt angewendet. Die physikalischen Grundlagen der Produktion kosmogener Nuklide in der Atmosphäre und ihre in-situ Produktion in der Erdoberfläche werden dargestellt. Stabile und radioaktive Isotope in den verschiedenen Umweltarchiven erlauben die Untersuchung der Entwicklung der allgemeinen Umweltbedingungen und anthropogener Veränderungen.</p>		
<p><b>Grundlegende Literatur:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>📖 Davis, <i>Meteorites, Comets and Planets</i></li> <li>📖 Siehl, <i>Umweltradioaktivität</i>, Ernst &amp; Sohn Verlag Berlin (1996)</li> <li>📖 Oberhummer, <i>Kerne und Sterne</i>, Barth Verlagsgesellschaft, Leipzig (1993)</li> <li>📖 Choppin, Rydberg, Liljenzin, <i>Radiochemistry and Nuclear Chemistry</i>, Butterworth Heinemann, Oxford, 1995</li> <li>📖 Marmier, Sheldon, <i>Physics of Nuclei and Particles</i>, 2 vol., Academic Press, New York, 1970</li> <li>📖 T. Mayer-Kuckuk, <i>Kernphysik</i> (6. Aufl.) Teubner, Stuttgart, 1994</li> <li>📖 G.F. Knoll, <i>Radiation detection and measurement</i>, J. Wiley &amp; Sons, New York, 2000</li> <li>📖 <a href="http://www.nucleonica.com/">Http://www.nucleonica.com/</a> : Karlsruhe Chart of Nuclides</li> </ul>		
<p><b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• „Optik, Atome, Moleküle, Quantenphänomene“</li> <li>• „Kerne, Teilchen, Festkörper“</li> <li>• Vorlesung „Strahlenschutz und Radioökologie“</li> </ul>		
<p><b>Modulzugehörigkeit:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Moderne Aspekte der Physik</li> <li>• Ausgewählte Themen moderner Physik</li> </ul>		

Chemie und physikalische Analyse von Radionukliden		
SWS 2	Leistungspunkte: 2	Verantwortung Institut für Radioökologie und Strahlenschutz
Regelmäßigkeit: Wintersemester		
<p><b>Inhalt:</b></p> <p>Diese Vorlesung vermittelt Kenntnisse der chemischen und physikalischen Eigenschaften natürlicher und künstlicher Radionuklide, insbesondere der Actinide. Basierend auf element- bzw. gruppenspezifischen Eigenschaften werden quantitative radioanalytische Methoden und Separationstechniken vertieft. Der Vorlesungsinhalt verhält sich dabei komplementär zum Inhalt der Vorlesung „Nukleare Analysemethoden und Radioanalytik“. Die Anwendung von Separationstechniken in Abhängigkeit verschiedener Matrices wird diskutiert. Die einer Umweltprobenanalyse vorgelagerten gängigen Methoden zur Probennahme und -vorbereitung werden erläutert. Für die Anwendung mancher Separationstechniken ist ein Verständnis der Speziation interessierender Radionuklide unabdingbar. Dominierende, die Speziation beeinflussende Faktoren werden aufgezeigt. Ein verbindendes Thema stellt das Migrationsverhalten von Radionukliden in der Geo- und Biosphäre dar. Schwerpunkte sind chemische und physikalische Eigenschaften radioaktiver Elemente, aquatische Chemie der Radionuklide insbesondere der f-Elemente, quantitative Radioanalytik, Separationstechniken, Umweltprobennahme und -vorbereitung, Radioaktive Nuklide und Strahlung in der Medizin, Radionuklidproduktion, Verhalten von Radionukliden in der Umwelt</p>		
<p><b>Grundlegende Literatur:</b></p> <p> David Atwood, <i>Radionuclides in the Environment</i>, Wiley and Sons, 2010</p> <p> Lehto, Hou, <i>Chemistry and Analysis of Radionuclides</i>, Wiley-VCH 2011</p>		
<p><b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• „Grundlagen der Chemie“</li> <li>• Vorlesung "Kerne, Teilchen, Festkörper"</li> </ul>		
<p><b>Modulzugehörigkeit:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Moderne Aspekte der Physik</li> <li>• Ausgewählte Themen moderner Physik</li> </ul>		

<b>Nukleare Forensik</b>		
<b>SWS</b> 2	<b>Leistungspunkte:</b> 2	<b>Verantwortung:</b> Institut für Radioökologie und Strahlenschutz
<b>Regelmäßigkeit:</b> Sommersemester		
<b>Inhalt:</b>  Die Vorlesung bietet einen Ein- und Überblick in die Methoden der nuklearen Forensik und behandelt Anwendungen in der kriminalistischen Forensik und der Umweltforensik. Dazu zählen Alters- und Herkunftsbestimmungen von radioaktiven Präparaten bzw. Kontaminationen mit Hilfe von Radionukliden sowie die Anwendung des Prinzips von isotopischen und chemischen Fingerabdrücken. Hierzu werden (für die Forensik relevante) Hintergrundinformationen zur Funktionsweise von Nuklearwaffen, zur Wiederaufbereitung und zur Kernwaffenteststopp-Verifikation erörtert. Die Diskussion von Beispielen aus der Vergangenheit vertiefen das Verständnis.		
<b>Grundlegende Literatur:</b>  <ul style="list-style-type: none"> <li> M.F. L'Annunziata, <i>Handbook of Radioactivity Analysis</i></li> <li> Kratz, Lieser: <i>Nuclear and Radiochemistry</i></li> <li> G.F. Knoll, <i>Radiation detection and measurement</i>, J. Wiley &amp; Sons, New York, 2000</li> <li> <a href="http://www.nucleonica.com/">http://www.nucleonica.com/</a> : Karlsruher Nuklidkarte</li> </ul>		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b>  <ul style="list-style-type: none"> <li>• Physik IV (Kerne, Teilchen, Festkörper)</li> <li>• „Strahlenschutz und Radioökologie“ oder</li> <li>• "Chemie und physikalische Analyse von Radionukliden"</li> </ul>		
<b>Modulzugehörigkeit:</b>  <ul style="list-style-type: none"> <li>• Moderne Aspekte der Physik</li> <li>• Ausgewählte Themen moderner Physik</li> </ul>		

<b>Einführung in die Massenspektrometrie</b>		
<b>SWS</b> 2	<b>Leistungspunkte:</b> 2	<b>Verantwortung</b> Institut für Radioökologie und Strahlenschutz
<b>Regelmäßigkeit:</b> Wintersemester		
<b>Inhalt:</b> <p>Nach der Einführung massenspektrometrischer Grundkonzepte werden verschiedene Ionisations-, Massenselektions und Detektionsverfahren, sowie vakuumtechnische Aspekte erläutert. Gängige massenspektrometrische Methoden mit Schwerpunkt auf Element und Isotopenverhältnisanalysen, Bestimmung von Lösungsspezies und bildgebenden MS-Verfahren werden behandelt. Abschließend werden Hochpräzisionsmassenmessungen auch an extrem kurzlebigen Radionukliden und Antimaterie, wie auch der Einsatz von massenspektrometrischen Methoden in der Raumfahrt vorgestellt. Techniken: ICP-MS, AMS, IRMS, TIMS, RIMS, SIMS, ESI MS, Schottky MS, Isochrone MS, Penningfallen-MS</p>		
<b>Grundlegende Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li> Gross, <i>Mass Spectrometry</i>, Springer Berlin (2004)</li> <li> Becker, <i>Inorganic mass spectrometry: principles and applications</i>, Wiley (2007)</li> <li> Hoffmann, Stroobant, <i>Mass spectrometry: principles and applications</i>, Wiley (2007)</li> </ul>		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• „Mechanik“</li> <li>• „Elektrodynamik“</li> <li>• „Optik, Atomphysik, Quantenphänomene“</li> </ul>		
<b>Modulzugehörigkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausgewählte Themen moderner Physik</li> </ul>		

Seminar/Praktikum Strahlenschutz und Radioökologie		
SWS 2	Leistungspunkte: 3	Verantwortung Institut für Radioökologie und Strahlenschutz
Regelmäßigkeit: Winter- und Sommersemester		
<b>Inhalt:</b> Nach Absprache mit den Dozenten		
<b>Grundlegende Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li> DVD mit Unterlagen aller Lehrveranstaltungen, auch verfügbar unter <a href="http://www.zsr.uni-hannover.de">www.zsr.uni-hannover.de</a></li> <li> H.-G. Vogt, H. Schultz: <i>Grundzüge des praktischen Strahlenschutzes</i>, 3. Aufl., Hanser Verlag München 2004,</li> <li> G. Choppin, J. Rydberg, J.O. Liljenzin, <i>Radiochemistry and Nuclear Chemistry</i>, Butterworth Heinemann, Oxford, 1995</li> <li> P. Marmier, E. Sheldon, <i>Physics of Nuclei and Particles</i>, 2 volumes, Academic Press, New York, 1970</li> <li> T. Mayer-Kuckuk, <i>Kernphysik</i> (6. Aufl.) Teubner, Stuttgart, 1994</li> <li> G.F. Knoll, <i>Radiation detection and measurement</i>, J. Wiley &amp; Sons, New York, 2000</li> <li> Karlsruher Nuklidkarte</li> <li> Strahlenschutzverordnung (StrlSchV)</li> </ul>		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• „Mechanik und Wärme“</li> <li>• „Elektrizität und Relativität“</li> <li>• „Optik, Atome, Moleküle, Quantenphänomene“</li> <li>• „Kerne, Teilchen, Festkörper“</li> </ul>		
<b>Modulzugehörigkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Moderne Aspekte der Physik</li> <li>• Ausgewählte Themen moderner Physik</li> </ul>		

<b>Fachkunde im Strahlenschutz</b>		
<b>SWS</b> min. 2	<b>Leistungspunkte:</b> 2	<b>Verantwortung</b> Institut für Radioökologie und Strahlenschutz
<b>Regelmäßigkeit: Winter- und Sommersemester</b>		
<p><b>Inhalt:</b></p> <p>Das IRS bietet Strahlenschutzkurse zur Erlangung der Fachkunde im Strahlenschutz gemäß Strahlenschutzverordnung und Röntgenverordnung an. Inhalte sind physikalische Grundlagen, Dosiskonzepte, biologische Strahlenwirkung sowie technische und organisatorische Strahlenschutzkonzepte und -regelungen.</p> <p>Die Studierenden können je nach Interesse einen Strahlenschutzkurs aus dem Kursprogramm des IRS auswählen (<a href="http://www.strahlenschutzkurse.de">www.strahlenschutzkurse.de</a>). Der Umfang der Strahlenschutzkurse liegt zwischen 2 SWS und 6 SWS. Als zusätzliche Qualifikation berechtigt die Teilnahme an diesem Kurs zur Beantragung der „Fachkunde im Strahlenschutz“ bei der zuständigen Behörde (Gewerbeaufsichtsamt). Daher werden für den Besuch des Kurses prinzipiell 2 Leistungspunkte vergeben, auch wenn die Dauer des Kurses 2 SWS übersteigt.</p>		
<p><b>Grundlegende Literatur:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li> Vogt, Schultz: <i>Grundzüge des praktischen Strahlenschutzes</i>, 6. Aufl., Hanser Verlag München 2011</li> <li> <a href="http://www.nucleonica.com/">Http://www.nucleonica.com/</a> : Karlsruhe Chart of Nuclides</li> <li> <i>Strahlenschutzverordnung</i> vom 20. Juli 2001 (BGBl. I S. 1714; 2002 I S. 1459), zuletzt geändert durch Artikel 5 Absatz 7 des Gesetzes vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212)</li> <li> Röntgenverordnung</li> </ul>		
<p><b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modul: "Mechanik und Wärme"</li> <li>• Modul: "Elektrizität und Relativität"</li> <li>• Modul: "Optik, Atome, Moleküle, Quantenphänomene"</li> <li>• Modul: "Kerne Teilchen, Festkörper"</li> </ul>		
<p><b>Modulzugehörigkeit:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Moderne Aspekte der Physik</li> <li>• Ausgewählte Themen moderner Physik</li> </ul>		

## Lehrveranstaltungen der Meteorologie

Numerische Wettervorhersage		
SWS 2+1	Leistungspunkte: 4	Verantwortung Institut für Meteorologie und Klimatologie
Regelmäßigkeit: Sommersemester		
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Grundgleichungen</li> <li>• Meteorologische Koordinatensysteme</li> <li>• Kartenprojektionen</li> <li>• Das Filterproblem</li> <li>• Gefilterte Prognosemodelle</li> <li>• Ungefilterte Prognosemodelle</li> <li>• Initialisierung</li> <li>• Zur numerischen Lösung des Gleichungssystems</li> <li>• Die Vorhersagemodelle des DWD</li> <li>• Prognoseprüfung</li> </ul>		
<b>Grundlegende Literatur:</b> <p> Roache, <i>Computational Fluid Dynamics</i>, Hermosa Publishers</p>		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modul "Einführung in die Meteorologie"</li> <li>• "Kinematik und Dynamik"</li> </ul>		
<b>Modulzugehörigkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wahlmodul Meteorologie</li> <li>• Ausgewählte Themen moderner Meteorologie A</li> <li>• Ausgewählte Themen moderner Meteorologie B</li> <li>• Ausgewählte Themen moderner Meteorologie C</li> <li>• Bachelor und Master Physik</li> </ul>		

<b>Programmierpraktikum zur Numerischen Wettervorhersage</b>		
<b>SWS</b> 2	<b>Leistungspunkte:</b> 4	<b>Verantwortung</b> Institut für Meteorologie und Klimatologie
<b>Regelmäßigkeit:</b> Wintersemester		
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Entwicklung und Programmierung eines einfachen zweidimensionalen barotropen Modells zur Prognose des Geopotentials der 500 hPa-Fläche mittels finiter Differenzen auf Basis der 2D-Vorticity-Gleichung sowie der Poisson-Gleichung für das Geopotential</li> <li>• Mit Hilfe des entwickelten Programms: Simulation von Rossby-Wellen, Durchführung einer Vorhersage für den Nordatlantik</li> </ul>		
<b>Grundlegende Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>📖 Etling, D.: <i>Theoretische Meteorologie</i>, Springer</li> <li>📖 Ferziger, J.H. und M. Peric: <i>Computational Methods for Fluid Dynamics</i>, Springer</li> <li>📖 Roache, <i>Computational Fluid Dynamics</i>, Hermosa Publishers</li> </ul>		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• „Angewandtes Programmieren“</li> <li>• „Numerische Wettervorhersage“</li> <li>• „Kinematik und Dynamik“</li> </ul>		
<b>Modulzugehörigkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wahlmodul Meteorologie</li> <li>• Ausgewählte Themen moderner Meteorologie A</li> <li>• Ausgewählte Themen moderner Meteorologie B</li> <li>• Ausgewählte Themen moderner Meteorologie C</li> <li>• Bachelor und Master Physik</li> </ul>		

Schadstoffausbreitung in der Atmosphäre		
SWS 2+1	Leistungspunkte: 4	Verantwortung Institut für Meteorologie und Klimatologie
Regelmäßigkeit: Wintersemester		
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wirkungen von Luftbeimengungen auf die belebte und die unbelebte Natur.</li> <li>• Ausbreitung von Schadstoffen in der Atmosphäre (Emission –Transmission – Immission).</li> <li>• Mathematische Ausbreitungsmodelle (Gauß-Modell, Euler-Modell, Lagrangsches Partikelmodell).</li> <li>• Luftüberwachung (Grenz- und Beurteilungswerte, TA-Luft).</li> <li>• Ausgewählte Probleme der Luftreinhaltung (Ozon, Smog, saurer Regen, Ausbreitung in Straßenschluchten).</li> </ul>		
<b>Grundlegende Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li> Helbig et al., <i>Stadtklima und Luftreinhaltung</i>. Springer Verlag, Berlin.</li> <li> Zenger, <i>Atmosphärische Ausbreitungsmodellierung</i>. Springer Verlag, Berlin</li> </ul>		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• „Einführung in die Meteorologie“</li> <li>• „Kinematik und Dynamik“</li> <li>• „Turbulenz und Diffusion“</li> </ul>		
<b>Modulzugehörigkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wahlmodul Meteorologie</li> <li>• Ausgewählte Themen moderner Meteorologie A</li> <li>• Ausgewählte Themen moderner Meteorologie B</li> <li>• Ausgewählte Themen moderner Meteorologie C</li> <li>• Bachelor und Master Physik</li> </ul>		

<b>Turbulenz II</b>		
<b>SWS</b> 2+1	<b>Leistungspunkte:</b> 4	<b>Verantwortung</b> Institut für Meteorologie und Klimatologie
<b>Regelmäßigkeit:</b> Wintersemester		
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Turbulenzeigenschaften</li> <li>• Ensemble gemittelte Gleichungen</li> <li>• Räumlich gemittelte Gleichungen</li> <li>• Turbulente Flüsse</li> <li>• Erhaltungsgleichungen für Kovarianzen</li> </ul>		
<b>Grundlegende Literatur:</b> <p> * Wyngaard, Turbulence in the Atmosphere, Cambridge University Press</p>		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• „Kinematik und Dynamik“</li> <li>• „Turbulenz und Diffusion“</li> </ul>		
<b>Modulzugehörigkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wahlmodul Meteorologie</li> <li>• Ausgewählte Themen moderner Meteorologie A</li> <li>• Ausgewählte Themen moderner Meteorologie B</li> <li>• Ausgewählte Themen moderner Meteorologie C</li> <li>• Bachelor und Master Physik</li> </ul>		

<b>Atmosphärische Konvektion</b>		
<b>SWS</b> 2+1	<b>Leistungspunkte:</b> 4	<b>Verantwortung</b> Institut für Meteorologie und Klimatologie
<b>Regelmäßigkeit:</b> Wintersemester		
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlagen der thermischen Konvektion: Rayleigh-Zahl, Konvektion zwischen Platten, molekularer/konvektiver Wärmetransport, Nusselt-Zahl, analytische Berechnung der kritischen Rayleigh-Zahl</li> <li>• Atmosphärische Konvektion: Grenzschichtwachstum, Entrainment, Strukturbildung</li> </ul>		
<b>Grundlegende Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li> Stull, R.B.: <i>An Introduction to Boundary Layer Meteorology</i>, Springer</li> <li> Tritton: <i>Physical Fluid Dynamics</i>, Oxford University Press</li> </ul>		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• „Thermodynamik und Statik“</li> <li>• „Kinematik und Dynamik“</li> <li>• „Turbulenz und Diffusion“</li> </ul>		
<b>Modulzugehörigkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wahlmodul Meteorologie</li> <li>• Ausgewählte Themen moderner Meteorologie A</li> <li>• Ausgewählte Themen moderner Meteorologie B</li> <li>• Ausgewählte Themen moderner Meteorologie C</li> <li>• Bachelor und Master Physik</li> </ul>		

<b>Programmierpraktikum zur Simulation der atmosphärischen Grenzschicht</b>		
<b>SWS</b> 2	<b>Leistungspunkte:</b> 4	<b>Verantwortung</b> Institut für Meteorologie und Klimatologie
<b>Regelmäßigkeit:</b> Sommer- oder Wintersemester		
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Entwicklung und Programmierung eines einfachen eindimensionalen Grenzschichtmodells auf Basis finiter Differenzen</li> <li>• Simulation von Grenzschichtwindprofilen (Prandtl-/Ekman-Schicht)</li> </ul>		
<b>Grundlegende Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>📖 Etling, D.: <i>Theoretische Meteorologie</i>, Springer</li> <li>📖 Ferziger, J.H. und M. Peric: <i>Computational Methods for Fluid Dynamics</i>, Springer</li> <li>📖 Roache, <i>Computational Fluid Dynamics</i>, Hermosa Publishers</li> </ul>		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• „Angewandtes Programmieren“</li> <li>• „Kinematik und Dynamik“</li> <li>• „Turbulenz und Diffusion“</li> <li>• „Numerische Wettervorhersage“</li> <li>• „Atmosphärische Grenzschicht und Konvektion“</li> </ul>		
<b>Modulzugehörigkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wahlmodul Meteorologie</li> <li>• Ausgewählte Themen moderner Meteorologie A</li> <li>• Ausgewählte Themen moderner Meteorologie B</li> <li>• Ausgewählte Themen moderner Meteorologie C</li> <li>• Bachelor und Master Physik</li> </ul>		

Simulation turbulenter Strömungen mit LES-Modellen		
SWS 2+1	Leistungspunkte: 4	Verantwortung Institut für Meteorologie und Klimatologie
Regelmäßigkeit: Sommersemester		
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundprinzipien der Turbulenzsimulation: Direkte numerische Simulation (DNS), Grobstruktursimulation (Large-Eddy Simulation, LES), Filterung, SGS-Modelle</li> <li>• Numerik von LES-Modellen am Beispiel des LES-Modells PALM: Grundgleichungen, numerische Verfahren, Parallelisierung</li> <li>• Beispiele von Turbulenzsimulationen atmosphärischer Grenzschichtströmungen</li> </ul>		
<b>Grundlegende Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>📖 Fröhlich, J.: <i>Large Eddy Simulation turbulenter Strömungen</i>, Springer</li> <li>📖 Sagaut, P.: <i>Large Eddy Simulation for Incompressible Flows</i>, Springer</li> </ul>		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• „Turbulenz und Diffusion“</li> <li>• „Numerische Wettervorhersage“</li> <li>• „Atmosphärische Grenzschicht und Konvektion“</li> <li>• „Programmierpraktikum zur numerischen Wettervorhersage“</li> </ul>		
<b>Modulzugehörigkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wahlmodul Meteorologie</li> <li>• Ausgewählte Themen moderner Meteorologie A</li> <li>• Ausgewählte Themen moderner Meteorologie B</li> <li>• Ausgewählte Themen moderner Meteorologie C</li> <li>• Bachelor und Master Physik</li> </ul>		

Numerisches Praktikum zur Simulation turbulenter Strömungen mit LES-Modellen		
SWS 2	Leistungspunkte: 4	Verantwortung Geschäftsführende Leitung des Instituts für Meteorologie und Klimatologie
Regelmäßigkeit: Blockveranstaltung zum Ende des Sommersemesters		
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Installation des LES-Modells PALM</li> <li>• Durchführung von Simulationen der konvektiven atmosphärischen Grenzschicht und Analyse der Daten</li> <li>• Simulation der turbulenten Umströmung eines Einzelgebäudes</li> <li>• Entwicklung und Programmierung eines Zusatzmoduls zur Simulation von Konvektion über heterogen geheizten Oberflächen</li> </ul>		
<b>Grundlegende Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>📖 Ferziger, J.H. und M. Peric: <i>Computational Methods for Fluid Dynamics</i>, Springer</li> <li>📖 Fröhlich, J.: <i>Large Eddy Simulation turbulenter Strömungen</i>, Springer</li> <li>📖 Roache: <i>Computational Fluid Dynamics</i>, , Hermosa Publishers</li> <li>📖 Sagaut, P: <i>Large Eddy Simulation for Incompressible Flows</i>, Springer</li> </ul>		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• „Turbulenz und Diffusion“</li> <li>• „Atmosphärische Grenzschicht und Konvektion“</li> <li>• „Simulation turbulenter Strömungen mit LES-Modellen“</li> <li>• „Programmierpraktikum zur numerischen Wettervorhersage“</li> </ul>		
<b>Modulzugehörigkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wahlmodul Meteorologie</li> <li>• Ausgewählte Themen moderner Meteorologie A</li> <li>• Ausgewählte Themen moderner Meteorologie B</li> <li>• Ausgewählte Themen moderner Meteorologie C</li> <li>• Bachelor und Master Physik</li> </ul>		

<b>Agrarmeteorologie</b>		
<b>SWS</b> 2+1	<b>Leistungspunkte:</b> 4	<b>Verantwortung</b> Institut für Meteorologie und Klimatologie
<b>Regelmäßigkeit:</b> Sommersemester		
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Strahlungs- und Wasserhaushalt von Pflanzen</li> <li>• Globales Wasser- und Strahlungsangebot, Klimazonen</li> <li>• Belaubungscharakteristik</li> <li>• Wasser und Pflanze</li> <li>• Bestimmung der Verdunstung und des Bodenwassergehaltes</li> <li>• Bestandsklimate</li> <li>• Phänologie</li> <li>• Pflanzenschäden und deren Verhütung</li> <li>• Das Klima in besonderen Räumen</li> <li>• Bauernregel und Singularitäten</li> <li>• Landwirtschaft und Klimaentwicklung</li> </ul>		
<b>Grundlegende Literatur:</b>  Vorlesungsskript		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• „Einführung in die Meteorologie“</li> </ul>		
<b>Modulzugehörigkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wahlmodul Meteorologie</li> <li>• Ausgewählte Themen moderner Meteorologie A</li> <li>• Ausgewählte Themen moderner Meteorologie B</li> <li>• Ausgewählte Themen moderner Meteorologie C</li> <li>• Bachelor Geographie</li> <li>• Bachelor und Master Physik</li> </ul>		

<b>Lokalklimate</b>		
<b>SWS</b> 2+1	<b>Leistungspunkte:</b> 4	<b>Verantwortung</b> Institut für Meteorologie und Klimatologie
<b>Regelmäßigkeit:</b> Wintersemester		
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Das Klima der bodennahen Luftschicht</li> <li>• Das Klima der Stadt</li> <li>• Lokalklima Wald</li> <li>• Lokalklima Wasser und Küste</li> <li>• Das Klima in orographisch gegliedertem Gelände</li> </ul>		
<b>Grundlegende Literatur:</b>  Vorlesungsskript		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• „Einführung in die Meteorologie“</li> </ul>		
<b>Modulzugehörigkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wahlmodul Meteorologie</li> <li>• Ausgewählte Themen moderner Meteorologie A</li> <li>• Ausgewählte Themen moderner Meteorologie B</li> <li>• Ausgewählte Themen moderner Meteorologie C</li> <li>• Bachelor Geographie</li> <li>• Bachelor und Master Physik</li> </ul>		

Fernerkundung I		
SWS 2+1	Leistungspunkte: 4	Verantwortung Institut für Meteorologie und Klimatologie
Regelmäßigkeit: Wintersemester		
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlagen für Messungen von Satelliten und deren Anwendung zur Erfassung von atmosphärischen Prozessen</li> <li>• Fernerkundungsverfahren mit Satelliteninstrumenten. Ableitung von Temperatur, Wolken und Spurengasmessungen mit Fernerkundungsinstrumenten vom Satelliten und vom Boden.</li> <li>• Ableitung von Strahlungsmessungen aus Satellitendaten</li> </ul>		
<b>Grundlegende Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>•  Kidder and Vonder Haar: <i>Satellite Meteorology: An Introduction</i>, Academic Press</li> </ul>		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• „Einführung in die Meteorologie“</li> <li>• „Strahlung“</li> </ul>		
<b>Modulzugehörigkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wahlmodul Meteorologie</li> <li>• Ausgewählte Themen moderner Meteorologie A</li> <li>• Ausgewählte Themen moderner Meteorologie B</li> <li>• Ausgewählte Themen moderner Meteorologie C</li> <li>• Master Studienfach optische Technologie</li> <li>• Bachelor und Master Physik</li> </ul>		

<b>Fernerkundung II</b>		
<b>SWS</b> 2+1	<b>Leistungspunkte:</b> 4	<b>Verantwortung</b> Institut für Meteorologie und Klimatologie
<b>Regelmäßigkeit:</b> Sommersemester		
<b>Inhalt:</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Der Beitrag bodengebundener und satellitengestützter Fernerkundungsverfahren zu aktuellen Forschungsthemen zu Klima, Wetter und globaler Wandel.</li> <li>• Darstellung der Methoden und deren Ergebnisse</li> </ul>		
<b>Grundlegende Literatur:</b>		
 Kidder and Von der Haar: <i>Satellite Meteorology: An Introduction</i> , Academic Press		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• „Einführung in die Meteorologie“</li> <li>• „Strahlung“</li> <li>• „Fernerkundung I“</li> </ul>		
<b>Modulzugehörigkeit:</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wahlmodul Meteorologie</li> <li>• Ausgewählte Themen moderner Meteorologie A</li> <li>• Ausgewählte Themen moderner Meteorologie B</li> <li>• Ausgewählte Themen moderner Meteorologie C</li> <li>• Bachelor und Master Physik</li> </ul>		

Seminar zur fortgeschrittenen Meteorologie		
SWS 2	Leistungspunkte: 5	Verantwortung Institut für Meteorologie und Klimatologie
Regelmäßigkeit: Wintersemester und Sommersemester		
<b>Inhalt:</b> Fortgeschrittene Themen der Meteorologie		
<b>Grundlegende Literatur:</b>   Wird in der Lehrveranstaltung bekannt gegeben.		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> Wird in der Lehrveranstaltung bekannt gegeben.		
<b>Modulzugehörigkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausgewählte Themen moderner Meteorologie C</li> </ul>		

<b>Meteorologische Exkursion II</b>		
<b>SWS</b> 1	<b>Leistungspunkte:</b> 2	<b>Verantwortung</b> Institut für Meteorologie und Klimatologie
<b>Regelmäßigkeit:</b> Sommersemester oder Wintersemester		
<b>Inhalt:</b> <p>Studierende im Masterstudiengang Meteorologie können an der alljährlich und regelmäßig stattfindenden Meteorologischen Exkursion teilnehmen. Sie bereiten sich zu einem thematischen Teilaspekt der Exkursion vor, tragen dazu während der Exkursion vor und stehen als Diskussions- und Ansprechpartner zur Verfügung, verfassen einen schriftlichen Beitrag zu dem Exkursionsbericht und tragen im Abschlusseminar darüber vor. Die inhaltlichen und formalen Anforderungen an diese Beiträge zur Exkursion bemessen sich an der Qualifikation eines abgeschlossenen Bachelorstudiums.</p>		
<b>Grundlegende Literatur:</b>		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b>		
<b>Modulzugehörigkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausgewählte Themen moderner Meteorologie C</li> </ul>		

<b>Seminar Strahlung und Fernerkundung</b>		
<b>SWS</b> 2	<b>Leistungspunkte:</b> 0	<b>Verantwortung</b> Institut für Meteorologie und Klimatologie
<b>Regelmäßigkeit:</b> Sommersemester und Wintersemester		
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• verschiedene Forschungsthemen in der Meteorologie bzgl. Strahlung und Fernerkundung</li> </ul>		
<b>Grundlegende Literatur:</b> Wird in der Lehrveranstaltung angegeben		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b>		
<b>Modulzugehörigkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Masterstudiengang Meteorologie</li> </ul>		

Wofür braucht man Mathematik und Physik (im Meteorologie Studium)? WOMA		
SWS 1	Leistungspunkte: 0	Verantwortung Institut für Meteorologie und Klimatologie
Regelmäßigkeit: Sommersemester und Wintersemester (Dauer von 2 Semestern)		
<b>Inhalt:</b> Anhand konkreter Beispiele aus den bei den empfohlenen Vorkenntnissen aufgelisteten Veranstaltungen wird studienbegleitend vermittelt für welche meteorologischen Fragestellungen und Anwendungen der Stoff aus Mathematik und Physik in den ersten zwei Semestern in der Meteorologie gebraucht wird		
<b>Grundlegende Literatur:</b>  Wird in der Lehrveranstaltung angegeben		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b>		
<b>Modulzugehörigkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bachelorstudiengang Physik</li> <li>• Bachelorstudiengang Meteorologie</li> </ul>		

Externes Praktikum Inland		
SWS 2	Leistungspunkte: 4	Verantwortung Institut für Meteorologie und Klimatologie
Regelmäßigkeit: Sommersemester oder Wintersemester		
<p><b>Inhalt:</b></p> <p>Die Studierenden bewerben sich eigenständig an einer inländischen Einrichtung (Forschungseinrichtung, Behörde, Ingenieurbüro etc) um ein meteorologisch ausgerichtetes vierwöchiges Praktikum. Nach erfolgreichem Abschluss des Praktikums verfassen sie dazu einen Bericht.</p>		
Grundlegende Literatur:		
Empfohlene Vorkenntnisse:		
<p><b>Modulzugehörigkeit:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausgewählte Themen moderner Meteorologie C</li> </ul>		

<b>Externes Praktikum Ausland</b>		
<b>SWS</b> 3	<b>Leistungspunkte:</b> 6	<b>Verantwortung</b> Institut für Meteorologie und Klimatologie
<b>Regelmäßigkeit:</b> Sommersemester oder Wintersemester		
<b>Inhalt:</b> Die Studierenden bewerben sich eigenständig an einer ausländischen Einrichtung (Forschungseinrichtung, Behörde, Ingenieurbüro etc.) um ein meteorologisch ausgerichtetes vierwöchiges Praktikum und bereiten sich dazu vor. Nach erfolgreichem Abschluss des Praktikums verfassen sie dazu einen Bericht.		
<b>Grundlegende Literatur:</b>		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b>		
<b>Modulzugehörigkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausgewählte Themen moderner Meteorologie C</li> <li>• Das Auslandspraktikum kann auf Antrag auch im Bereich Schlüsselkompetenzen eingebracht werden</li> </ul>		